

ECOMONDO
THE GREEN TECHNOLOGY EXPO

26-29
OCT.
2021

RIMINI
EXPO
CENTRE
ITALY

Organized by
ITALIAN
EXHIBITION
GROUP
In collaboration with
 
f b i n
ecomondo.com

GREEN AND CIRCULAR ECONOMY: RICERCA, INNOVAZIONE E NUOVE OPPORTUNITÀ

- *Waste management and valorization*: innovazioni tecnologiche sostenibili, nuove opzioni gestionali, strumenti di valutazione, compostaggio
- *Circular economy value chains*: reinforce systems and clusters. Simbiosi industriale per la transizione ecologica
- *Systemic water cycle management and valorization*: pianificazione sistemica, riutilizzo dell'acqua, innovazioni water-smart, digitalizzazione
- *Agri-food, forestry and biobased industry*: neutralità climatica, filiera agroalimentare competitiva e sostenibile, infrastrutture verdi
- *Monitoring and control - air quality*: tecnologie di abbattimento emissioni odorigene e strategie di controllo qualità dell'aria indoor, inquinamento atmosferico
- *Bioremediation and site requalification*: strategie sostenibili

www.ecomondo.com

Atti dei convegni aperti a *call for papers* a cura di Fabio Fava

ITALIAN
EXHIBITION
GROUP
Providing the future


MAGGIOLI
EDITORE



Fabio Fava (1963), laurea in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche, Dottorato Europeo in Biotecnologie ambientali e *Laurea Honoris Causa* in Ingegneria ambientale, è Professore ordinario di “Biotecnologie industriali ed ambientali” presso la Scuola di Ingegneria *dell’Alma Mater Studiorum*-Università di Bologna dal 2005. Si interessa dello sviluppo ed ottimizzazione di processi biotecnologici per la decontaminazione di matrici ambientali inquinate e per la produzione di composti chimici, materiali e combustibili *biobased* da sottoprodotti e scarti dell’agroindustria. Ha partecipato a diversi progetti di ricerca europei (FP7) e nazionali e la sua produzione scientifica è documentata da oltre 300 lavori di cui oltre 185 su riviste internazionali di medio-alto IF. È il *Vice-Chairman* della divisione di *Environmental Biotechnology* della *European Federation of Biotechnology* e Delegato del Comitato di Biosicurezza, Biotecnologie e Scienze della Vita della Presidenza del Consiglio dei Ministri nel *Working Party on Biotechnology, Nanotechnology and Converging Technologies* presso l’OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) e Delegato del Ministero dell’Educazione, Università e Ricerca nell’ambito delle iniziative per la crescita blu del Mediterraneo BLUEMED, EUSAIR e WESTMED. È stato membro del *High Level Group on Key Enabling Technologies* e del *Expert Group on Biobased products* entrambi della DG GROW (precedentemente *DG Enterprise and Industry*) della Commissione Europea ed è stato membro del *Expert Group on Eco-industries* del *JRC Directorate* della stessa Commissione. Inoltre è il Rappresentante italiano nel comitato di programma *Horizon2020 Societal Challenge 2: European Bioeconomy Challenges: Food Security, Sustainable Agriculture and Forestry, Marine, Maritime and inland water research* presso la Commissione Europea (DG RTD) e nell’ambito dello “*State Representative Group*” della “*Public Private Partnership (JTI) Biobased Industry*”. È infine il coordinatore scientifico della strategia nazionale per la Bioeconomia e dell’annesso Piano di Attuazione nazionale nonché il coordinatore del Gruppo di coordinamento nazionale per la Bioeconomia istituito presso la Presidenza del consiglio dei Ministri. Infine è il Presidente del Comitato scientifico/tecnico di Ecomondo dal 2013.

SEE
YOU
AT
ECOMONDO
KEY ENERGY
THE CIRCULAR ECONOMY & RENEWABLE ENERGY EXPO
8-11 NOVEMBER 2022 RIMINI EXPO CENTRE
2022 Organized & Operated by
ITALIAN
EXHIBITION
GROUP
legexpo.it

© Copyright 2021 by Maggioli S.p.A.
Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.
Azienda con sistema qualità certificato ISO 9001: 2008

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8
Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595
www.maggioli.it/servizioclienti
e-mail: clienti.editore@maggioli.it

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione
e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Codice: 978.88.916.5505.9

Indice

- 7 Editoriale
- 9 **WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION**
INNOVAZIONI TECNOLOGICHE SOSTENIBILI PER IL RICICLO ED IL
RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA
- 11 Local Farming and High Quality Products Direct Sales in the Circular Economy
Applications Framework *by Marino Cavallo*
- 17 Come la regolazione Arera può influenzare la qualità dei servizi di gestione integrata
dei rifiuti *di Giorgio Ghiringhelli, Carlo Sguario, Paolo Pagani, Monica Benzi,*
Giuseppe Sbarbaro
- 25 Lisciviazione di ioni metallici da ceneri pesanti di termovalorizzazione di RSU
mediante soluzioni di acidi inorganici *di Carlo Limonti, Giulia Maria Curcio, Roberta*
Caruso, Francesco Marchio, Alessio Siciliano
- 32 L'impatto ambientale prodotto dal Covid-19 *di Sebastiano Mangiagli*
- 38 La tecnologia dell'elettrofilatura per l'ecodesign in progettazione attraverso il
recupero di scarti agro alimentari *di Massimo Mari, Fabrizio De Cesare, Carla*
Mazziotti, Antonella Macagnano
- 45 Il recupero dell'olio da skimmer: risorsa per l'ambiente e per l'azienda *di Elisabetta*
Piana
- 52 La tecnologia "vacumido" applicata a una gamma di dispositivi "VOW" per la
valorizzazione circolare della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU)
di Stefano Santini, Giuseppe Lattanzi, Antonio Barbadoro
- 59 **WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION**
NUOVE OPZIONI GESTIONALI E STRUMENTI DI VALUTAZIONE PER
ACCELERARE LA TRANSIZIONE VERSO L'ECONOMIA CIRCOLARE
- 61 Il caso di studio del dimensionamento del servizio di raccolta «Porta a Porta»
nel Comune di Latina *di Silvio Ascoli, Chiara Pagano, Anna Proietti, Alessandra*
Polettini, Raffaella Pomi
- 68 Preliminary Assessment of Surplus food: The case of Coop Alleanza 3.0 *di Giulio*
Mario Cappelletti, Alfredo Ernesto Di Noia, Giuseppe Martino Nicoletti

- 74 Good Plastic: strumenti per l'innovazione sostenibile e la comunicazione dei prodotti in materiali polimerici *di Pietro Costa, Laura Badalucco, Luca Casarotto, Erika Coccato, Gioia Ghezzi, Francesca Pian*
- 81 Un nuovo modello operativo di audit ed implementazione degli SDG per le imprese italiane *di Jacques Gandini*
- 88 Reuse and recycling of stranded Posidonia in the Municipality of Bari - The case of Put-or-Pay contract *di Antonella Lomoro, Luigi Ranieri, Giorgio Mossa, Roberta Pellegrino*
- 95 Masseria 4.0 *di Mariachiara Minoia, Mario Angelelli, Antonio Calisi*
- 101 L'applicazione della Raccomandazione 2013/179/EU a un'azienda tarantina *di Bruno Notarnicola, Giuseppe Tassielli, Pietro Alexander Renzulli, Rosa Di Capua, Nicola Mancini*
- 108 Inventario di GHG di una organizzazione polisettoriale tarantina *di Bruno Notarnicola, Giuseppe Tassielli, Pietro Alexander Renzulli, Rosa Di Capua, Nicola Mancini*
- 115 Monitoraggio delle emissioni diffuse di biogas da discarica attraverso sensori di metano montati su UAV *di Giuseppe Tassielli, Bruno Notarnicola, Pietro Alexander Renzulli, Rosa Di Capua, Maurizio De Molfetta*
- 122 Indice di sostenibilità della gestione dei rifiuti urbani nei Comuni Italiani, in base alla stima della produzione di CO₂ *di Andrea Valentini, Luca Belfiore, Benedetta De Santis, Noemi De Santis*
- 130 La tariffa puntuale in base alla CO₂ prodotta nel Comune di Terre Roveresche (PU) *di Andrea Valentini, Luca Belfiore, Mauro Sanzani*
- 139 **WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION
BIOWASTE: XXIII CONFERENZA SUL COMPOSTAGGIO E DIGESTIONE ANAEROBICA. SESSIONE TECNICA**
- 141 Le tariffe degli impianti di trattamento rifiuti urbani: gli effetti della prossima regolazione Arera *di Giorgio Ghiringhelli, Elisa Amodeo, Giuseppe Sbarbaro, Paolo Pagani, Marco Signorini*
- 148 Anaerobic digestion concepts for wastewater sludge treatment in dispersed settlements *di Outi Laatikainen, Antti Rimpiläinen, Antti Kuoppala, Ella Lukkari, Tatiana Samarina*
- 153 ZEOWINE ZEOLite and WINERY waste as innovative product for wine production *di Davide Manzi, G. Masciandaro, S. Doni, C. Macci, C. Masini, G. Mattii, E. Cataldo*
- 159 Acea smart Comp e il compost a km 0 *di Enrico Miletto, Alessandro Filippi, Giancarlo Cecchini, Flavio Cammilozzi*

- 168 Studio sulla stabilità dei digestati da impianti di trattamento della FORSU *di Erika Sinisgalli, Mariangela Soldano, Mirco Garuti, Sergio Piccinini*
- 175 CIRCULAR ECONOMY VALUE CHAINS: REINFORCE SYSTEMS AND CLUSTERS
IL CONTRIBUTO ED IL POTENZIALE DELLA SIMBIOSI INDUSTRIALE PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA
- 177 Come la digitalizzazione può favorire processi collaborativi per la gestione dei rifiuti in ottica di economia circolare *di Simone Grasso*
- 184 Tecnologie di Industria 4.0 e Simbiosi Industriale: stato dell'arte e recenti sviluppi *di Sara Pelusi, Raffaella Taddeo, Alberto Simboli*
- 191 SYSTEMIC WATER CYCLE MANAGEMENT AND VALORIZATION
APPLICAZIONI DI SUCCESSO SU LARGA SCALA DI PIANIFICAZIONE SISTEMICA, VALUTAZIONE DEL RISCHIO E PIANIFICAZIONE DELLA SICUREZZA NELL'USO E NEL RIUTILIZZO DELL'ACQUA (COMPRESI I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LA BIODIVERSITÀ)
- 193 The importance of reservoir and catchment balances to determine the natural inflow in a reservoir *di Matteo Dall'Amico, Francesca Carletti, Nicolò Franceschetti*
- 199 Determinazione, analisi e studio di future tecniche di abbattimento delle MPs in drinking water *di Valentina Gioia, Marco Lazzazzara, Margherita Barchiesi, Alessandro Filippi, Giancarlo Cecchini, Alessandro Frugis*
- 205 SYSTEMIC WATER CYCLE MANAGEMENT AND VALORIZATION
INNOVAZIONI SISTEMICHE WATER-SMART PER ACCELERARE LA TRANSIZIONE DIGITALE ED ECOLOGICA NELLE CITTÀ E NELLE REGIONI
- 207 Impiego di tecnologie di raffrescamento per dissalazione a umidificazione-deumidificazione *di Andrea Rocchetti, Luca Socci*
- 214 Interventi di manutenzione straordinaria sulle dighe del Gorzente ed effetti sulle capacità di approvvigionamento idrico *di Buraschi Luca, Gualco Daniele, Scolari Matteo*
- 221 AGRI-FOOD, FORESTRY AND BIOBASED INDUSTRY
GLI OBIETTIVI EUROPEI DI NEUTRALITÀ CLIMATICA: POLITICHE E INVESTIMENTI PER UNA FILIERA AGROALIMENTARE COMPETITIVA E SOSTENIBILE
- 223 Directing Agriculture Towards Local Sustainability and Decarbonization *di Enrica Bargiacchi, Flavio Manenti, Nelson Marmiroli, Elena Maestri, Fabio Rossi, Massimo Aiello, Sergio Miele*
- 228 Valorizzare le filiere locali per ridurre l'impatto ecologico e il cambiamento climatico *di Marino Cavallo*

- 234 Acqua, aria, terra e tutela della biodiversità: fattori per contrastare i cambiamenti climatici e avviare un bilanciamento tra resilienza sostenibile e sostenibilità resiliente *di Carlo d'Orta*
- 240 La disinfestazione “circolare” degli allevamenti avicoli per il contrasto agli Artropodi mediante il calore ottenuto da aerotermini elettrici collegati a gruppi elettrogeni alimentati a biometano *di Paolo Guerra, Chiara Montanari, Luca Bernasconi*
- 247 Innovative processes for the production of monomeric sugars from cardoon roots under mild conditions *di Federico Liuzzi, Vito Valerio, Egidio Viola, Isabella De Bari*
- 253 Too Good To Go, l'app contro gli sprechi alimentari *di Ilaria Ricotti*
- 261 **AGRI-FOOD, FORESTRY AND BIOBASED INDUSTRY**
ALBERI, BOSCHI E AGRO-FORESTAZIONE: LE INFRASTRUTTURE VERDI A SUPPORTO DELL'AMBIENTE, DELL'ECONOMIA E DELLA QUALITÀ DELLA VITA
- 263 Boschi Mercatino Franchising: tutela dell'ambiente con il meccanismo virtuoso del riuso *di Sebastiano Marinaccio, Cinzia Passalacqua, Simona Tafuri*
- 269 **MONITORING AND CONTROL - AIR QUALITY**
EMISSIONI ODORIGENE: DALLE TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO ALLE NUOVE STRATEGIE DI CONTROLLO
- 271 Sviluppo di una metodologia per il monitoraggio degli impatti odorigeni in un ambiente cittadino *di Corrado Corradi, Alessandro Filippi, Giancarlo Cecchini, Alessandro Frugis, Giulio De Prosperis, Massimo Spizzirri, Luisa Merluzzi*
- 277 Cultura della sostenibilità e sostenibilità della cultura *di Camilla Lo Schiavo, Gianluigi de Gennaro*
- 283 Il problema delle maleodoranze nel comune di Marcianise – L'applicazione di un approccio integrato di monitoraggio, analisi ed elaborazione dei dati adottato dal Dipartimento ARPAC di Caserta *di Giuseppina Merola, Pasquale Luongo, Anna Danisi*
- 290 Rischio occupazionale e olfattometria dinamica: proposta di un metodo per la valutazione del rischio per gli esaminatori coinvolti nelle analisi olfattometriche *di Elisa Polvara, Andrea Spinazzè, Marzio Invernizzi, Andrea Cattaneo, Selena Sironi, Domenico Maria Cavallo*
- 296 Influenza della velocità del vento e della temperatura sull'emissione di COV da superfici liquide: studio sperimentale sulla caratterizzazione di sorgenti areali passive *di Francesca Tagliaferri francesca.tagliaferri@polimi.it, Marzio Invernizzi, Selena Sironi*
- 303 **MONITORING AND CONTROL - AIR QUALITY**
LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR SEMPRE PIÙ UNA SFIDA PER LA SALUTE: COSA DEVE CAMBIARE, COME E QUANDO

- 305 Edifici efficienti: necessaria una “next generation” di soluzioni per la qualità e salubrità dell’aria *di Jacques Gandini*
- 313 Nuovi orizzonti nel campo dell’IAQ con la tecnologia di purificazione dell’aria PCO *di Luca Gatti*
- 321 **AIR QUALITY**
INQUINAMENTO ATMOSFERICO: LA SITUAZIONE, MISURE DI CONTROLLO, RISCHI E POLITICHE DI PREVENZIONE
- 323 Decidere in sistemi complessi: le grandi sfide per la riduzione dell’inquinamento atmosferico *di Alberto Pivato, Giovanni Beggio, Tiziano Bonato, Giovanna Cappai, Daniela Cesari, Francesco Di Maria, Gianni Formenton, Luca Palmeri, Rachele Malesani, Mauro Masiol*
- 329 Determinazione di sostanze organofluorurate nelle deposizioni atmosferiche *di Simona Possamai, Marco Fontana, Nicola Santamaria, Enrica Pipino, Antonella Salzarulo, Schilirò Tiziana, Marchisio Ilaria*
- 337 Valutare in modo integrato l’impatto del verde urbano presente e futuro sull’aria in città: la piattaforma del progetto Life Pre VEG-GAP *di Valeria Stacchini, Mihaela Mircea*
- 345 **BIOREMEDIATION AND SITE REQUALIFICATION**
STRATEGIE SOSTENIBILI PER LA BONIFICA DEI SITI INQUINATI: ESEMPI VIRTUOSI E RECENTI EVOLUZIONI DELLA RICERCA APPLICATA NAZIONALE E INTERNAZIONALE
- 347 Innovazione nel campo della bonifica di acque e fanghi industriali *di Andrea Ciprandi*
- 353 Progettazione di un intervento di messa in sicurezza permanente presso la discarica Raffineria Metalli Capra S.p.A. in località Monte Netto, Capriano del Colle (Brescia) *di Giulia Di Vincenzo, Rodolfo Costa, Francesco Ioppolo*
- 360 Trattamento in situ rapido e versatile per siti contaminati da idrocarburi petroliferi – Casi italiani e dal mondo *di Mariangela Donati, Marcello Carboni, Paola Gorla*
- 366 La prassi UNI Pdr 97:2020 su tecniche di scavo e bonifiche con i sistemi ad aspirazione pneumatica *di Alessandro Gerotto, Edoardo Marangoni, Gianmario Giurlani*
- 374 In-situ Thermal Desorption: Case study for soil polluted by cocktail of contaminants *di Yannick Lolivier, Jan Haemers, Katia Pacella, Youssef Ourrid*
- 381 La Bonifica di una ex discarica in presenza di elevata pericolosità geomorfologica ed idraulica *di Antonella Lomoro, Gianluigi Nicola Florio, Francesco Berardi*
- 388 Il sistema G.Re.T.A. per la caratterizzazione e monitoraggio dei siti inquinati *di Greta Tresoldi, Azadeh Hojat, Shabid Babonar, Luigi Zanzi*

- 393 BEACON CONFERENCES
**PRENDERSI CURA DEL SUOLO È PRENDERSI CURA DELLA VITA:
POLITICHE PER LA SALUTE DEL SUOLO E INNOVAZIONE**
- 395 Zero. La guida interattiva al non spreco alimentare *di Barbara Molinaro*

Editoriale

Gli articoli raccolti in questo volume riguardano alcuni dei contributi presentati alle principali conferenze aperte a *Call for papers* di Ecomondo 2021, svoltosi a Rimini dal 26 al 29 ottobre 2021. Questa raccolta potrà essere di grande utilità per coloro che non hanno potuto partecipare all'evento e rappresenta una preziosa fonte di informazioni e di stimoli a sostegno di uno sviluppo della *Green and Circular Economy* in Italia, in Europa e nel Mediterraneo.

Waste management and valorization: innovazioni tecnologiche sostenibili, nuove opzioni gestionali, strumenti di valutazione, compostaggio.

L'impegno assunto recentemente dall'Unione Europea con l'iniziativa denominata "Green Deal", sui problemi legati al clima ed all'ambiente, ha come decisivo ambito di azione una riduzione significativa dei rifiuti ed una loro gestione adeguata, tale da azzerarne o minimizzarne l'impatto ambientale. Nel frattempo, l'emergenza sanitaria legata alla pandemia di COVID-19 ha significativamente alterato sia la quantità di rifiuti generati (con una diminuzione prevista dovuta in particolare al blocco parziale delle attività produttive), sia la loro composizione (con un incremento di plastica usa e getta utilizzata per motivi di prevenzione sanitaria, ad es. maschere e guanti), sia le modalità di gestione (essendo aumentata la probabilità di un rischio infettivo presente anche nei rifiuti urbani). Considerando gli obiettivi di lungo termine e gli eventi contingenti, la sessione presenta contributi annessi ad iniziative e progetti innovativi di prevenzione e gestione dei rifiuti, strumenti per l'applicazione di buone pratiche, metodi di misurazione degli impatti in una prospettiva di "ciclo di vita", modelli per la quantificazione dei flussi di materia e la valutazione della circolarità dei sistemi, casi studio di valutazioni di sostenibilità ambientale, economica e sociale.

Gli articoli raccolti all'interno di questa macroarea offrono una panoramica su alcuni di questi temi.

Circular economy value chains: reinforce systems and clusters. Simbiosi industriale per la transizione ecologica.

La transizione ecologica che il nostro Paese, ma non solo, ha posto al centro dell'agenda di governo, impone la riprogettazione di processi di produzione, dei sistemi di distribuzione e dei modelli di consumo. In questo contesto è fondamentale che il sistema-Paese sappia promuovere e favorire l'innovazione metodologica e tecnologica anche attraverso l'implementazione sistemica della simbiosi industriale lungo la *value chain* e tra *value chains*.

Gli articoli raccolti presentano lo stato dell'arte e recenti sviluppi in questo campo.

Systemic water cycle management and valorization: pianificazione sistemica, riutilizzo dell'acqua, innovazioni water-smart, digitalizzazione.

Una maggiore sostenibilità e circolarità della gestione dell'acqua richiedono una collaborazione sistemica intersettoriale e un approccio basato sul rischio.

Un'economia e una società *water-smart* sono orientate a evitare la scarsità d'acqua e l'inquinamento, aumentare la resilienza ai cambiamenti climatici e gestire i rischi legati all'acqua.

Gli articoli raccolti presentano esempi di gestione sostenibile dell'acqua, casi studio di approvvigionamento idrico e tecnologie promettenti per il riutilizzo dell'acqua.

Agri-food, forestry and biobased industry: neutralità climatica, filiera agroalimentare competitiva e sostenibile, infrastrutture verdi.

Diventare il primo continente a impatto climatico zero costituisce contemporaneamente la sfida e l'opportunità più grandi del nostro tempo. In attuazione del Green New Deal la normativa europea sancirà per la prima volta l'obiettivo della neutralità climatica dell'UE entro il 2050.

Il Piano nazionale di ripresa e resilienza italiano, all'interno del più vasto programma Next Generation per l'Europa, richiama in modo particolare l'importanza della riforestazione, del recupero e del ripristino ecologico (*ecological restoration*) di ambienti naturali e del paesaggio, le alberature in ambiente urbano e rurale, come obiettivi fondamentali per la transizione ecologica del nostro Paese e dell'Europa.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

Monitoring and control - air quality: tecnologie di abbattimento emissioni odorigene e strategie di controllo qualità dell'aria indoor, inquinamento atmosferico.

La ricerca scientifica, i produttori di tecnologie, le politiche della pubblica amministrazione e le esperienze degli enti di controllo si confrontano e si contaminano sulla qualità dell'aria, un tema che sta assumendo sempre maggior rilevanza nella programmazione ambientale degli insediamenti industriali. Questo tema non può prescindere in questo momento storico dal presentare un quadro delle esperienze, delle conoscenze e le variabili in gioco nella diffusione dell'epidemia CoVID-19. Per quanto concerne la qualità dell'aria indoor, è una tematica che pone una serie di domande a cui i governi, l'industria, la ricerca, i consulenti, i tecnici e le università sono chiamati a rispondere anche alla luce delle attività elaborate dall'UE e dalla WHO.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

Bioremediation and site requalification: strategie sostenibili.

Negli ultimi anni la ricerca scientifica ha consentito il significativo miglioramento sia nella comprensione della dinamica della contaminazione che nello sviluppo di appropriate tecnologie di caratterizzazione e di bonifica dei siti inquinati.

Notevoli sono gli sviluppi nel campo delle tecnologie di bonifica "sostenibili", termine che nel caso delle bonifiche coincide spesso con "efficaci".

La sessione raccoglie alcuni contributi su tali tematiche.

WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION

INNOVAZIONI TECNOLOGICHE SOSTENIBILI PER IL RICICLO ED IL RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA

L'obiettivo di un disallineamento tra l'auspicabile sviluppo economico ed il paventato esaurimento delle risorse del pianeta richiede un enorme impegno verso un miglioramento tecnologico, in grado di realizzare processi volti alla chiusura dei cicli in tutte le filiere produttive.

Una prima importante iniziativa a livello europeo in linea con il Piano d'Azione sull'Economia Circolare è stata recentemente lanciata nell'ambito degli accumulatori (industriali, delle automobili, o portatili), ma gli ambiziosi target fissati della UE per i prossimi anni vertono su numerosi settori prioritari (plastica, imballaggi, RAEE, tessili, costruzione e demolizione, alimentare).

La sessione raccoglie alcune innovazioni tecnologiche applicate a diverse categorie di residui, sottoprodotti o scarti industriali ed urbani, con l'obiettivo di incrementare la circolarità e la valorizzazione delle risorse.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, ATIA – ISWA, Società Chimica Italiana – Divisione CAB**

Presidenti di sessione:

- Fabrizio Passarini, *CTS Ecomondo, Università di Bologna*
- Mauro Majone, *CTS Ecomondo, Università "La Sapienza", Roma*

Local Farming and High Quality Products Direct Sales in the Circular Economy Applications Framework

by *Marino Cavallo, marino.cavallo@cittametropolitana.bo.it, Metropolitan City of Bologna*

Summary

The role of “local markets” (local farming and high quality products direct sales) is becoming increasingly relevant for enhancing and innovating the production, distribution and consumption of agricultural products. The deep innovation of “local markets” is leading them to take on new roles linked to quality production and marketing, food education, socialization with local and rural communities, the promotion and enhancement of agricultural skills and the concrete support for increasing the “attractiveness” of places thanks their synergies with the new practices of sustainable, creative, naturalistic and experiential tourism. Moreover, in contexts as the Metropolitan City of Bologna, their governance structure can enable the replication of these good practices in all municipalities “federates” by the territorial public bodies. There is therefore potential for promoting and disseminating forms of circular economy in the network of local farmers’ markets too, focusing on reusing packaging, recycling raw and secondary materials, eliminating waste and optimising food logistics. The paper tries to integrate the offer and the proposals of the markets with new paths of sustainable tourism and environmental tourism. The paper aims to give an account of the contribution that in the metropolitan area of Bologna’s local markets networks the innovative tools developed by the European Interreg Adrion projects (“Creatures” and “Pronacul”) will give, thanks to sustainable tourism, to the enhancement of natural and cultural capital linked to quality food and wine and its interconnections with the new business models of the circular economy.

1. The network of local and farmers’ markets for sustainable resource management, development and increased attractiveness: synergies between tourism and circular economy business models in the agri-food chain

At the European level, the Circular Economy Action Plan (CEAP) is based on several priority sectors, such as plastics, packaging, Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE), textiles, construction and demolition, and food. Regarding the latter, a field of application that has been little explored so far is the existing nexus between sustainable tourism and local agri-food chain [1,2]. Sectors with many supply chains that are traditionally considered to be “*per se*” environmentally friendly, as in the case of organic production [3,4], or the reduction and rationalization of logistics that is possible with the preferential access for local and quality products that has always been granted to local farmers’ market networks [5,6], but which can nevertheless increase their profitability and success thanks to Circular Economy (CE) business models [7-9]. Models capable of making environmental protection, which for a long time was considered a constraint or even an obstacle to economic growth, an opportunity for development, a strategic area to invest and which, in a context such as the Bologna metropolitan area, could greatly enhance not only its traditional “natural assets”, but

also its “cultural” and “social assets”, thanks to an active involvement in the exploration of tangible and intangible heritage related to its quality food. But the goal of decoupling desirable economic development from the feared depletion of the natural resources [10] requires a huge commitment to technological improvement [11], capable of implementing processes aimed at closing cycles in all production chains.

These innovation processes could be implemented also thanks to the networks of local markets, through their interconnections with sustainable tourism, identifying areas in the agri-food sector where investment in advanced technological innovation initiatives applied to different categories of residues, by-products or industrial and urban waste, with the aim of increasing the circularity and valorization of resources, could guarantee important returns for the local, regional and national business ecosystem as well as offering useful case studies for the replication of these virtuous practices in other countries thanks to European territorial cooperation between regions [12].

The role of “local markets” (local farming and high quality products direct sales) [6] is becoming increasingly relevant for enhancing and innovating the production, distribution and consumption of agricultural products. The deep innovation of “local markets” is leading them to take on new roles linked to quality production and marketing, food education, socialization with local and rural communities, and the promotion and enhancement of agricultural skills and the concrete support for increasing the “attractiveness” of places thanks their synergies with the new practices of sustainable, creative, naturalistic and experiential tourism.

In the paper, as well as giving an account of the role between local markets, the CE and tourism, there will be a specific focus on how tourism in general, and food and wine tourism in particular, is a sector in which investments in innovation (such as those related to the greater sustainability of this “industry” and its greater circularity) can be particularly profitable, also in terms of social innovation and the integrated development of territories.

Our thesis is that circular economy models are also an element of “territorial branding” in so far as they help to show that the promotion of places where cultural vitality and vibrancy are to be used to attract tourists is accompanied by specific actions to protect the uniqueness of the tourist destinations promoted [13].

The exploitation of these opportunities is based on extending the strong application of the “sustainability paradigm” from the field of natural to cultural capital, assuming that their functions are so unique to global systems that they cannot be replicated by any kind of manufactured capital or technology but only enhanced and made more cost efficient and effective. Enhancement and optimization that will be demonstrated with the presentation of ICT platform and application developed by two European projects of the Metropolitan City of Bologna for the promotion, valorization and conservation of natural and cultural heritage as a resource for territorial growth and the promotion of creative tourism through new sustainable and experiential routes, respectively, the Interreg Adrion projects “Pronacul” and “Creatures” [14].

2. Bottom-up entrepreneurial mushrooming of CE solutions: what is the outlook for the network of local markets in sustainable tourism?

Generally, the CE is little associated with the tourism industry but this in the implementation of sustainable technological innovations for material and energy recycling and recovery is a condition that must be overcome as it limits existing opportunities in this sector too and deprives territories of an important driver for their integrated development. In tourism, we find the same consumption and use of resources as in other economic sectors and the CE in tourism is interconnected with a number of other key sectors such as agriculture and its supply chain.

For this reason, actors in the tourism sector, who can also be effectively supported in this activity by the Cultural and Creative Industries – CCI [15], also have an important role as facilitators within the “circular transition”: a) how they procure, use or consume products, materials and resources and support local sales networks of quality and sustainable products such as local farmers’ markets; b) enable the recovery of products, materials and resources at the end of their use.

As stated by Greg Richards, one of the most relevant academics in the field of connections between culture, creativity and tourism, by identifying of the ‘value networks’, in which the traditional value chain of organizations is replaced by a more widespread network of value creation (which includes creative production, consumption and “prosumption”): «food is vital not only for survival and local development, but it also provides the basis for important newly-emerging creative and cultural industries» [17].

In addition, new ways of storytelling about tourist attractions, often promoted in collaboration with the CCIs, are increasing the possibilities of involvement, offering ‘stages’ to operators in the sector who, with a cooperative approach, are working to “*mise en tourisme*” the natural and cultural heritage of small communities, often suffering from depopulation and abandonment [16].

If tourism cannot be defined as an economic sector tout court, but as a transversal one, since it represents the result of the aggregation of data coming from other economic sectors (such as: agriculture, industry, building sector, transport, services), for this reason, especially in the analysis of its interconnections with the CE, it is preferable to address a tourism supply chain composed of thousands of interconnected small scale operators.

The tourism products themselves for this reason are experiences usually composed of goods supplied by businesses in 4 categories [18]: 1. Leisure / business activities; 2. Travel services; 3. Food / beverage services; 4. Accommodation services. Moreover, due to this tourism products consist of different services (which tourists combine), there are no clear “product owner” for these products and hence the need for the participation of political actors and public administrations in project consortia for the promotion of CE in tourism. From this the Metropolitan City of Bologna’s choice of local markets sustainable tourism as an arena for the implementation of CE in its participation at European projects for the improvement of regional policies stems.

A choice that also stems from the fact that applying CE to a full tourism product is challenging and how it could be easier to take a sectoral approach and identify indicators on individual aspects such as Key Performance Indicators (KPIs) related to CE business models compared with tourism based on unique attractions such as the networks of local farmers’ markets understood as potential micro-level SMEs operating also in tourism.

Basically potential sustainable tourism and CE indicators could thus be measured in these local contexts on the basis of: Energy management system installed (management); Share of renewable energy use (quantitative); Recycling rate and relocation of food surpluses.

The network of metropolitan farmers’ markets could in fact host solutions in line with the principles of the CE through their direct and eco-sustainable waste management and public administrations could support their new role by linking incentive mechanisms of tax relief to these initiatives. In addition, they could be the ideal places to set up services whereby consumers can hand in their “returnable packaging” and have the deposit paid for this element of packaging returned to them at the time of purchase.

As part of an integrated approach to food policies, these proposals could be complemented by initiatives linked ‘indirectly’ to agricultural entrepreneurial activities. Initiatives aimed at communicating and promoting sustainable behaviors in order to foster the inclusion of the most vulnerable actors in the “From Farm to Fork” European Strategy and achievable, for ex-

ample, by replicating good practices already present in Italy and Europe. Practices that could find their optimal allocation precisely within the networks of local markets. The involvement of these networks in the creation of logistical centers for the redistribution of food surpluses is therefore considered particularly desirable. In the wake of successful cases such as the “neighborhood hub” project in Milan [19], through a bottom-up approach guaranteed by the involvement of actors from the network of local markets, the creation of these centers for the collection and redistribution of surpluses to non-governmental organizations, voluntary associations and food sustainability enterprises could demonstrate that attempts to resolve the paradox of the simultaneous increase in food insecurity and food waste are also concrete business opportunities.

In this way, at farmers’ markets, the synergy between sustainable tourism and the application of CE principles in the local food chain, as these are privileged points widely distributed throughout the territory, could also simplify monitoring activities for an ongoing understanding of the results achieved by the various projects [19].

3. The European projects Creatures and Pronacul for the enhancement of the metropolitan area of Bologna “tangible and intangible cultural capital” and natural heritage: innovative tools and platform

In the technological innovative tools and platform implemented by the Creatures and Pronacul projects the CE in the network of metropolitan farmers’ markets as a “business card” for the territory tourist promotion will be realized through a “digital” and “computerized” card thanks to a “virtual chamber” and an “app”.

3.1 Pronacul Virtual Chamber

Pronacul’s actions are intended to follow in the footsteps of those initiatives which in the past have been directed at awakening citizens’ love of their territory and culture through tourism. Initiatives such as the European Charter for Sustainable Tourism [20] aimed at protected areas, and balancing the impacts of tourism development and management on the environment. These impacts are both positive, such as financial contributions, and improvements in spatial planning, environmental awareness and nature protection and conservation, and negative, such as resource depletion, pollution, eco-system destruction and global effects such as climate change.

But also in the footsteps of regional governance systems which, in Emilia-Romagna, have used their resources, together with national and European ones, to promote and enhance networks of small towns, villages and hamlets, capable of protecting the present and future generations by combining the needs of the environment, residents, local businesses and visitors.

A management of public resources and common goods that has demonstrated the existence of direct cause-and-effect relationships between policies to enhance and develop ecotourism and those to protect biodiversity and promote the development of ecosystem services.

The enhancement that will be achieved through the sharing of good practices, methodologies, guidelines and tools. There will be many different channels for disseminating this experience and knowledge. Traditional workshops and meetings will be flanked by innovative ways of learning through interactive spaces and places of exchange, represented by the Pronacul “Virtual Chamber”.

The project will test some pilot projects, with the ambition to replicate the results at transnational level. To this end, support tools will be developed for decision-makers, such as model action plans and recommendations, aimed at improving tourism policies and the strategic and sustainable management of natural and cultural heritage.

3.2 *Creatures App*

The *Creatures* project addresses the challenges of promoting creative tourism through new sustainable and experiential routes with an approach to create dynamic routes and suggestions based on tourists' interests and involvement. At the core of this approach will be a mobile app that will allow visitors to identify their own interests with reference to CCI in a given territory. Attractions such as the many activities in the metropolitan area to blend quality local food and cultural events. The application based on the chosen places of interest and the user's profile will also indicate the travel time - visit, and suggested routes, cultural events, elements of tangible and intangible cultural heritage such as networks of quality local markets.

The end users of the application will thus be able to define their needs and the application will provide suggested routes accordingly (including timetables and maps), highlighting through its content the experiences that best combine quality production and sustainability.

4. Findings

The ambition of these technological innovations is to put in contact, by interconnecting them, their respective end users: as regards the Pronacul "Virtual Chamber", the actors of the tourism sector, supporting and accompanying them in the design of new proposals that enhance the value of the territories and the excellences of their agri-food chain - in general - and the local realities that will most successfully interpret the business models of the CE, in particular; as regards the *Creatures* "app", consumers and tourists, facilitating their choices by directing them towards these new "sustainable" and "creative" proposals.

In particular, with regard to this last aspect, further functions of the "app" are currently being studied by *Creatures* scientific partner, aimed precisely at putting local market operators in contact with each other, to help them optimize the flow of recycling and network resources that can be used for reuse, also in favor of social projects and initiatives.

These Actions may be considered as merely local but operating both upstream and downstream of the processes in which they want to achieve innovations, aspire to contribute by European interregional cooperation to global changes through new methods for the integrated development of territories.

References

- [1] **Cerved**, *The SMEs in Centre-North of Italy - Report 2019*, Regional Policies and Territorial Cohesion Area, Roma, Confindustria, IT, 2019
- [2] **UNWTO**, *Recommendations on Tourism and Rural Development*, Madrid, 27 September 2020
- [3] **Løes A-K., Adler S. A.**, *Increased Utilization of Renewable Resources: Dilemmas for Organic Agriculture*, Paper at: 2nd International GRAB-IT workshop, Anacapri, Italy, June 27, 2018
- [4] **Rodríguez C., Florido C., Jacob M.**, *Circular Economy Contributions to the Tourism Sector: A Critical Literature Review*, «Sustainability» 2020, 12, 4338
- [5] **World Farmers Markets Coalition**, *First World Farmers Market Report*, Centro Studi Divulga, 2021
- [6] **European Commission**, Report from the Commission to the European Parliament and the Council, *The case for a local farming and direct sales labelling scheme* {SWD(2013) 501 final}, Brussels, 6.12.2013 COM(2013) 866 final
- [7] **Stacchini V.**, *SMEs and Industrial Symbiosis in Europe: Good Practices from CESME and Since-AFC*, In "Symbiosis Users Network - SUN Proceedings of the third SUN Conference. Best practices on industrial symbiosis in Italy and the contribution of regional policies - Rimini, November 7th 2019", ENEA, 2020
- [8] **Einarsson S., Sorin F.**, *Circular Economy in travel and tourism. A conceptual framework for sustainable, resilient and future proof industry transition*, CE360 Alliance, 2020
- [9] **United Nations Environment Programme**, *Eco—i Manual. Eco-innovation implementation process*, 2017

- [10] **Parrique T., Barth J., Briens F., Kerschner C., Kraus-Polk A., Kuokkanen A., Spangenberg J.H.**, *Decoupling debunked: Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability*, European Environmental Bureau, 2019
- [11] **Cavallo M., Ferraro S.**, *The Future of e-Governance. Between AI and Big Data: Information Brokers and Navigators for the Digital World*, «Revue Internationale Des Gouvernements Ouverts», 10(1), 2021
- [12] **Cavallo M.**, *The Enchantment of the Territories and the Circular Economy in Agri-Food Starting from an European Experience*, In “Ecomondo. The Green Technology Expo”, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2020
- [13] **UNWTO**, *Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges*, Madrid, 2008
- [14] **CREATURES**, *Good Practices E-Catalogue*, edited by Jasmina Selimovic, Sarajevo, Ekonomski fakultet Univerziteta, 2020
- [15] *Revitalising markets. Public space, community services and the circular economy*, edited by Daniela Patti, Levente Polyak and Manuel Torresan, Vienna, Cooperative City Book, IT, 2019
- [16] *Regeneration and Cultural Participation. The Urban Regeneration Mix European Project*, edited by Marino Cavallo and Daniele Cencioni, Bologna, BUP, 2021
- [17] **Richard G.**, *Food and the tourism experience: major findings and policy orientations*, In “Food and the Tourism Experience”, Paris, OECD, 2012, p. 16
- [18] Presentation “Applying principles of circular economy to sustainable tourism – preliminary findings” by Jos van der Sterren, Paul Peeters and Eke Eijgelaar from the Breda University - Centre for Sustainability, Tourism and Transport
- [19] **Food Sustainability Observatory**, *Sustainability comes by innovating! Information and circularity, Keys to a more sustainable and inclusive supply chain*, Milano, Polytechnic University, IT, 2020
- [20] **EUROPARC Federation**, *European Charter for Sustainable Tourism in Protected Areas. The Charter*, 2010

Come la regolazione Arera può influenzare la qualità dei servizi di gestione integrata dei rifiuti

Giorgio Ghiringhelli ghiringhelli@arsambiente.it, Elisa Amodeo, ARS ambiente Srl, Gallarate (VA)

Carlo Sguario, Paolo Pagani, Monica Benzi, Giuseppe Sbarbaro, UTILITEAM Srl, Milano

Riassunto

Le direttrici che seguirà ARERA per la regolazione del settore rifiuti ricalcano uno schema noto che vede Tariffe, Qualità del Servizio e Unbundling come elementi chiave della sua azione. Se da un lato appare difficoltoso definire degli standard di servizio in un settore caratterizzato da un prodotto atipico, dall'altro lato è evidente la grande importanza che questi stessi standard assumono in relazione alle modalità operative molto diversificate che caratterizzano il comparto. ARERA, replicando in parte i modelli già adottati negli altri settori regolati intende introdurre obblighi di registrazione e meccanismi incentivanti per rafforzare l'implementazione degli strumenti per la gestione della qualità tecnica e contrattuale, precisando al contempo come i risultati della gestione della qualità possano impattare con la tariffazione regolata dal MTR. L'Autorità è orientata a introdurre meccanismi di premi e penalità volti, da una parte, a valorizzare lo stato di efficienza già conseguito da alcuni gestori e, dall'altra, a incentivare i miglioramenti delle performance di qualità anche dei gestori meno virtuosi.

Summary

The guidelines that ARERA will follow for the regulation of the waste sector follow a well-known pattern that sees Tariffs, Service Quality and Unbundling as key elements of its action. While it appears difficult to define service standards in a sector characterized by an atypical product, on the other hand it is evident the great importance that these same standards assume in relation to the very diversified operating methods that characterize the sector. ARERA, partially replicating the models already adopted in the other regulated sectors, intends to introduce registration obligations and incentive mechanisms to strengthen the implementation of the tools for the management of technical and contractual quality, while at the same time specifying how the results of quality management can impact the tariff regulated by the MTR. The Authority is oriented to introducing mechanisms of bonuses and penalties aimed, on the one hand, at enhancing the state of efficiency already achieved by some managers and, on the other hand, at encouraging improvements in quality performance even by less virtuous managers.

1. Introduzione

La regolazione dei servizi pubblici adottata dall'ARERA (di seguito anche "Autorità") si fonda su tre elementi fondamentali ed interconnessi sui quali poggia l'intero sistema di regolazione: qualità, tariffe e unbundling. La centralità della qualità nella regolazione è evidente da quanto disposto dall'articolo 1, comma 527, della legge 27 dicembre 2017, n. 205 (con cui sono stati attribuiti i poteri di regolazione ad ARERA nel settore rifiuti) che contempla tra le

funzioni attribuite all’Autorità, la “definizione dei livelli di qualità dei servizi, sentiti le Regioni, i gestori e le associazioni dei consumatori, nonché la vigilanza sulle modalità di erogazione dei servizi” nonché la “diffusione della conoscenza e della trasparenza delle condizioni di svolgimento dei servizi a beneficio dell’utenza”.

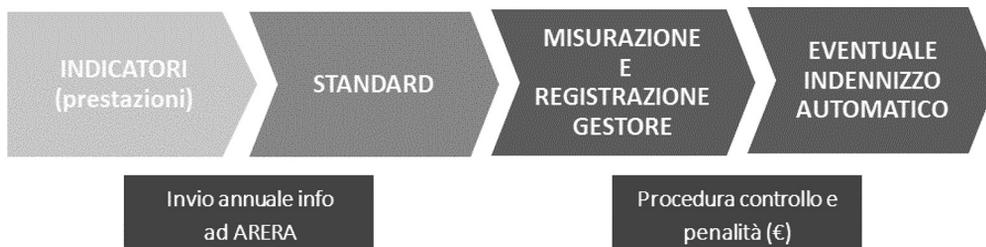


Fig. 1 – Schema generico di applicazione della qualità commerciale/contrattuale da parte di ARERA (Elaborazione Utiliteam)

Per ARERA il miglioramento della qualità del servizio nel ciclo dei rifiuti è un obiettivo strategico (OS9) dell’Area Ambiente (A. Miglioramento dell’efficienza e della qualità del servizio) contenuto nel Quadro strategico 2019-2021: “L’Autorità, oltre a disciplinare i contenuti minimi dei contratti di servizio, intende infatti promuovere la trasparenza sulla qualità delle prestazioni erogate agli utenti, nonché una graduale convergenza a livello nazionale verso standard minimi di qualità (commerciale e tecnica) dei servizi resi, anche tenuto conto che l’assenza, di uno schema tipo di carta dei servizi settoriale, diversamente dagli altri settori regolati dall’Autorità, ha dato luogo a un’estrema eterogeneità delle prassi adottate”.

2. Relazione

2.1 Caratteristiche specifiche del settore rifiuti e qualità dei servizi

Il servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani si caratterizza per notevoli differenze tecniche e legislative dagli altri settori regolati da ARERA ed in particolare per:

- la mancanza della rete per l’erogazione del servizio (intesa, idealmente, come infrastruttura fisica di trasporto dei rifiuti, sostituita nella realtà da sistemi di raccolta, trasporto e spazzamento basati su veicoli e autisti/raccoglitori);
- la mancanza del contatore certificato;
- nella maggior parte dei casi, l’assenza del rapporto sinallagmatico in quanto il servizio è tipicamente remunerato attraverso una tassa (TARI).

Ulteriore elemento differenziale di grande rilevanza, caratteristica distintiva di questo servizio pubblico, è il ruolo attivo dell’utente che è un anello fondamentale della raccolta rifiuti cui compete proprio la separazione a monte dei rifiuti stessi secondo i principi e obblighi della raccolta differenziata fissati nelle ordinanze sindacali e riportati nelle Carte dei Servizi. A differenza di altri settori regolati, dove l’interruzione del servizio - anche di breve durata - può generare un disservizio all’utente, nel settore dei rifiuti la definizione di interruzione è necessariamente legata oltre che alla durata dell’interruzione medesima anche alla possibilità di recuperare entro un congruo intervallo di tempo (tempo di recupero) il servizio non effettuato senza arrecare disagi all’utente.

Con le determinazioni 3/DRIF/2019 e 4/DRIF/2019 sono state avviate da ARERA due raccolte dati finalizzate ad acquisire i primi dati relativi alla qualità del servizio integrato di gestione dei rifiuti urbani e, in particolare, dei singoli servizi di raccolta e trasporto e di spazzamento e lavaggio delle strade, nonché alla qualità dell’attività di gestione tariffe e rapporti con gli utenti.

È emerso un settore fortemente eterogeneo, con significative differenze tra le macro-aree del Paese, in termini di prestazioni garantite agli utenti (il Nord Italia caratterizzato da gestioni più virtuose in termini di prestazioni e livelli qualitativi minimi garantiti agli utenti e il Sud Italia - comprese le Isole - con risultati in molti casi al di sotto della media nazionale).



Fig. 2 – Un contenitore si considera sovra-riempito se il volume di conferimento risulta saturato, comportando il deposito di rifiuti nell’area circostante al contenitore

In generale, si rileva la prevalenza di gestori di piccole dimensioni che svolgono singole attività del servizio integrato di gestione dei rifiuti urbani in ambiti di dimensioni comunali, caratterizzati nella maggioranza dei casi da bassi livelli di qualità nonché dalla scarsa diffusione di indicatori, relativi standard prestazionali e indennizzi all’utente nel caso di inadempienze o disservizi per cause imputabili al gestore stesso.

	Situazione attuale delle Gestioni	Previsione introduzione obblighi e strumenti di controllo della QUALITÀ TECNICA (continuità, regolarità e sicurezza del servizio)	
		NO 90%	SI 10%
Previsione introduzione obblighi e strumenti di controllo della QUALITÀ CONTRATTUALE	NO 65%	SCHEMA I Obblighi minimi 58,5%	SCHEMA III Livello intermedio 6,5%
	SI 35%	SCHEMA II Livello intermedio 31,5%	SCHEMA IV Livello avanzato 3,5%

Fig. 3 – Livello qualitativo attuale delle gestioni sulla base delle ricognizioni condotte da ARERA e stima della collocazione delle gestioni negli Schemi regolatori proposti dall’Autorità (Elaborazione ARS ambiente su dati ARERA)

2.2 Approccio regolatorio al settore rifiuti e primi obblighi di qualità commerciale e tecnica

Il documento per la consultazione 72/2021/R/rif “Primi orientamenti per la regolazione della qualità del servizio di gestione dei rifiuti urbani e assimilati” illustra gli orientamenti dell’Autorità in merito alla:

1. Qualità contrattuale: prestazioni rese dal gestore generalmente su richiesta dell’utente (ad esempio gestione dei reclami, richieste di rettifica della fatturazione e risposte alle richieste di informazioni) in analogia con quanto disposto per gli altri settori regolati;
2. Qualità tecnica: continuità e regolarità nell’erogazione del servizio agli utenti e sicurezza in caso di disservizi o incidenti.

In dettaglio, per il primo periodo regolatorio, l’Autorità è orientata a individuare un set di obblighi di servizio minimo per tutte le gestioni riguardante i principali profili di qualità contrattuale e tecnica, affiancati alla previsione di standard generali di qualità¹, differenziati per quattro Schemi specifici regolatori, definiti in relazione al livello qualitativo di partenza garantito agli utenti e basati sulla previsione - nel Contratto di servizio e/o nella Carta della qualità - di obblighi in capo al gestore.

Inoltre, l’Autorità prevede per gli Schemi II, III, e IV anche obblighi di registrazione dei dati relativi agli indicatori di qualità applicati in ciascuno Schema e connessi obblighi di comunicazione verso ARERA che potrà così verificare, successivamente al termine di un periodo transitorio, anche mediante attività di monitoraggio ex post, il rispetto delle prescrizioni.

Ulteriore tassello del meccanismo di regolazione della qualità è costituito dalla previsione di introdurre meccanismi di premi e penalità da attivare qualora le prestazioni del gestore, in termini di qualità, risultino superiori o inferiori agli obblighi minimi previsti dallo Schema di competenza e da eventuali ulteriori obblighi individuati dall’Ente Territoriale Competente.

Tipo di qualità	Schema I	Schema II (oltre agli obblighi e indicatori previsti nello Schema I)	Schema III (oltre agli obblighi e indicatori ² previsti nello Schema II)	Schema IV (oltre agli obblighi e indicatori previsti nello Schema III)
Contrattuale	<ul style="list-style-type: none"> - Adozione e pubblicazione Carta Servizi - Adozione procedura per gestione reclami e richieste scritte di informazioni - Numero verde gratuito per richieste informazioni e prenotazioni 	<ul style="list-style-type: none"> - Attivazione di uno sportello fisico o, in alternativa di uno sportello web (facoltà ETC) presentare un reclamo, richieste informazioni, richieste rettifica fatturazioni e prenotazione 		<ul style="list-style-type: none"> - Registrazione delle interruzioni del servizio di raccolta stradale/ di prossimità - Registrazione delle interruzioni del servizio di raccolta domiciliare - Registrazione delle interruzioni

Segue

¹ Ovvero standard relativi ad un insieme di prestazioni erogate ad una pluralità di utenti, tipicamente nell’arco di un anno. Nel documento per la consultazione 72/2021/R/rif ARERA prospetta l’applicazione di standard specifici, ovvero relativi alla singola prestazione erogata al singolo utente, solo a partire dal secondo periodo di regolazione della qualità del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani.

² Nello Schema III prevede i livelli minimi prestazionali previsti per lo Schema II ma, rispetto allo Schema II, con percentuali di prestazioni soggette a standard meno stringenti per i profili contrattuali e più stringenti per i profili tecnici.

Tipo di qualità	Schema I	Schema II (oltre agli obblighi e indicatori previsti nello Schema I)	Schema III (oltre agli obblighi e indicatori ² previsti nello Schema II)	Schema IV (oltre agli obblighi e indicatori previsti nello Schema III)
	zione ritiro rifiuti ingombranti - Rateizzazione gratuita per almeno due rate semestrali, e incremento numero rate se importi sensibilmente superiori a ordinariamente pagati - Almeno un'opzione di pagamento gratuita degli importi - Adozione procedura gestione richieste scritte rettifica e rimborso - Obbligo di ritiro dei rifiuti ingombranti senza oneri aggiuntivi per gli utenti - Pubblicazione sul web di recapiti per richiesta di ritiro dei rifiuti ingombranti - Adozione procedura gestione richieste ritiro rifiuti ingombranti	ritiro rifiuti ingombranti		del servizio di spazzamento e lavaggio strade
Tecnica	- Adozione di un Programma dei passaggi per le attività di raccolta stradale/ di prossimità e domiciliare - Mappatura dei contenitori della raccolta stradale/ di prossimità		- Adozione di un Piano di controlli periodici sullo stato di riempimento e di corretto funzionamento dei contenitori della raccolta stradale/ di prossimità	

Segue

Tipo di qualità	Schema I	Schema II (oltre agli obblighi e indicatori previsti nello Schema I)	Schema III (oltre agli obblighi e indicatori ² previsti nello Schema II)	Schema IV (oltre agli obblighi e indicatori previsti nello Schema III)
	<ul style="list-style-type: none"> - Adozione di un Programma dei passaggi per le attività di spazzamento e lavaggio delle strade - Attivazione di un numero verde gratuito dedicato raggiungibile dall'utente 24 ore su 24 per segnalazioni disservizi (Intervento) e di situazioni di pericolo o disagio per l'ambiente, persone o cose (Pronto Intervento) 		(approvato dall'ETC)	
Set di indicatori e livelli minimi prestazionali		<ul style="list-style-type: none"> - Tempo di risposta ai reclami: 30 gg lav. per una % di prestazioni tra il 70% e il 90% - Tempo di risposta alle richieste scritte di informazioni: 30 gg lav. per una % di prestazioni tra il 70% e il 90% - Tempo di attesa per il servizio telefonico. Registrazione dell'indicatore. NO standard di qualità - Tempo di rimborso degli importi non dovuti 60-90 gg lav. per una % di prestazioni tra il 70% e il 90% 	<ul style="list-style-type: none"> - Rapporto tra n. contenitori raccolta stradale/di prossimità sovra-riempiti e n. contenitori controllati 70%-90% - Rapporto servizi raccolta stradale/di prossimità espletati puntualmente e servizi programmati 70%-90% - Rapporto tra servizi raccolta domiciliare espletati puntualmente e servizi programmati 70%-90% - Rapporto tra i servizi di spazzamento espletati puntual- 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo di attesa per il servizio telefonico 240 secondi per % di prestazioni tra 70%-90% - Tempo di recupero dell'interruzione del servizio di raccolta stradale/di prossimità 24 h per % di prestazioni tra il 70% e il 90% - Tempo di recupero dell'interruzione del servizio di raccolta domiciliare 12 h per % di prestazioni tra il 70% e il 90% - Tempo di recupero dell'interruzione del servizio di spazzamento 24 h per % di

Segue

Tipo di qualità	Schema I	Schema II (oltre agli obblighi e indicatori previsti nello Schema I)	Schema III (oltre agli obblighi e indicatori ² previsti nello Schema II)	Schema IV (oltre agli obblighi e indicatori previsti nello Schema III)
		<ul style="list-style-type: none"> - Tempo di ritiro dei rifiuti ingombranti 10-15 gg lav. per una % di prestazioni tra il 70% e il 90% - Tempo di intervento in caso di segnalazioni per disservizi (servizio Intervento) 3-5 gg lav. per % di prestazioni tra il 70% e il 90% - Tempo di intervento in caso di segnalazioni per disservizi (servizio Pronto Intervento) 2-3 gg lav. per % di prestazioni tra il 70% e il 90% - Tempo interven- to per chiamate di Pronto inter- vento per rimo- zione rifiuti che impediscono la viabilità 2h per % di prestazione tra l'80% e il 90% - Tempo inter- vento per chia- mate di Pronto intervento per rimozione rifiuti che non impedi- scono la viabilità 1 gg lav. Per % di prestazioni tra l'80% e il 90% 	<p>mente e i servizi programmati 70%-90%</p>	<p>prestazioni tra il 70% e il 90%</p>

Tab. 1 – Obblighi di qualità contrattuale e tecnica nei diversi schemi specifici regolatori (Fonte: ARERA, 2021)

2.3 Tempistiche della qualità

L'entrata in vigore della disciplina sulla qualità è prevista al 1° luglio 2022, con la possibilità di avvio semplificato per i primi 6 mesi nel corso dei quali i gestori non potranno non rispettare l'obbligo di registrazione dei dati relativi agli indicatori di qualità applicati. In ogni caso è previsto un primo periodo regolatorio di breve durata per consentire l'aggiornamento/aggiornamento degli strumenti individuati sulla base delle evidenze rilevate dalla stessa ARERA in corso di applicazione. Sinteticamente, le principali date attese per l'avvio della regolazione possono essere rappresentate secondo lo schema seguente, così come desumibili dal documento per la consultazione più sopra citato.

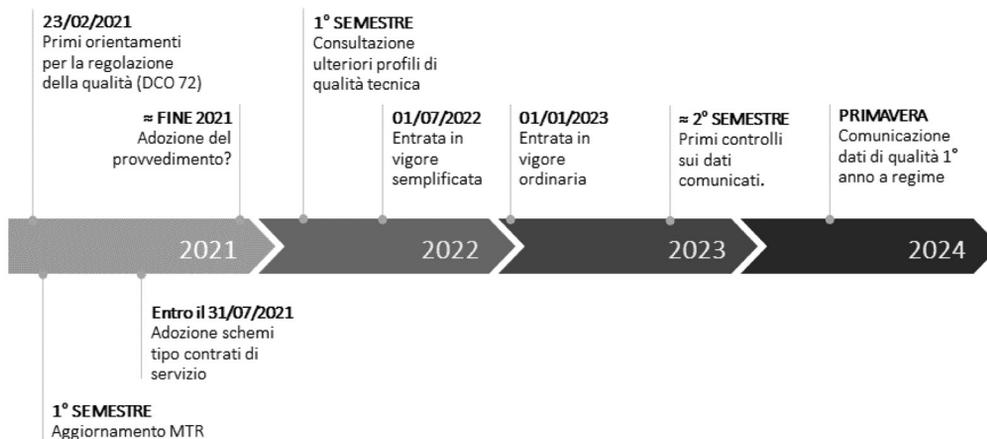


Fig. 4 – Tempistiche attese per la regolazione della qualità (Elaborazione Utiliteam)

3. Conclusioni

ARERA, replicando in parte i modelli già adottati negli altri settori regolati intende introdurre obblighi di registrazione e meccanismi incentivanti per rafforzare l'implementazione degli strumenti per la gestione della qualità tecnica e contrattuale, precisando al contempo come i risultati della gestione della qualità possano impattare con la tariffazione regolata dal *Metodo tariffario servizio integrato di gestione dei rifiuti* (MTR). L'Autorità è orientata a introdurre meccanismi di premi e penalità volti, da una parte, a valorizzare lo stato di efficienza già conseguito da alcuni gestori e, dall'altra, a incentivare i miglioramenti delle performance di qualità anche dei gestori meno virtuosi. La copertura delle premialità potrà avvenire attraverso fondi perequativi a livello nazionale, costituendo un apposito conto per la promozione della qualità.

Bibliografia

- [1] Ghiringhelli G., Sbarbaro G., Pagani P., *La nuova regolazione nel settore rifiuti. Attività e impatto dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA)*, L'Ambiente n. 6/2018;
- [2] Berardi D., Traini S., Valle N., *Regolazione dei rifiuti: poco spazio alla qualità e poca flessibilità*, Laboratorio SPL Collana Ambiente N. 129, REF ricerche, 2020.

Lisciviazione di ioni metallici da ceneri pesanti di termovalorizzazione di RSU mediante soluzioni di acidi inorganici

*Carlo Limonti** carlo.limonti@unica1.it, *Giulia Maria Curcio**, *Roberta Caruso***

*Francesco Marchio***, *Alessio Siciliano**

** Università della Calabria, Rende (Cosenza)*

*** Econet srl, Lamezia Terme (CZ)*

Riassunto

Il presente lavoro riporta i risultati di un'ampia indagine sperimentale finalizzata a valutare l'efficacia della lisciviazione di ioni metallici da ceneri pesanti di termovalorizzazione di rifiuti solidi urbani (RSU). Sono stati testati 5 diversi agenti liscivianti (HCl, H₂SO₄, HNO₃, HCl+HNO₃, H₂SO₄+HNO₃) in un'ampia gamma di pH. I test sono stati condotti considerando un unico rapporto volumetrico ceneri/acqua ed un unico tempo di contatto di 24h. I risultati sperimentali hanno permesso di identificare le condizioni maggiormente favorevoli all'estrazione dei metalli in funzione dell'agente liscivante e del pH di conduzione della prova. Per elementi quali Al, Fe, Ni e Mn il processo di eluizione è risultato fortemente influenzato dal pH. Per Cu e Zn si è osservato un minimo di concentrazione per valori di pH prossimi alla neutralità ed un rilascio più elevato in corrispondenza di pH acidi (3-5) e pH basici (11), rispettivamente. Globalmente, le migliori performance di eluizione si sono ottenute a pH 3 utilizzando HCl come agente liscivante.

Summary

Present work reports the results of a large experimental investigation aimed at evaluating ion metals leaching efficacy from Municipal Solid Waste (MSW) bottom ash. Five different leaching agents (HCl, H₂SO₄, HNO₃, HCl + HNO₃, H₂SO₄ + HNO₃) in one wide range of pH were tested. The experiments were carried out considering a single ash/water volumetric ratio and a single contact time of 24h. The results allowed to identify the most favourable conditions for metals extraction in term of leaching agent and pH. For Al, Fe, Ni and Mn the elution process was strongly influenced by the pH. For Cu and Zn, a minimum concentration was observed for pH values close to neutrality and a higher metals release at acid pH (3-5) and basic pH (11), respectively. Overall, the best elution performances were obtained at pH 3 using HCl as a leaching agent.

1. Introduzione

Lo sviluppo di processi per il recupero e la valorizzazione delle ceneri pesanti da termovalorizzazione dei rifiuti solidi urbani (RSU) rappresenta una tematica ambientale di notevole rilevanza [1]. Le ceneri pesanti sono il principale residuo solido dei processi di combustione degli RSU e la sua produzione annua in Italia è di circa 1 milione di tonnellate [2-3]. Il recupero delle ceneri non pericolose come "End of Waste" elimina di fatto lo smaltimento finale in discarica consentendone il riutilizzo [4-5] o come aggregato e/o additivo per calcestruzzo

(Regolamento UE n.305/2011 e norme UNI EN 206, UNI EN 12620, UNI EN 13055) o come aggregato per materiali non legati e legati per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade (Regolamento UE n.305/2011 e norme UNI EN 13242, UNI EN 13043, UNI EN 13139) [6-7]. A livello nazionale le linee guida per l'applicazione della disciplina "End of Waste" per le ceneri pesanti sono state emesse con delibera del consiglio del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) del 06/06/2020 n°62 che integra l'articolo 184 ter comma 3 ter del D.Lgs. n. 152/2006 [8]. Per consentire un riutilizzo ottimale delle ceneri pesanti, i processi di lavaggio rivestono un ruolo chiave in quanto consentono di ridurre drasticamente il contenuto di inquinanti, ed al contempo permettono di recuperare materiali metallici potenzialmente riutilizzabili [9]. In tale ambito si inserisce l'indagine sperimentale descritta nel presente lavoro. L'attività sperimentale è stata volta a verificare la possibile estrazione di ioni metallici potenzialmente valorizzabili da ceneri pesanti da RSU. In particolare, è stato valutato il comportamento alla lisciviazione dei metalli presenti nelle ceneri pesanti, testando 5 diversi agenti liscivianti (HCl, H₂SO₄, HNO₃, HCl+HNO₃, H₂SO₄+HNO₃) in un'ampia gamma di pH. In tutti i set di prove è stato considerato un unico rapporto volumetrico ceneri/acqua ed un unico tempo di contatto di 24h. Le analisi sui lisciviati hanno permesso di identificare le condizioni maggiormente favorevoli all'estrazione dei metalli d'interesse in funzione dell'agente lisciviante e del pH di conduzione della prova.

2. Materiali e metodi

Le indagini sperimentali sono state condotte utilizzando ceneri pesanti provenienti dalla termovalorizzazione di RSU. I campioni di ceneri utilizzate si presentavano con una granulometria omogenea e paragonabile a quella di una sabbia fine.

Per l'esecuzione dei test di lisciviazione sono stati utilizzati acidi di grado analitico RPE per analisi. In particolare, come agenti liscivianti sono stati utilizzati acidi inorganici puri ed in miscela tra di loro: acido cloridrico (HCl 37% w/w), acido solforico (H₂SO₄ 98% w/w), acido nitrico (HNO₃ 69,5% w/w), miscela di acqua regia (3 volumi di HCl + 1 volume di HNO₃), miscela solfo-nitrica (3 volumi di H₂SO₄ + 1 volume di HNO₃). I valori di pH sono stati determinati mediante l'utilizzo di pHmetro da banco, Crison (BASIC 20 pH). Le determinazioni di Al, Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Cr, Cd, Pb e Li sono state condotte mediante spettrofotometria ad assorbimento atomico (GBC Scientific Equipment, Braeside (Victoria), Australia) in accordo alle metodiche APHA [10].

2.1 Modalità di esecuzione dei test di lisciviazione

Di seguito verrà fornita una descrizione dettagliata del protocollo di lisciviazione utilizzato nelle sperimentazioni.

CENERI	pH _{Teorico}	pH _{1h}	pH _{24h}	Peso _{ceneri} [g]	V _{H2O} [mL]	V _{Lisciviante} [mL]	V _{finale} [mL]
HCl	3	3.01	3.3	10.02	50	15	65
	5	5.12	4.92	10.01	50	12.5	62.5
	7	6.97	7.3	10.26	50	10.5	60.5
	9	8.96	9.21	10.09	50	5.5	55.5
	11	11.05	11.44	10.00	50	2.4	52.4
H ₂ SO ₄	3	3.25	3.53	10.08	50	4.5	54.5
	5	5.13	5.75	10.01	50	3.5	53.5
	7	7.15	7.79	10.01	50	2.1	52.1
	9	8.97	9.4	10.08	50	1	51
	11	11.05	11.39	10.06	50	0.5	50.5

Segue

CENERI	pH _{Teorico}	pH _{1h}	pH _{24h}	Peso _{ceneri} [g]	V _{H2O} [mL]	V _{Liscivante} [mL]	V _{finale} [mL]
HNO ₃	3	2.86	3.06	10.04	50	8.8	58.8
	5	4.53	4.89	10.02	50	7.5	57.5
	7	7.04	7.09	10.05	50	4.5	54.5
	9	9.34	9.11	10.06	50	3.5	53.5
	11	10.59	10.73	10.05	50	1	51
HCl+HNO ₃	3	2.86	3.06	10.04	50	8.8	58.8
	5	4.53	4.89	10.02	50	7.5	57.5
	7	7.04	7.09	10.05	50	4.5	54.5
	9	9.34	9.11	10.06	50	3.5	53.5
	11	10.59	10.71	10.05	50	1	51
H ₂ SO ₄ +H-NO ₃	3	3.01	3.21	10.04	50	6.3	56.3
	5	5.15	5.54	10.09	50	4.5	54.5
	7	7.13	7.26	10.14	50	3.5	53.5
	9	8.98	9.34	10.01	50	2	52
	11	10.87	11.22	10.04	50	0.7	50.7

Tab.1 – Condizioni operative dei test di lisciviazione condotti sulle ceneri pesanti con HCl, H₂SO₄, HNO₃, HCl+HNO₃, H₂SO₄+HNO₃.

I campioni di ceneri pesanti sono stati preventivamente disidratati mediante essiccazione a 40°C in stufa termostata per 24h. I test di lisciviazioni sono stati condotti utilizzando 5 diversi agenti liscivianti in 5 differenti condizioni di pH con un tempo di contatto di 24h.

Ciascun test è stato condotto in batch, in becher di vetro della capacità di 100mL considerando un rapporto di massa solido/acqua pari a 5 (circa 10g di ceneri in 50mL di acqua deionizzata) in condizioni di temperatura ambiente e pressione atmosferica. La sospensione acqua-ceneri è stata mantenuta in agitazione per tutta la durata della prova mediante apposito agitatore magnetico.

I volumi di acido o di miscela di acidi sono stati immessi nella sospensione dopo circa 5 minuti dall'inizio dell'esperimento, dopo aver misurato un valore di pH stabile. Con l'immissione degli opportuni volumi di acido, ciascuna sospensione è stata portata ad uno specifico valore di pH (pH 3, 5, 7, 9 e 11) poi mantenuto costante per tutta la durata dell'esperimento. I valori di pH sono stati misurati ad 1 ora dall'immissione dell'acido ed al termine dell'esperimento dopo 24h. In tabella (Tab.1) sono riportate le condizioni operative adottate per la lisciviazione, nonché i quantitativi di ceneri e acidi utilizzati in ciascun test.

Al termine di ogni test la miscela composta da ceneri, acqua ed acido, è stata travasata in una provetta e centrifugata a 4000rpm per 15'. Terminata la centrifugazione, la frazione liquida è stata separata per gravità mediante filtrazione su carta da filtro da 2µm. I liquidi così ottenuti dalle singole prove di lisciviazione sono stati analizzati mediante spettrofotometria ad assorbimento atomico per ottenere le concentrazioni degli ioni metallici in soluzione.

3. Risultati e discussione

Nei paragrafi seguenti sono riportati gli andamenti delle concentrazioni di Al, Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Cr, Cd, Pb e Li ottenuti dai lisciviati delle ceneri pesanti al variare del pH e dell'acido liscivante.

3.1 Concentrazioni rilevate di alluminio (Al) e ferro (Fe).

Per quanto riguarda l'alluminio (Al) (Fig.1) si osserva una lisciviazione pH dipendente, che può essere descritta adeguatamente dalla solubilizzazione delle forme di idrossido di allumi-

nio e di minerali alluminosilicati presenti nelle ceneri pesanti. In particolare, a pH-3 si osservano concentrazioni di alluminio particolarmente elevate e superiori ai 1000mg/L con tutti gli acidi lisciviati utilizzati. Concentrazioni di circa 3000mg/L si osservano nei lisciviati ottenuti con HCl e con la miscela solfo-nitrica (H_2SO_4 e HNO_3). A pH-5, si osserva una significativa riduzione delle concentrazioni con valori inferiori di due ordini di grandezza rispetto a quelli di pH-3. Tale comportamento è plausibile con la solubilità degli elementi a base di alluminio che tende a ridursi nell'intervallo di pH 5-11 per poi risalire a pH superiori.

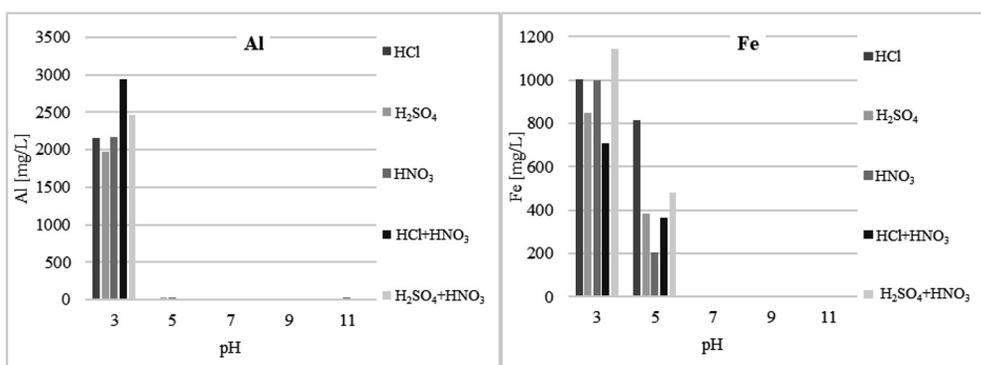


Fig. 1. – Concentrazioni di alluminio (Al) e ferro (Fe) misurate nei lisciviati al variare del pH e dell'acido lisciviante.

Anche per quanto riguarda il ferro (Fe) (Fig.1) si osserva un andamento delle concentrazioni fortemente dipendente dal pH e dell'agente lisciviante. La presenza di tale elemento nelle ceneri pesanti è dovuta essenzialmente ad idrossidi di ferro III e ad eventuali residui ferrosi di piccole dimensioni sfuggiti ai pretrattamenti di recupero dei materiali ferro-magnetici. A pH-3 infatti, si osservano concentrazioni di ferro in soluzione superiori a 1000mg/L con acqua regia ($HCl+HNO_3$) e con miscela solfo-nitrica ($H_2SO_4+HNO_3$). Concentrazioni più elevate, ma comprese nel range 500-800mg/L, si osservano nei lisciviati ottenuti con HCl e H_2SO_4 . Con HNO_3 invece, il ferro in soluzione raggiunge circa i 250mg/L. Un comportamento analogo si registra a pH-5 ma con concentrazioni nei lisciviati marcatamente inferiori.

3.2 Concentrazioni rilevate di rame (Cu) e zinco (Zn)

Le concentrazioni osservate nei lisciviati di rame (Cu) e zinco (Zn) mostrano un tipico andamento a forma di "V" (Fig.2). Si osserva, infatti, un minimo di concentrazione per valori di pH prossimi alla neutralità ed un rilascio più elevato di tali elementi a pH acidi e pH basici. Per quanto riguarda lo zinco a pH-3 le concentrazioni maggiori si osservano nei lisciviati con miscela solfo-nitrica ($H_2SO_4+HNO_3$) con valori che superano i 1000mg/L. Concentrazioni superiori a 500mg/L si registrano nei lisciviati di HCl, H_2SO_4 e miscela di acqua regia ($HCl+HNO_3$). A pH acidi la sua presenza è essenzialmente dovuta alla solubilizzazione dei silicati di zinco, mentre l'aumento delle concentrazioni riscontrate a pH-11 sono presumibilmente da ascrivere alla solubilizzazione degli ossidi di zinco.

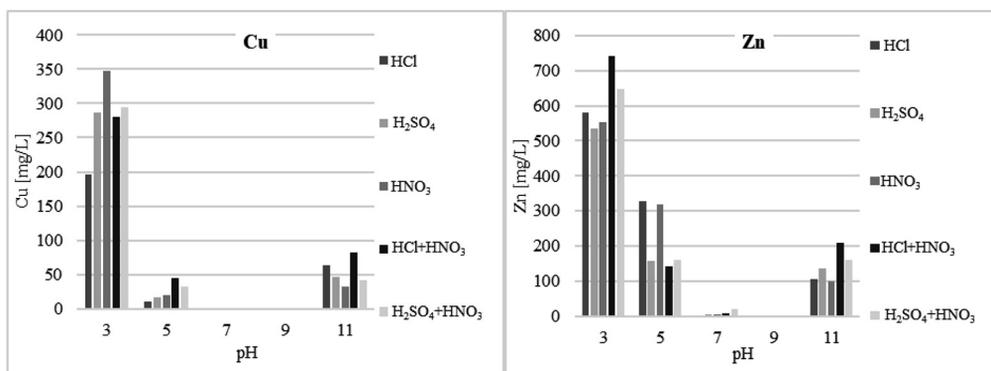


Fig. 2. – Concentrazioni di rame (Cu) e zinco (Zn) misurate nei lisciviati al variare del pH e dell'acido lisciviante.

Considerando il rame, si osserva una netta riduzione delle concentrazioni passando da pH-3 a pH-5. In particolare, a pH-3 si rileva presenza di rame in soluzione nei lisciviati ottenuti con le miscele di acqua regia ($\text{HCl}+\text{HNO}_3$) e di miscela solfo-nitrica ($\text{H}_2\text{SO}_4+\text{HNO}_3$) con valori superiori a 200mg/L. Concentrazioni inferiori si osservano con HCl e H_2SO_4 . Come discusso in precedenza si rileva un aumento della concentrazione a pH-11 con valori di circa 50mg/L. La ridotta lisciviazione del rame a pH compresi tra 7 e 9 è plausibile con la complessazione degli ossidi di ferro e di alluminio che permettono agli idrossidi di rame di precipitare a $\text{pH} > 7$. Inoltre, la solubilizzazione del rame è fortemente influenzata, in questo intervallo di pH, dalla presenza di acidi umici in soluzione e dalla presenza di altri metalli quali cadmio, piombo e nichel, certamente presenti nelle ceneri pesanti.

3.3 Concentrazioni rilevate di nichel (Ni) e manganese (Mn)

Per quanto riguarda il nichel (Ni) (Fig. 3) si osserva una forte dipendenza delle concentrazioni nei lisciviati dal pH. A pH-3 si osservano concentrazioni superiori a 60mg/L nei lisciviati ottenuti con H_2SO_4 , HNO_3 e miscela solfo nitrica ($\text{H}_2\text{SO}_4+\text{HNO}_3$). Questo suggerisce che tale elemento ha una maggiore affinità di solubilizzazione con tali acidi. Con HCl e miscela di acqua regia (HCl e HNO_3) si riscontrano concentrazioni di circa 40mg/L. A pH-5 l'andamento delle concentrazioni osservato risulta essere congruente con quello ottenuto a pH-3. Per quanto riguarda i pH alcalini i valori molto bassi di concentrazione ottenuti sono adeguatamente spiegabili con la precipitazione del nichel come idrossido ($\text{Ni}(\text{OH})_2$). Comportamento analogo al nichel si registra per il manganese (Mn). Anche in questo caso si osserva una riduzione delle concentrazioni nei lisciviati a $\text{pH} > 7$. A pH-3 si ottengono le migliori performance di lisciviazione con valori di concentrazione di circa 40mg/L con la miscela solfo-nitrica ($\text{H}_2\text{SO}_4+\text{HNO}_3$).

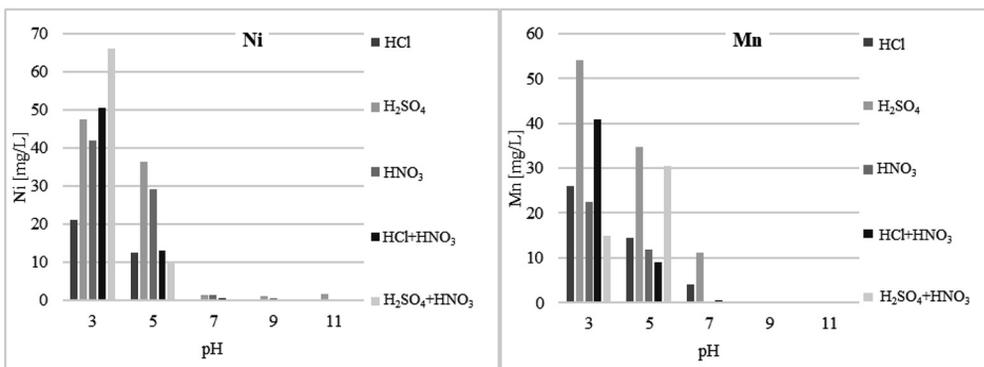


Fig. 3 – Concentrazioni di nichel (Ni) e manganese (Mn) misurate nei lisciviati al variare del pH e dell'acido lisciviante.

3.4 Concentrazioni rilevate di cromo (Cr), cadmio (Cd), piombo (Pb) e litio (Li)

Per quanto riguarda il cromo (Cr) e il cadmio (Cd) si osservano concentrazioni degli elementi in soluzione inferiori a 10mg/L in tutte le condizioni di pH testati e per tutti gli acidi lisciviati utilizzati (Fig.4).

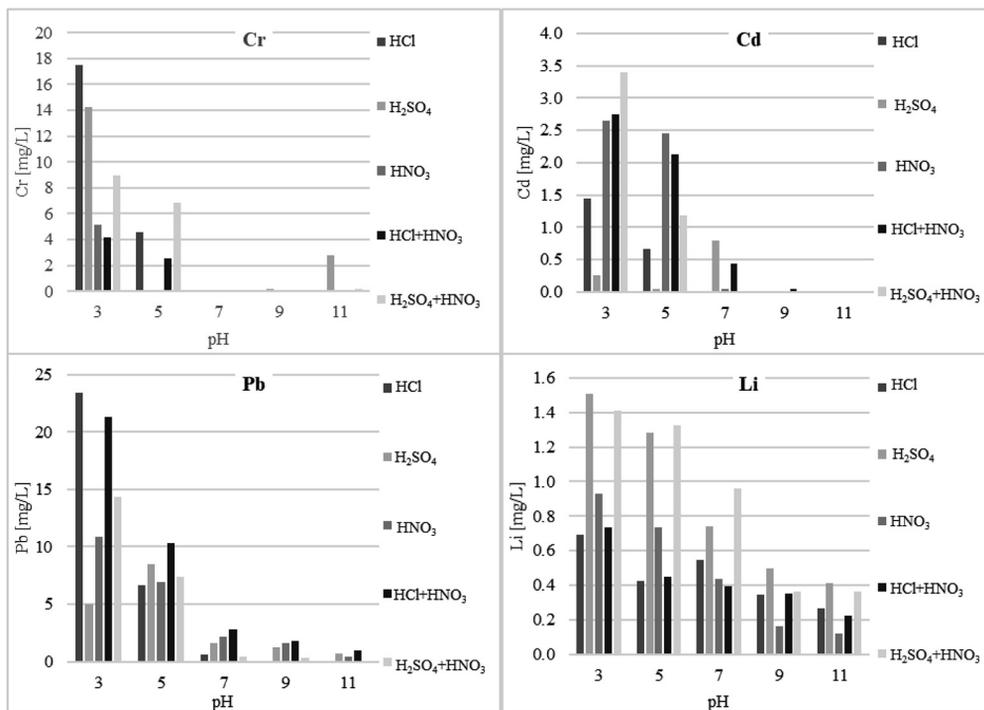


Fig. 4 – Concentrazioni di cromo (Cr), cadmio (Cd), piombo (Pb) e litio (Li) misurate nei lisciviati al variare del pH e dell'acido lisciviante.

Entrambi gli elementi evidenziano una riduzione delle concentrazioni con l'aumento del pH. In particolare, per quanto riguarda il cromo a pH-3 si rilevano concentrazioni comprese tra

2.3mg/L e 7mg/L ottenute rispettivamente con miscela di acqua regia (HCl+HNO₃) e con HCl. Per quanto riguarda il cadmio a pH-3 le concentrazioni maggiori si riscontrano nei lisciviati ottenuti con miscela di acqua regia (HCl+HNO₃).

Per il piombo si rileva una riduzione della solubilizzazione a pH basici. A pH-3 valori di circa 10mg/L si ottengono con la miscela di acqua regia (HCl+HNO₃) e miscela solfo-nitrica (H₂SO₄+HNO₃). A pH-5 e 7 i valori di concentrazioni di piombo ottenuti risultano inferiori a 3mg/L per tutti gli acidi liscivianti testati. Infine, analizzando il litio (Li) si osserva una modesta dipendenza delle concentrazioni dall'aumento del pH, con valori che tendono a ridursi a meno di 0.5mg/L con pH>7.

3. Conclusioni

Le sperimentazioni condotte hanno consentito di valutare l'efficacia di estrazione di metalli da ceneri di termovalorizzazione da RSU mediante un trattamento di lisciviazione al variare di pH e agente lisciviante. I risultati dei test evidenziano che un opportuno trattamento di lisciviazione consente di estrarre elementi metallici potenzialmente valorizzabili. Le migliori performance di estrazione si sono ottenute utilizzando come agente lisciviante HCl. Buone performance di estrazione sono state ottenute nelle stesse condizioni di pH anche dagli altri agenti liscivianti testati.

A pH-3 sono stati maggiormente estratti elementi quali alluminio e ferro. Per tali elementi e per nichel, manganese, piombo e cromo il processo di eluizione è risultato fortemente influenzato dal pH di conduzione della prova. Infatti, nei test condotti a pH basici le concentrazioni rilevate sono risultate essere trascurabili rispetto quelle ottenute a pH acidi. Per altri elementi quali rame e zinco, invece, è stato riscontrato un comportamento differente in risposta al pH. Si è osservato, infatti, un minimo di concentrazione per valori di pH prossimi alla neutralità ed un rilascio più elevato di rame e zinco in corrispondenza di pH acidi (3-5) e pH basici (11).

Bibliografia

- [1] **Silva R. V., de Brito J., Lynn C. J., Dhir R. K. (2019).** Environmental impacts of the use of bottom ashes from municipal solid waste incineration: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 140, 23-35.
- [2] **Funari V., Braga R., Bokhari, S. N. H., Dinelli, E., Meisel, T. (2015).** Solid residues from Italian municipal solid waste incinerators: A source for "critical" raw materials. *Waste Management*, 45, 206-216.
- [3] **Syc M., Simon F. G., Hykš J., Braga R., Biganzoli L., Costa, G., Funari V., Grosso, M. (2020).** Metal recovery from incineration bottom ash: State-of-the-art and recent developments. *Journal of hazardous materials*, 393, 122433.
- [4] **Assi A, Bilo F, Zanoletti A, Ponti J, Valsesia A, La Spina R, Depero LE, Bontempi E. (2020).** Review of the Reuse Possibilities Concerning Ash Residues from Thermal Process in a Medium-Sized Urban System in Northern Italy. *Sustainability*. 12(10):4193.
- [5] **Dijkstra, JJ, van der Sloot, HA, Comans, RNJ, (2006).** The leaching of major and trace elements from MSWI bottom Ashes a function of pH and time. *Applied geochemistry* 21, pp.335-351.
- [6] **Cho BH, Nam BH, An J, Youn H. (2020).** Municipal Solid Waste Incineration (MSWI) Ashes as Construction Materials—A Review. *Materials*; 13(14):3143.
- [7] **Hjelmar O., Holm J., Crillesen K. (2007).** Utilisation of MSWI bottom ash as sub-base in road construction: first results from a large-scale test site. *Journal of hazardous materials*, 139(3), 471-480.
- [8] **Linee Guida per l'applicazione della disciplina End of Waste di cui all'art.184 ter comma 3 ter del D.Lgs.152/2006.** Delibera del consiglio SNPA. Seduta del 06.02.2020. Doc. n. 62/20 - Linee Guida SNPA 23/20. ISBN 978-88-448-0983-6.
- [9] **Tang, J., Steenari, B. M. (2016).** Leaching optimization of municipal solid waste incineration ash for resource recovery: A case study of Cu, Zn, Pb and Cd. *Waste Management*, 48, 315-322.
- [10] **APHA.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edn. American Public Health Association and Water Environment Federation. Washington DC, USA, 1998.

L'impatto ambientale prodotto dal Covid-19

Sebastiano Mangiagli sebastianomangiagli@libero.it - 2° Istituto di Istruzione Superiore "A. Ruiz", Via Catania n. 83 96011 Augusta

Riassunto

A partire dai primi mesi dello scorso anno, il Covid-19 ha stravolto la vita delle persone a livello sanitario, sociale ed economico. Rilevanti effetti sono stati prodotti anche a livello ambientale, in considerazione dei lockdown imposti dai vari Governi statali. Tali effetti non sono soltanto positivi, visto il minore inquinamento prodotto, ma anche negativi in quanto i lockdown hanno favorito l'incremento dell'e-commerce, a cui è seguito un aumento degli imballaggi impiegati e dell'inquinamento dovuto all'inefficienza delle modalità di consegna.

Obiettivo del presente articolo consiste nell'analizzare l'impatto ambientale prodotto dal Covid-19 e nel proporre alcune soluzioni volte a ridurre gli effetti negativi generati dall'e-commerce sull'ambiente.

Summary

Since the first months of last year, Covid-19 has turned people's lives upside down in health, social and economic terms. Significant effects have also been produced at the environmental level, in view of the lockdowns imposed by the various state governments. These effects are not only positive, given the lower pollution produced, but also negative as the lockdowns have favored the increase in e-commerce, which was followed by an increase in packaging used and pollution due to the inefficiency of the delivery methods.

The aim of this article is to analyze the environmental impact produced by Covid-19 and to propose some solutions aimed at reducing the negative effects generated by e-commerce on the environment.

1. Introduzione. L'impatto del Covid-19 sull'ambiente

Il nuovo Coronavirus (SARS-CoV2) ha prodotto effetti sanitari, economici e sociali di enormi proporzioni a livello globale, la cui portata potrà essere valutata con precisione solo quando la pandemia sarà terminata.

In considerazione della priorità sanitaria, l'impatto del SARS-CoV2 sull'ambiente è stato fino ad ora poco analizzato. A tale riguardo, i primi studi hanno dimostrato che esiste un effetto indiretto positivo dell'epidemia sull'ambiente.

In particolare, è stato previsto che le emissioni periodiche di gas serra potrebbero scendere a livelli mai registrati dalla Seconda Guerra Mondiale conseguentemente alle politiche di lockdown adottate dai governi [1]. In questo periodo, ad esempio, nella provincia dell'Hubei in Cina, durante il lockdown le centrali elettriche e industriali hanno cessato la propria produzione e l'impiego dei veicoli è calato in tutto il paese; ciò ha determinato una vistosa riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) e particolato atmosferico di dimensioni inferiori a 2,5 µM (PM2.5) nelle principali città cinesi [2, 3]. Ancora, rispetto allo stesso periodo dell'anno scorso, i livelli di inquinamento atmosferico a New York sono scesi del 50% a causa

del blocco delle principali industrie e dell'utilizzo limitato degli autoveicoli; analoghi risultati sono stati riscontrati nell'Italia settentrionale, in Spagna e nel Regno Unito [3, 4].

Ulteriori effetti indiretti positivi dell'epidemia sull'ambiente sono stati l'attenuazione dei livelli di rumore ambientale, la riduzione degli episodi di smaltimento illegale dei rifiuti, come quelli abbandonati in molte spiagge, e il miglioramento della qualità delle acque; in tal senso emblematico è il caso di Venezia, dove è stato osservato che le acque dei canali sono più pulite rispetto al passato per la riduzione del numero di turisti [5].

Oltre agli effetti positivi fin qui accennati, occorre considerare anche gli effetti indiretti negativi generati dal Covid-19 sull'ambiente. Tra questi vi è l'aumento di rifiuti sanitari e domestici [6]. Basti pensare che negli Stati Uniti da un lato c'è stata una crescita nella produzione di rifiuti derivati da dispositivi di protezione individuale come maschere e guanti [7], dall'altro sono stati interrotti i programmi di riciclo dei rifiuti sanitari per la preoccupazione sul rischio di diffusione del Covid-19 nei centri di riciclaggio. Anche in Europa la raccolta differenziata dei rifiuti sanitari è stata limitata ed è stato vietato ai residenti colpiti dal virus di smistare i propri rifiuti domestici [8].

A ciò occorre aggiungere che i lockdown imposti dai vari Stati hanno favorito la crescita degli imballaggi impiegati e dell'inquinamento dovuto all'inefficienza delle modalità di consegna [9, 10].

Alla luce delle sinora esposte considerazioni, il presente studio si prefigge di valutare l'impatto ambientale prodotto dal Covid-19 e dalla conseguente crescita del ricorso all'e-commerce. In aggiunta, la ricerca si prefigge di proporre alcune soluzioni volte ad attenuare l'impatto ambientale generato dall'e-commerce.

2. Relazione

2.1 La crescita dell'e-commerce nel mondo e in Italia per effetto del Covid-19

La crescita che l'e-commerce ha fatto registrare negli ultimi anni si è accentuata nel 2020 per effetto della pandemia da Covid-19. Nell'ultimo anno solare gli utenti che hanno acceduto ad Internet nel mondo sono stati 4,54 miliardi, il 7% in più rispetto all'anno precedente, rappresentando complessivamente il 59% della popolazione del pianeta. Il primato è spettato alla Cina con 990 milioni di utenti a fine 2020 [11].

Alla data del 31 maggio 2021, il 55,31% del traffico mondiale è rappresentato dal mobile, il 41,97% proviene da desktop e il 2,72% da tablet. Rispetto al totale, il traffico mobile è arrivato al 65% in Asia, al 63% in Africa, al 52% in Europa e al 50% in Nord America [12]. Sempre lo scorso anno l'81,5% degli utenti Internet ha cercato un bene o un servizio online, il 90,4% ha visitato un e-store e il 76,8% ha acquistato un prodotto online [11].

Anche il fatturato e-commerce è cresciuto rispetto all'anno precedente; difatti, a livello mondiale, mentre nel 2019 la quota dell'e-commerce sul totale delle vendite al dettaglio è stata del 13,7%, nel 2020 tale indicatore è salito al 15,5% [13].

In Italia la diffusione dell'e-commerce tra la popolazione nel mese di dicembre 2020 ha raggiunto quota 74,7% (+4,7% rispetto all'anno precedente) con 44,7 milioni di utenti e un incremento di 3,2 milioni rispetto al 2019. Il valore del fatturato e-commerce in Italia nel 2020 è stato pari a 48,25 miliardi di euro, con una decrescita dell'1% sul 2019. Nel 2020 (figura 1) a causa della pandemia la distribuzione dei fatturati per settore è cambiata notevolmente rispetto all'anno scorso. Il Tempo libero è stato il settore più importante col 48% del fatturato totale. Al secondo posto nella distribuzione dei fatturati, si sono posizionati i Centri Commerciali con il 21%, contro il 16% dell'anno precedente. Il Turismo è stato il settore più penalizzato, rappresentando l'11% del fatturato totale contro il 26% dell'anno precedente. Gli altri settori hanno fatto registrare percentuali più basse del 10% del totale; è questo il

caso di Assicurazioni (5%), Alimentare (5%), in crescita rispetto al 3,1% del 2019 a causa della chiusura dei ristoranti, Elettronica di consumo (4%), Moda (2%), Editoria (2%), Casa e arredamento (1%), Salute e bellezza (1%) [14, 15].

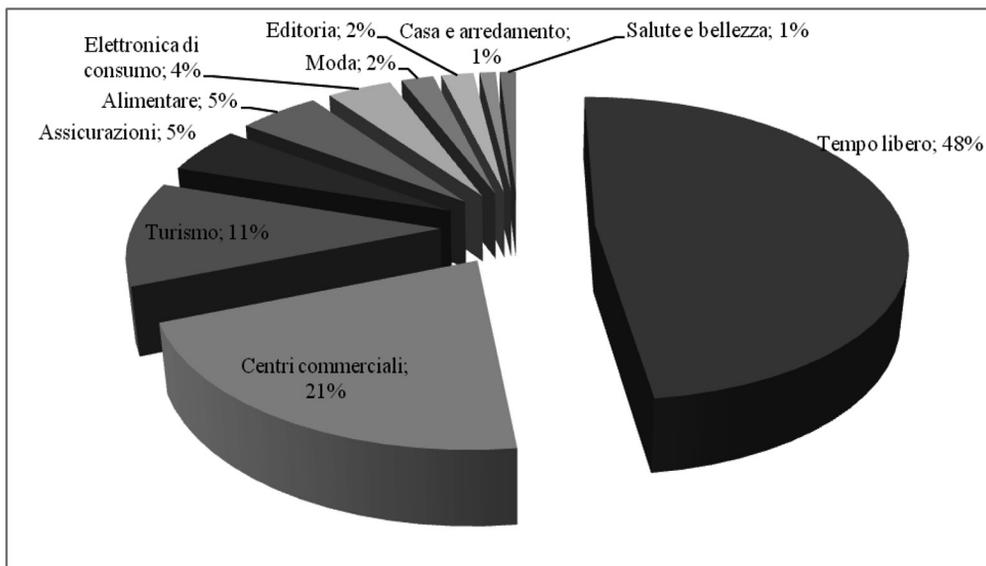


Fig. 1 – Distribuzione del fatturato e-commerce in Italia nell'anno 2020

Fonte: ns. elaborazione da [15]

2.2 L'impatto ambientale prodotto dall'e-commerce

La tradizionale concezione secondo cui l'impatto ambientale dell'e-commerce sia inferiore a quello del commercio offline tradizionale, in virtù delle economie di scala che riesce a realizzare tramite la *supply chain*, deve essere riconsiderata.

Uno studio pubblicato nel 2019 dall'Università di Giacarta [16] ha spiegato come, soprattutto nelle aree urbane più densamente popolate, l'e-commerce sia più inquinante del commercio tradizionale in quanto gli acquirenti finali dell'e-commerce sono portati ad ordinare piccole quantità di merce per volta; di conseguenza si tendono ad effettuare ordini multipli di una singola tipologia di prodotto che richiedono consegne multiple; ciò comporta:

1. imballaggi aggiuntivi,
2. un aumento dell'inquinamento dovuto al movimento di migliaia di piccoli veicoli commerciali nelle strade dei centri urbani,
3. una minore efficienza nell'utilizzo dello spazio a disposizione su un ogni veicolo commerciale.

In relazione a quest'ultimo punto, nello stesso studio [16] è stato calcolato che l'aumento di ordini online causi una riduzione del volume di merce mediamente caricata su questi veicoli, poiché i tempi di consegna diventano sempre più stretti, a causa della concorrenza fra le imprese.

I tre fattori sopra evidenziati risultano ancora più preoccupanti se si considerano anche i frequenti resi delle merci che giungono a destinazione danneggiate o non corrispondenti alle caratteristiche attese dai clienti.

Un altro interessante aspetto riguardante l'e-commerce era già stato analizzato in uno studio tedesco del 2002 [17]; in esso fu dimostrato che nel caso di acquisto di libri online in Giappone, l'energia elettrica utilizzata dall'utente a casa era praticamente uguale a quella impiegata per l'acquisto dello stesso libro in un negozio tradizionale.

Prendendo spunto dai due studi sopra menzionati [16, 17], è possibile costruire una figura di sintesi che descrive l'impatto ambientale dell'e-commerce (figura 2).

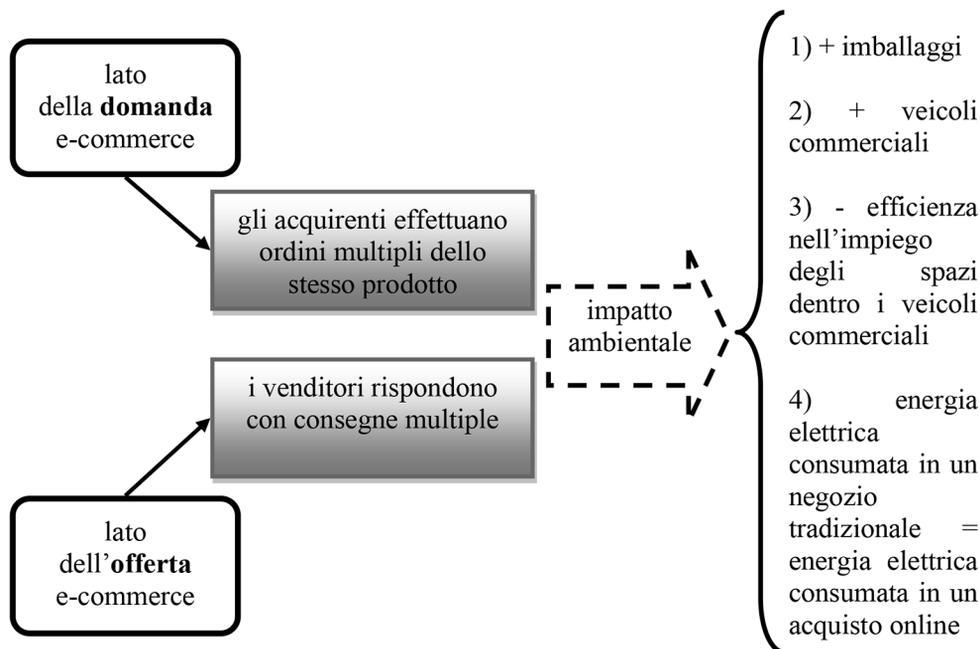


Fig. 2 – L'impatto ambientale dell'e-commerce

Fonte: ns. elaborazione

Tenuto conto di quanto fin qui riportato, nel paragrafo successivo si proporranno alcune soluzioni volte a ridurre i costi ambientali legati al commercio elettronico.

2.3 Possibili soluzioni volte a ridurre l'impatto ambientale prodotto dall'e-commerce

Dall'analisi condotta emerge come il commercio online sia una grande opportunità, anche se esso può causare problemi maggiori di quelli che ha risolto e fare aumentare non solo i costi economici ma anche quelli ambientali.

Un primo suggerimento volto a ridurre l'impatto sull'ambiente dell'e-commerce consiste nell'incrementare la quantità media di oggetti ordinati per volta dai clienti; ciò richiede un coinvolgimento attivo da parte della domanda di e-commerce e permetterebbe di ridurre le emissioni inquinanti e i costi logistici da parte dei vettori.

Ponendosi nella prospettiva dell'offerta, un'ulteriore soluzione è rappresentata dall'impiego di veicoli elettrici e biciclette per la consegna di buste e pacchi leggeri soprattutto in aree urbane.

La scelta di imballaggi riciclabili da impiegare per le spedizioni è un'altra soluzione concreta per ridurre il loro impatto sull'ambiente. Le *glassine paper* di Nexive ne sono un esempio: si tratta di buste ricavate da carta di pura cellulosa che si gettano interamente, finestrelle

comprese, nella raccolta differenziata della carta [18]. Altro esempio virtuoso è l'imballaggio 'apertura facile' di Amazon che elimina le fascette di plastica usate per contenere i pacchi [19].

Ancora, è da auspicare il ricorso alle *packstation* posizionate da operatori come DHL nelle aree di maggiore transito: tali iniziative sono dei box installati nei supermercati, negli uffici, nei centri commerciali o nelle stazioni delle metropolitane, dove gli acquirenti possono recuperare la merce comprata online in qualsiasi momento della giornata, inserendo in un terminale un codice di accesso per aprire il proprio armadietto [20].

Le proposte evidenziate sono sintetizzabili nella figura 3 seguente.



Fig. 3 – Proposte volte a ridurre l'impatto ambientale dell'e-commerce

Fonte: ns. elaborazione

3. Conclusioni

Lo studio condotto nel presente elaborato ha messo in risalto come il Covid-19 stia producendo (e altri ne produrrà) effetti indiretti positivi e negativi sull'ambiente. Fra quelli negativi vi è l'incremento degli imballaggi prodotti dall'e-commerce. A tale fenomeno, il quale è cresciuto considerevolmente negli ultimi anni, si può tentare di porre rimedio attraverso soluzioni che richiedono l'intervento per un verso della clientela, per un altro verso delle aziende erogatrici di servizi di e-commerce. Non va però trascurata la circostanza per cui tale settore oggi non sia supportato da un adeguato impianto normativo che disciplini i risvolti ambientali dell'e-commerce. Poiché l'aumento di flussi di merci derivanti dall'e-commerce ha cambiato completamente il bilancio energetico del sistema ambiente, appare oramai auspicabile che la comunità internazionale cominci ad introdurre delle norme chiare e ferme su queste attività. Ciò non comporta necessariamente divieti o blocchi, bensì l'introduzione di incentivi o disincentivi relazionati al comportamento del consumatore e del venditore online.

In ultima analisi, considerato che l'e-commerce costituisce un fenomeno globalmente amplificato per via del Covid-19, una tale regolamentazione va realizzata a livello internazionale, tramite il coinvolgimento di organismi come l'ONU e il WTO.

Bibliografia

[1] Harapan H., Itoh N., Yufika A., Winardi W., Keam S., Te H., Megawati D., Hayati Z., Wagner A.L., Mudatsir M., "Coronavirus disease 2019 (COVID-19): A literature review", in *J Infect Public Health*, vol. 13, n. 5, 2020, pp. 667-673;

- [2] https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/COVID-19_nitrogen_dioxide_over_China;
- [3] <https://atmosphere.copernicus.eu/amid-coronavirus-outbreak-copernicus-monitors-reduction-particulate-matter-pm25-over-china>;
- [4] **Ficetola G.F., Rubolini D.**, “Containment measures limit environmental effects on COVID-19 early outbreak dynamics”, in *Science of The Total Environment*, vol. 761, n. 144432, 2021;
- [5] **Saadat S., Rawtani D., Hussain C.M.**, “Environmental perspective of COVID-19”, in *Science of The Total Environment*, vol. 728, n. 138870, 2020;
- [6] **Zambrano-Monserrate M.A., Ruano M.A., Sanchez-Alcalde L.**, “Indirect effects of COVID-19 on the environment”, in *Science of The Total Environment*, vol. 728, n. 138813, 2020;
- [7] **Calma J.**, “The COVID-19 pandemic is generating tons of medical waste”, in *The Verge*, 26 marzo 2020;
- [8] <https://www.aa.com.tr/en/health/single-use-items-not-safest-option-amid-covid-19/1787067>;
- [9] **Hidayatno A., Destyanto A.R., Fadhil M.**, “Model Conceptualization on E-Commerce Growth Impact to Emissions Generated from Urban Logistics Transportation: A Case Study of Jakarta”, in *Energy Procedia*, vol. 156, 2019, pp. 144-148;
- [10] **Reichling M., Otto T.**, “The Environmental Impact of the New Economy. Deutsche Telekom, telecommunications services and the sustainable future”, in **Park J., Roome N.** (Eds.), *The Ecology of the New Economy. Sustainable Transformation of Global Information, Communications and Electronics Industries*, Routledge, London, 2002, pp. 119-129;
- [11] <https://wearesocial.com/digital-2020>;
- [12] <https://gs.statcounter.com/platform-market-share/desktop-mobile-tablet>;
- [13] <https://www.webhostingsecretrevealed.net/it/blog/ecommerce/online-shopping-ecommerce-and-internet-statistics-2020-you-should-know/>;
- [14] Casaleggio Associati, *E-Commerce in Italia 2020*, 2020;
- [15] Casaleggio Associati, *E-Commerce in Italia 2021*, 2021;
- [16] **Hidayatno A., Destyanto A.R., Fadhil M.**, “Model Conceptualization on E-Commerce Growth Impact to Emissions Generated from Urban Logistics Transportation: A Case Study of Jakarta”, in *Energy Procedia*, vol. 156, 2019, pp. 144-148;
- [17] **Reichling M., Otto T.**, “The Environmental Impact of the New Economy. Deutsche Telekom, telecommunications services and the sustainable future”, in **Park J., Roome N.** (Eds.), *The Ecology of the New Economy. Sustainable Transformation of Global Information, Communications and Electronics Industries*, Routledge, London, 2002, pp. 119-129;
- [18] **Balboni V.**, “La busta con le finestrelle trasparenti riciclabili”, in *Corriere della Sera*, 9 marzo 2015;
- [19] **Tonfi S.**, *Super Brands. Da grandi poteri, grandi responsabilità*, Franco Angeli, Milano, 2017;
- [20] **Angioni C.**, “Ecco l’acchiappa-pacchi per chi non è mai a casa”, in *Il Giornale*, 17 aprile 2014.

La tecnologia dell'elettrofilatura per l'ecodesign in progettazione attraverso il recupero di scarti agro alimentari

Massimo Mari (massimo.mari @cnr.it - CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico - Roma); Fabrizio De Cesare (Università della Tuscia – DIBAF - Viterbo); Carla Mazziotti (CNR - Dipartimento di Ingegneria ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti - Roma); Antonella Macagnano (CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico - Roma)

Riassunto

In Europa, l'auspicata transizione ecologica, da realizzare attraverso il Green Deal e l'adozione di modelli economici circolari in grado di rivoluzionare gli attuali sistemi di produzione e consumo, non può avere luogo ove non sia caratterizzata da una profonda e contestuale innovazione del settore primario, volta ad accrescerne sia l'efficienza produttiva che la sostenibilità ambientale. Questa condizione, specie in un paese come l'Italia caratterizzato da un eccezionale valore del proprio capitale naturale, offre l'opportunità per un contestuale sviluppo dei settori e delle filiere afferenti alla bioeconomia, condotto con un approccio sistemico e trasversale in grado di cogliere il peso di ogni externalità economica ed ambientale, pianificato in funzione di un'attenta analisi territoriale.

L'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA) del CNR, sfruttando le potenzialità dell'elettrofilatura, è coinvolto nel recupero di scarti agro-alimentari destinati a smaltimento e nel loro reinserimento nel ciclo manifatturiero attraverso la realizzazione di prodotti ecocompatibili (ecodesign in progettazione) con adeguato sbocco di mercato. Tale tecnologia, da costi contenuti ed elevata versatilità, permette di sviluppare materiali nano-microfibrosi con notevoli vantaggi sia strutturali che funzionali per una pletera di applicazioni.

Summary

In Europe, the awaited ecological transition through the Green Deal and the adoption of circular economic models cannot occur without the primary sector's profound and contextual innovation to increase production efficiency and environmental sustainability. It will revolutionize current production and consumption systems. In countries characterized by an exceptional value of its natural capital, like Italy, this condition offers the opportunity for a contextual development of the sectors and supply chains concerning the bioeconomy. In a systemic and transversal approach, a careful territorial analysis may prevent the load of any economic and environmental externalities.

The Institute on Atmospheric Pollution (IIA) of the National Research Council of Italy, exploiting the potential of electrospinning, is involved in the recovery of agri-food waste destined for disposal for their reintegration into the manufacturing cycle through the creation of eco-compatible products (eco-design). This low-cost and highly versatile technology allows the development of nano-microfiber materials with significant structural and functional advantages for many applications.

1. Introduzione

L'Unione europea ha scelto di favorire la transizione economica verso modelli di tipo circolare attraverso la predisposizione di nuovo quadro normativo in materia di gestione dei rifiuti, in considerazione della rilevanza e della straordinaria trasversalità settoriale della materia. Secondo dati UNEP (Global Resource Outlook, 2019) infatti, il consumo delle risorse ai livelli attuali non è sostenibile. Negli ultimi 50 anni, mentre la popolazione mondiale raddoppiava e il PIL globale si ingigantiva di quattro volte, l'estrazione di materiali dal capitale naturale passava da 27 miliardi di tonnellate a 92 miliardi di tonnellate (anno 2017). Cifra che, a questi ritmi, crescerà del doppio entro l'anno 2060. Il consumo di risorse cresce in media del 3,2% annuo. I processi di estrazione e lavorazione delle materie prime, comprese quelle utilizzate per la produzione di cibo, generano circa la metà delle emissioni di gas serra globali e sono responsabili del 90% della perdita di biodiversità [1]. Questi dati mostrano la necessità di una transizione economica, in grado di consentire il passaggio da processi di produzione e consumo di tipo lineare a processi di tipo circolare, orientati alla minimizzazione dello sfruttamento delle risorse naturali e degli impatti ambientali connessi alle attività antropiche, nonché della produzione di rifiuti. A livello nazionale, l'articolo 179 del D.lgs. 152/2006 rappresenta il principale riferimento normativo per il raggiungimento degli obiettivi europei in materia di gestione dei rifiuti e di economia circolare. La disposizione citata è volta ad assicurare il rafforzamento della gerarchia relativa alle attuali modalità di trattamento dei rifiuti.

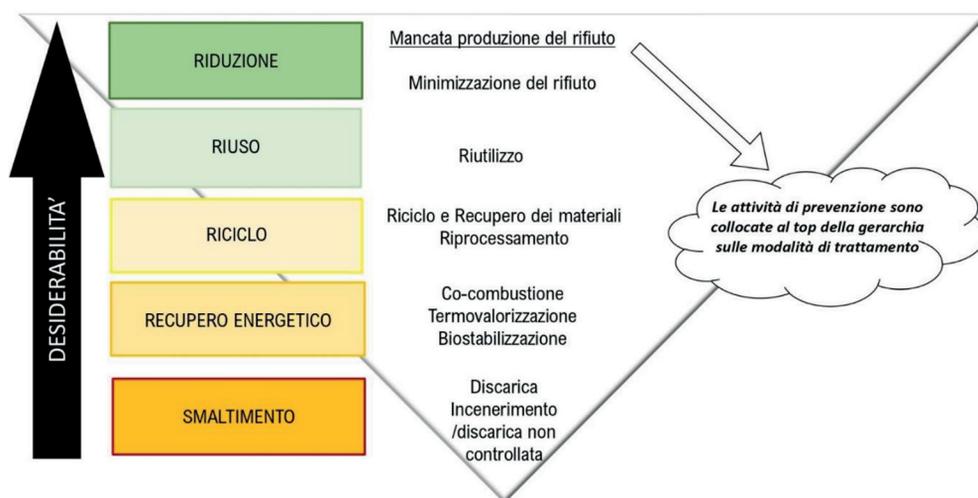


Fig. 1 – Rappresentazione grafica della gerarchia sulle modalità di trattamento rifiuti (art 179 D.lgs. 152/2006).

L'assoluta rilevanza ed il carattere prioritario delle attività di prevenzione dei rifiuti sono comprovati anche dalla recente adozione, nell'ordinamento dei principali Paesi dell'Unione europea, di uno o più programmi nazionali specifici per la prevenzione dei rifiuti. In Italia, l'articolo 180 "prevenzione della produzione di rifiuti", comma 1, del D.lgs. 152/2006 dispone che: "Al fine di promuovere in via prioritaria la prevenzione della produzione dei rifiuti, il Ministero dell'ambiente (...), adotta il Programma nazionale di prevenzione dei rifiuti (PNPR). Il PNPR fissa idonei indicatori e obiettivi qualitativi e quantitativi per la valutazione dell'attuazione delle misure di prevenzione dei rifiuti in esso stabilite." Il PNPR è stato adottato con Decreto direttoriale del 07 ottobre 2013 e successivamente aggiornato al 31/12/2016. Esso dovrà essere aggiornato nuovamente anche in considerazione del re-

cente recepimento nell'ordinamento giuridico nazionale delle direttive europee in materia di economia circolare e dei conseguenti obiettivi individuati in termini di gestione rifiuti. A livello nazionale, sono state anche individuate delle aree prioritarie di intervento per le attività di prevenzione dei rifiuti. Queste, nella predisposizione del nuovo PNPR, dovranno essere particolarmente attenzionate. Le tre aree prioritarie di intervento sono: 1) la prevenzione in materia di rifiuti biologici (con particolare attenzione agli sprechi alimentari ed allo sviluppo sostenibile dei settori legati alla bioeconomia anche per l'innovazione degli attuali cicli di produzione e consumo); 2) la prevenzione in materia di rifiuti pericolosi e di rifiuti plastici; 3) la prevenzione in materia di rifiuti da costruzione e demolizione (vista il loro peso nella produzione totale di rifiuti).

Il presente lavoro è volto ad offrire un quadro sintetico sulle potenzialità offerte dalla tecnologia dell'elettrofilatura per il recupero di scarti agroalimentari. Il trattamento con electrospinning (ES), ove correttamente pianificato e condotto, può infatti essere funzionale a un pronto reinserimento del materiale biologico di scarto recuperato nel ciclo produttivo, rappresentando, grazie ad una progettazione di ecodesign, un utile ed innovativo strumento per la prevenzione di rifiuti ad alto impatto ambientale.

2. Relazione

Nel contesto brevemente descritto, nell'ambito di una auspicata transizione verso sistemi economici circolari e nella consapevolezza delle priorità individuate, l'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA) del CNR mira a fornire il proprio contributo attraverso le proprie competenze, strutture e tecnologie, affiancando e supportando le istituzioni, chiamate ad adottare misure e strumenti fondamentali e funzionali all'implementazione del nuovo modello economico, nonché le aziende nazionali e le altre realtà impegnate nell'innovazione degli attuali cicli di produzione e consumo.

Le soluzioni proposte nel presente lavoro si configurano in linea con i principi cardine in materia di economia circolare [2-5] che prevedono, tra l'altro: una visione sistemica già dalle fasi di progettazione dei prodotti (ecodesign); la netta diminuzione dei rifiuti prodotti e dei conferimenti in discarica con un contestuale aumento della quantità di rifiuti biodegradabili riciclati; l'allungamento del ciclo di vita di materiali e prodotti; un ritorno del prodotto non riutilizzabile nel sistema naturale, tale da favorirne la rigenerazione.

Considerando la necessità di rafforzare la *waste management hierarchy* di cui all'articolo 4 della Direttiva n. 2018/851 (art. 179 del D.lgs. 152/2006), i maggiori sforzi dovrebbero concentrarsi sulla prevenzione del rifiuto nella fase di ideazione e progettazione del prodotto, attraverso il c.d. eco-design. L'eco-design può essere realizzato sostituendo l'utilizzo di materiali tradizionali, caratterizzati da forti impatti ambientali e da difficoltà legate alla scarsità crescente delle risorse, con elementi ricavati da scarti di origine biologica.

La bioeconomia è l'insieme dei settori che usano risorse biologiche rinnovabili dalla terra e dal mare per produrre cibo, materiali ed energia. Essa interessa e coinvolge da un lato l'agricoltura, la gestione forestale, la pesca, l'industria del cibo e della carta e dall'altro anche parte dell'industria chimica, biotecnologica ed energetica. Tutti questi settori sono dotati di un forte potenziale di innovazione per la moltitudine di aree scientifiche che interessano. L'Agenzia europea per l'ambiente propone, nelle proprie recenti pubblicazioni, l'applicazione in tandem delle buone pratiche legate all'economia circolare e alla bioeconomia. Nel nostro Paese, in particolare, anche grazie all'alto valore del nostro capitale naturale (secondo in Europa), la bioeconomia recita già ora un ruolo fondamentale e le potenzialità di sviluppo dei settori legati alla bioeconomia mostrano ulteriori eccezionali opportunità di crescita, proprio nel contesto di transizione verso un modello economico circolare. Un improvviso ed esasperato ricorso a materiali di origine biologica, non supportato da un'opportuna pianificazione territoriale

e conoscenza scientifica, potrebbe tuttavia comportare un eccessivo sfruttamento di alcune risorse naturali e generare conflittualità tra diversi settori industriali, con il conseguente emergere di externalità negative sia di carattere economico che ambientale. È necessario quindi guidare lo sviluppo della bioeconomia circolare in base alle peculiarità territoriali locali ed al livello di disponibilità delle risorse naturali, specie di scarto, individuando parallelamente criticità, caratteristiche e peculiarità specifiche nonché potenzialità di sfruttamento delle principali bio-filiere nazionali.

Le attività di ricerca dell'IIA si sono concentrate sull'ideazione di progetti di "bioeconomia circolare" che, grazie all'utilizzo di adeguate tecnologie, possano permettere la rivalutazione di scarti di origine agro alimentare ai fini di un loro pronto reinserimento nei cicli di produzione e consumo, attraverso una progettazione caratterizzata dall'eco-design. I progetti di ricerca in questione, attraverso una progettazione innovativa, mirano a conseguire un duplice obiettivo, in termini di circolarità: la prevenzione di rifiuti altamente inquinanti (attraverso una progettazione caratterizzata dall'ecodesign sarà possibile evitare la produzione di rifiuti inquinanti (ad es. plastici) derivati dal fine vita di prodotti/componenti di tipo tradizionale); la minimizzazione degli scarti agro alimentari (attraverso il trattamento previsto gli scarti) potranno essere reinseriti nel ciclo produttivo, con conseguenti vantaggi in termini sia ambientali che economici

2.1 La tecnologia dell'elettrofilatura

Grazie soprattutto all'eccezionale flessibilità che permette in termini di scelta del materiale biologico da trattare, l'ES è una delle tecnologie attualmente più interessanti per ottenere materiale plastico da risorse naturali non fossili. Attraverso il trattamento con elettrofilatura è infatti possibile ottenere polimeri organici nanostrutturati da microorganismi, piante, alghe e da numerosissimi scarti del settore agroalimentare. L'ES è una nanotecnologia emergente e potente in grado di fabbricare fibre polimeriche continue con morfologie e strutture diverse, capaci di formare tessuti fibrosi in una pletera di combinazioni. Comunemente a livello macroscopico il prodotto è un "tessuto" di spessore (da mm a cm) e dimensioni variabili (a seconda dell'uso e dello strumento utilizzato può variare da alcuni cm a decine di metri), a livello microscopico è composto da un intricato network di fibre tridimensionali interconnesse tra di loro. La tecnica risulta assai vantaggiosa in quanto è molto rapida e permette di ottenere un campione già secco (cioè senza la presenza di solvente) in modo da poter evitare successivi e costosi processi di essiccazione. Inoltre, i materiali elettrofilati offrono molti vantaggi, sia strutturali che funzionali. Un elevato rapporto superficie-volume, porosità indotta da struttura fibrosa intrecciata, tessitura superficiale su misura e altre proprietà fisiche modulabili sono i principali vantaggi strutturali delle fibre elettrofilate. D'altra parte, i loro vantaggi funzionali risiedono in una capacità di carico elevato dei composti funzionali, maggiore stabilità delle molecole bioattive, la possibilità di ottenere un rilascio controllato delle molecole incorporate e la possibilità di utilizzare polimeri (bio) [X]. L'effetto delle dimensioni nano-micrometriche delle fibre elettrofilate contribuisce al conferimento di un'attività superficiale molto elevata, che è desiderabile per sviluppare strutture interattive e/o intelligenti. L'elettrofilatura è inoltre una tecnologia riproducibile, a costi contenuti e scalabile a livello industriale: attraverso l'applicazione di un campo elettrico, è in grado di produrre nano-microfibre a partire da soluzioni polimeriche normali o composite. Il setup di base è costituito da un sistema siringa-pistone dove viene alloggiata la soluzione da elettrofilare, uno spinneret metallico connesso alla sorgente di voltaggio elettrico e un collettore metallico fisso o rotante. Quando viene applicato un campo elettrico in grado di superare la tensione superficiale della soluzione polimerica, quest'ultima si carica superficialmente e crea un getto uniforme e continuo. Durante il tragitto tra emettitore e

collettore si ha evaporazione del solvente e deposizione delle fibre che possono assumere architetture tridimensionali in funzione dell'applicazione richiesta (packaging, filtrazione, coatings, drug-delivery, sensori, tessuti, ecc).

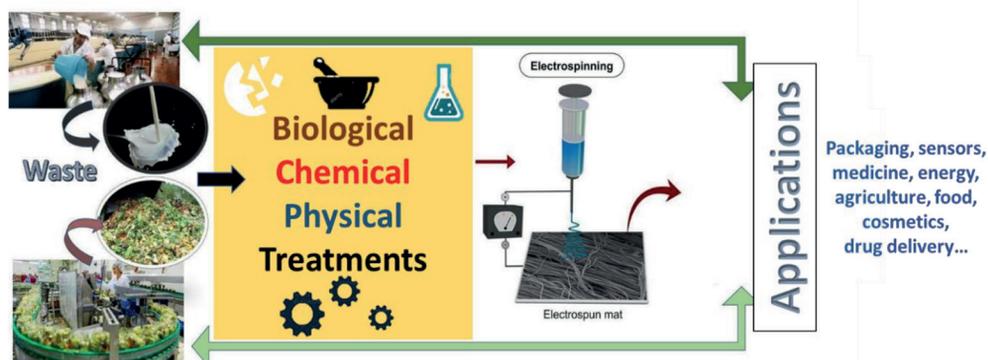


Fig. 2 – Rappresentazione grafica del trattamento con elettrofilatura di alcuni esempi di scarti agro alimentari per la realizzazione di polimeri ecocompatibili da reinserire nel ciclo produttivo.

La flessibilità della tecnologia dell'elettrofilatura permette di selezionare i materiali di scarto oggetto del trattamento funzionale e la loro reintroduzione nel ciclo produttivo in base alla loro reale disponibilità sul territorio ed al livello di criticità connesso alle modalità di smaltimento del rifiuto. Questo, specie nel lungo periodo, favorisce senza alcun dubbio la massimizzazione dei risultati attesi in termini di benefici ambientali e vantaggi economici per il sistema. Un ulteriore contributo alla riduzione dell'impatto ambientale viene dato dall'utilizzo di solventi eco-friendly durante la procedura di produzione.

2.2 Scarti agroalimentari selezionati e applicazioni proposte

Diverse considerazioni in merito alla natura ed alle caratteristiche proprie dello scarto agro alimentare considerato, nonché il livello di disponibilità territoriale e di problematicità connessa al trattamento dello stesso, hanno orientato la selezione dei rifiuti da sottoporre a trattamento con elettrofilatura funzionale al recupero nell'ambito dei progetti di ricerca dell'IIA. In tal senso sono stati coinvolti anche istituti del CNR, Università, Centri di Ricerca e alcune realtà imprenditoriali per valutare sotto vari aspetti le potenzialità e la fattibilità delle ricerche intraprese. Le biomasse di scarto selezionate e le relative motivazioni sono riepilogate nella seguente tabella.

Tipologia scarto	Caratteristiche tecniche e naturali	Criticità smaltimento	Disponibilità territoriale
Scarti del lattiero-caseario (siero, salamoie ed acque di filatura)	Contenenti proteine globulari elettrofilabili come caseina e betalattoglobulina	Necessità di smaltimento in discarica. A carico delle aziende produttive coinvolte	Alta nelle aree di produzione e lavorazione

Segue

<i>Tipologia scarto</i>	<i>Caratteristiche tecniche e naturali</i>	<i>Criticità smaltimento</i>	<i>Disponibilità territoriale</i>
Alghe marine infestanti	Ricche di biopolimeri quali alginati, polimeri solforati (es. carragenani) e polifenoli (es. flavonoidi) con proprietà funzionali e strutturali	Recano danni agli ecosistemi, necessità di smaltimento in discarica o attraverso incenerimento. A carico dei Comuni coinvolti.	Notevole in determinate aree
Scarti derivanti dalla lavorazione delle noci e delle nocciole	Contenenti residui ligneo-cellulosici (emicellulosa, cellulosa, lignina), tannini e oli, cere vegetali.	Sono spesso smaltiti attraverso incenerimento non controllato presso i siti di produzione	Alta nelle aree di produzione e lavorazione
Scarti di origine vegetale	Contenenti residui di cellulosa, emicellulosa e lignina, monoed oligosaccaridi (componenti strutturali e funzionali); antocianine, clorofille, polifenoli, carotenoidi, tannini (componenti funzionali)	A volte smaltiti attraverso incenerimento non controllato presso i siti di produzione o utilizzati come ammendanti (residui compostabili)	Notevole

Le applicazioni proposte mirano alla creazione di prodotti multifunzionali nanostrutturati volti a ridurre gli impatti ambientali nei sistemi agricoli implementandone la produttività e a sviluppare alcune tipologie di packaging alimentare completamente sostenibile caratterizzato da proprietà antimicrobiche e intelligenti.

3. Conclusioni

L'ES può essere considerata una tecnologia valida e promettente per implementare l'ecodesign nella fase di progettazione dei prodotti. Essa può, infatti, rappresentare uno strumento di fondamentale importanza per permettere la rivalutazione (attraverso trattamento ed eventuale funzionalizzazione) di determinate tipologie di scarti. Ove tale rivalutazione riguardi rifiuti di natura biologica e comporti la successiva reintroduzione degli stessi nei cicli di produzione e consumo, in sostituzione di prodotti o componenti di origine fossile, potrà essere definita come "azione volta alla prevenzione della produzione dei rifiuti" (massimo livello di desiderabilità tra le modalità di trattamento dei rifiuti, ex art. 179 del D.lgs. 152/2006).

Nell'attuale contesto nazionale, le proposte progettuali del CNR IIA, brevemente descritte nel presente lavoro, appaiono pienamente in linea con i principali indirizzi propri della recente normativa in materia di rifiuti ed economia circolare, nonché conformi alle reali esigenze del sistema Paese, che comportano sia la necessità di investire risorse nella ricerca scientifica per favorire un'innovazione radicale dei processi produttivi al fine di garantire un più razionale utilizzo delle risorse naturali e prevenire la produzione di rifiuti ad alto impatto ambientale, sia l'opportunità di rendere più efficiente e sostenibile il settore agricolo, nell'ambito di un'auspicabile ed opportuno sviluppo dei settori connessi alla bioeconomia nazionale. Le caratteristiche proprie della tecnologia dell'elettrofilatura permettono di sottoporre a trattamento numerose tipologie di scarto agroalimentare, fornendo, da un lato, la possibilità realizzare prodotti e componenti con diversi sbocchi di mercato, e, dall'altro, di attingere a diverse fonti di approvvigionamento, selezionate in base alla contestuale disponibilità territoriale ed al livello di problematicità ambientale e criticità economica connessa alle modalità smaltimento.

Bibliografia

- [1] **UNEP**, Global Resource Outlook, 2019; <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>
- [2] **McKinsey, Ellen MacArthur foundation** (2015). Growth within a circular economy vision for a competitive Europe; <https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe>
- [3] **Ellen MacArthur foundation** (2013). Towards the circular economy Economic and business rationale for accelerated transition; https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf
- [4] **Mari M., Macagnano A., Mazziotti C., Renzi M., Spiga O., Santucci A., Fardelli A.** (2021). Exploitation of overrun macroalgae as model to lead the circular economy transition and the bioeconomy growth, CNR press monography; ISBN.978-88-622-4021-5
- [5] **De Cesare F. Di Mattia E., Zussman E., Macagnano A.** (2020). A 3D soil-like nanostructured fabric for the development of bacterial biofilms for agricultural and environmental uses, *Env Sci Nano* 7 (9) 2546-2572

Il recupero dell'olio da skimmer: risorsa per l'ambiente e per l'azienda

Elisabetta Piana, ep@cjc.it Karberg & Hennemann srl, Modena

Riassunto

L'olio è sempre stato considerato un elemento di costo e non qualcosa da mantenere. La manutenzione dell'olio consente in primis la maggiore affidabilità del macchinario alla cui lubrificazione è destinato, oppure, nel caso dei bagni di tempra, ad una maggiore efficienza del processo e superiore qualità del prodotto, e in secundi la maggiore durata dell'olio con una riduzione significativa dell'impatto ambientale e dei costi della produzione. L'esperienza trattata in questo articolo si riferisce al recupero dell'olio dopo Skimmer nella produzione di viti e bulloni con forni in continuo [1].

Summary

Oil has always been considered a cost element and not something to maintain. Oil maintenance allows in primis the greater reliability of the machinery for whose lubrication it is intended, or, in the case of hardening baths, to a greater efficiency of the process and superior product quality, and in secundi the longer life of the oil with a significant reduction in environmental impact and production costs. The experience covered in this article refers to the recovery of oil after Skimmer in the production of screws and bolts with continuous furnaces [1].

1. Introduzione

La filtrazione dell'olio è una forma di manutenzione preventiva. Molti ancora oggi la considerano superflua, ma in verità è ormai consolidato che l'80% dei costi di riparazione e manutenzione è da imputare ad impurità presenti nell'olio. Come meglio dettagliato nel grafico seguente (Figura 1).

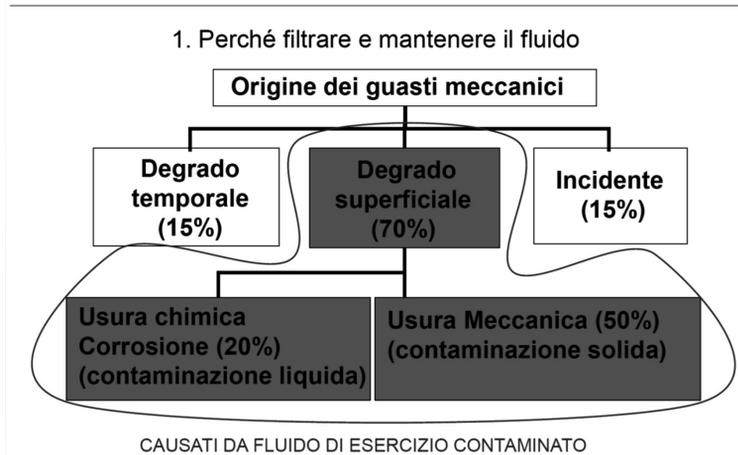


Fig. 1 – Origine dei guasti meccanici

In breve, facendo un paragone tra corpo umano e macchina, il sangue sta all’olio. Con una tecnologia molto semplice è possibile ridurre la presenza di contaminanti nel fluido, rallentandone l’invecchiamento e mantenendone le capacità lubrificanti, ottenendo così un minor fabbisogno di olio nuovo, minore smaltimento di olio esausto e maggiore affidabilità del ciclo produttivo. Nel caso specifico che andremo ad analizzare, tramite il trattamento dell’olio è possibile ridurre sensibilmente lo scarto di olio nuovo separandolo dall’acqua delle lavatrici dopo la pulizia dei pezzi.

2. Relazione

Tre sono i contaminanti dell’olio: particolato solido, morchie e acqua (Figura 2).



Fig.2 – Contaminanti dell’olio

Come entrano nel fluido? quali sono gli effetti che provocano? Come proteggere il fluido e perché? Quali i vantaggi della filtrazione? Quali gli effetti sull’ambiente dello smaltimento dell’olio esausto?

2.1 Vie di ingresso dei contaminanti

Le vie di ingresso dei contaminanti nel fluido possono essere esterne o interne al macchinario come illustrato nell’immagine seguente (Figura 3)

Le vie d'ingresso del contaminante

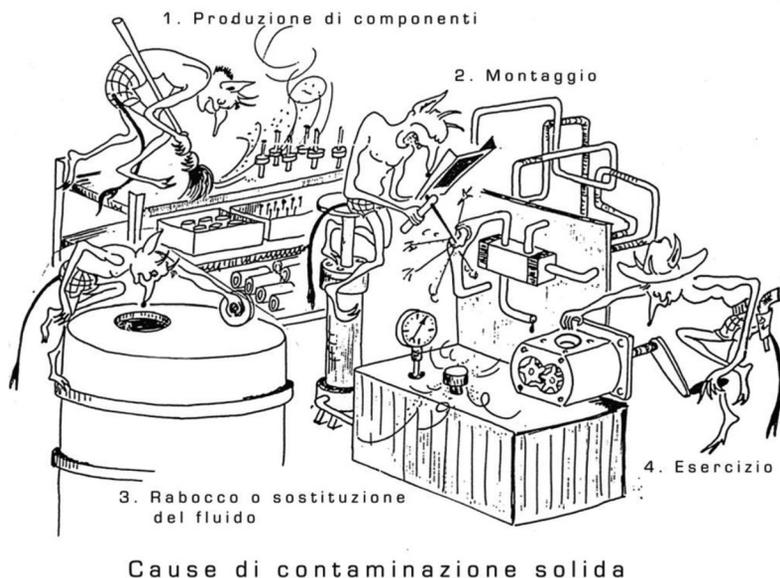


Fig.3 – Le cause di contaminazione dell'olio

Le vie esterne possono essere

A) olio nuovo: non sempre è così pulito come ci si aspetterebbe dovuto magari ad errori di stoccaggio o al trasporto (fusti tenuti in verticale anziché in orizzontale, cisterne non adeguatamente pulite);

B) Montaggio dei macchinari: i pezzi potrebbero non essere stati correttamente flussati e puliti;

C) l'ambiente è contaminato dal processo produttivo (trucioli, polveri) e se il serbatoio non è correttamente sigillato.

La via interna è dovuta all'esercizio. Il particolato solido si può formare per abrasione, per erosione e fatica.

A) Abrasione

Causata da particelle presenti nel fluido interposto fra due superfici in moto relativo, in particolare risultano estremamente pericolose le particelle aventi dimensioni confrontabili con quelle del meato fra le due superfici. L'usura determina la produzione di nuove particelle contaminanti e quindi innesca una reazione a catena (Figura 4).

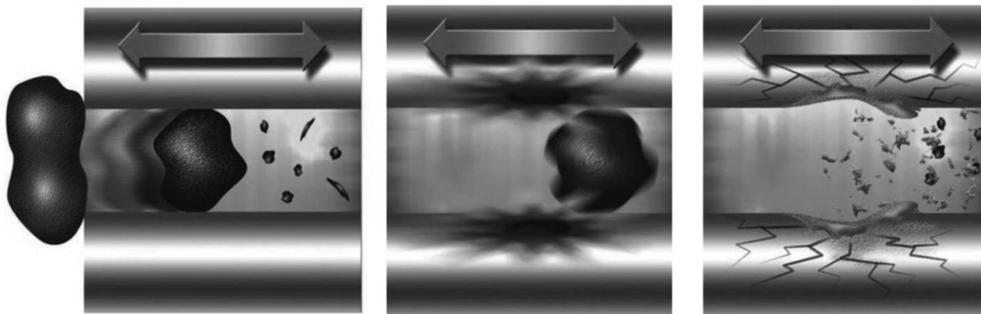


Fig.4 – Abrasione

B) Erosione

Causata dall'impatto di particelle trasportate ad alta velocità da fluido contro superfici fisse o mobili. È un processo lento (Figura 5).

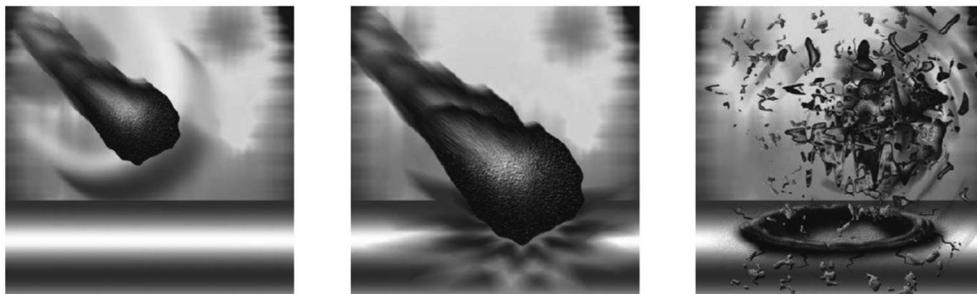


Fig.5 – Erosione

C) Fatica

Causata dalla concentrazione di sollecitazioni ripetute tra due superfici, eventualmente aggravata dalla presenza di particelle di contaminante che fungono da terzo corpo (Figura 6).

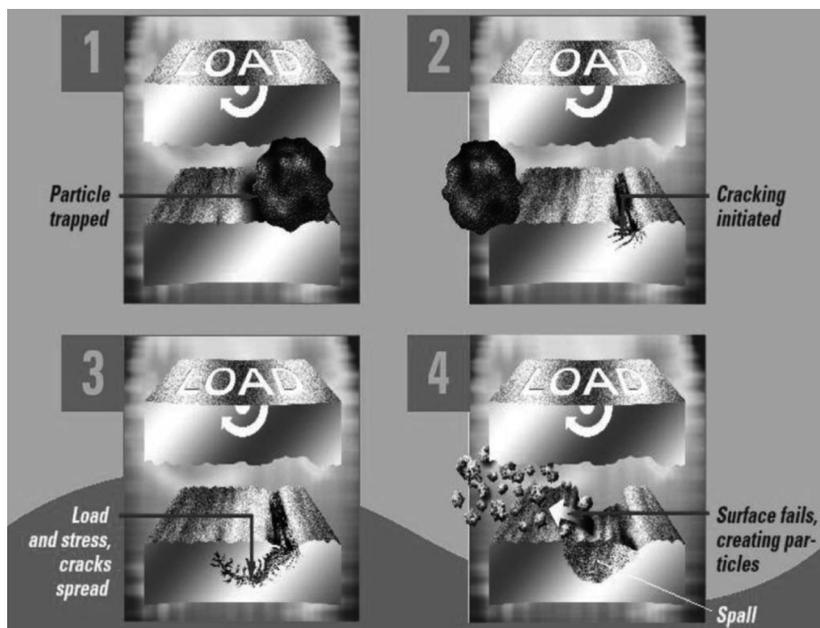


Fig.6 – Fatica

D) Usura chimica

La contaminazione chimica include acqua e prodotti di ossidazione alcuni metalli (ad es. rame).

L'acqua rappresenta in genere il 20% dei guasti meccanici. Riduce la lubrificazione dell'olio e i risultati in corrosione ed erosione che portano allo spalding (figura 7). Inoltre, agisce come catalizzatore nell'ossidazione dell'olio proprio come fa il rame. I prodotti di ossidazione formano uno strato appiccicoso su superfici metalliche ed è spesso indicato come varnish / morchie. Le particelle dure di tutte le dimensioni rimangono intrappolate nello strato appiccicoso, creando una carta vetrata come, superficie di macinazione.

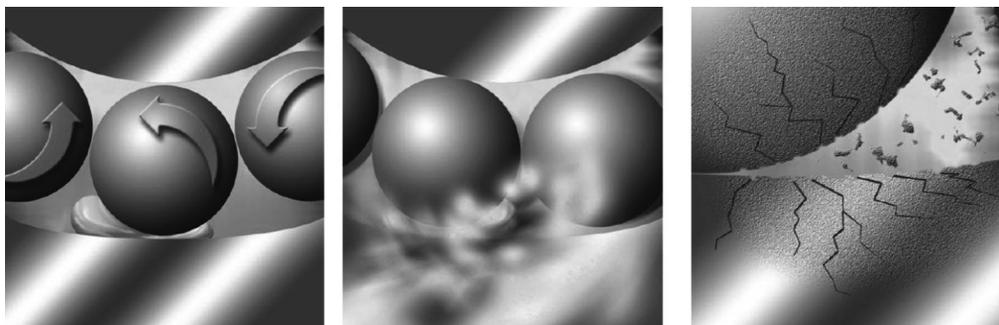


Fig. 7 – Usura chimica

2.2 Caso applicativo

Il sistema

Un forno in continuo è una tipologia di forno industriale per trattamento termico metalli in

cui non di ha la necessità di effettuare slot separati di carico ma è invece possibile portare avanti una produzione in serie: il materiale entra continuamente nella camera con un unico flusso così come ne escono i pezzi temprati . una produzione per la quale vengono utilizzati è quella delle viti/bulloni.

La produzione delle viti parte dalla trasformazione della vergella, fornita sotto forma di filo avvolto su appositi aspi. Mediante ricalcatura, la vergella assume la forma desiderata. Il procedimento avviene con deformazione a freddo. In officina, per la preparazione della vergella si applicano due trattamenti preliminari: il decapaggio, consistente in una serie di bagni negli acidi al fine di rimuovere ogni impurità superficiale, e la fosfatazione, che mediante l'applicazione di lubrificanti riduce gli attriti che si possono generare nelle successive fasi di lavorazione a freddo. La vergella può adesso subire il primo trattamento di deformazione detto trafilatura, che conferisce al materiale particolari proprietà quali l'incrudimento superficiale. A questo punto l'acciaio può entrare nella pressa per assumere la forma desiderata mediante l'operazione di stampaggio. È possibile dunque procedere alla filettatura delle viti. Essa può essere eseguita sia mediante asportazione del truciolo che mediante rullatura, ossia deformazione plastica del materiale stesso. La seconda metodologia, ovviamente, può essere eseguita solo su campioni di materiale caratterizzati da buona duttilità, e conferisce ai denti del filetto una buona capacità resistente, risultando essi costituiti da fibre addensate e non recise [2].

I singoli pezzi sono quindi pronti per il trattamento termico, che avviene su impianti di tipo continuo a tappeto, all'interno dei quali gli elementi vengono riscaldati a circa 800°C, temperatura alla quale si ha l'austenitizzazione dell'acciaio, comportante il cambiamento radicale della sua struttura interna originaria nota come perlite. Tale stato viene bruscamente raffreddato in olio o bagni di sali (fase della tempra) al fine di ottenere la martensite. Questa presenta indubbi pregi, quali l'elevata durezza ed una significativa resistenza meccanica; ad essa si associa una struttura macroscopicamente fragile e altamente tensionata. Si procede quindi al trattamento termico di rinvenimento, con nuovo riscaldamento degli elementi in acciaio. Dopo il trattamento i pezzi vengono lavati in lavatrici industriali.

L'acqua risulta quindi contaminata da olio e onde ridurne la componente viene passata attraverso dei diseolatori /oil skimmer. A valle del processo di diseolazione il fluido risultante non è riutilizzabile a causa dell'acqua emulsionata. La quantità di acqua è mediamente superiore a 10000 ppm. L'emulsione acqua-olio può essere recuperata solo in minima percentuale, la maggior parte è trattata con depuratore e successivamente smaltita. L'olio che viene raccolto è però inutilizzabile per il processo produttivo in quanto ha un alto contenuto di acqua emulsionata.

2.3 La soluzione

È stato testato un impianto che effettuato uno strippaggio dell'umidità dell'olio: l'olio viene riscaldato e passa attraverso un flusso di aria fredda la quale si carica dell'umidità presente nel lubrificante che evapora. Il flusso di aria viene normalmente raffreddato, al fine di far condensare l'acqua e scaricarla (Figura 8).

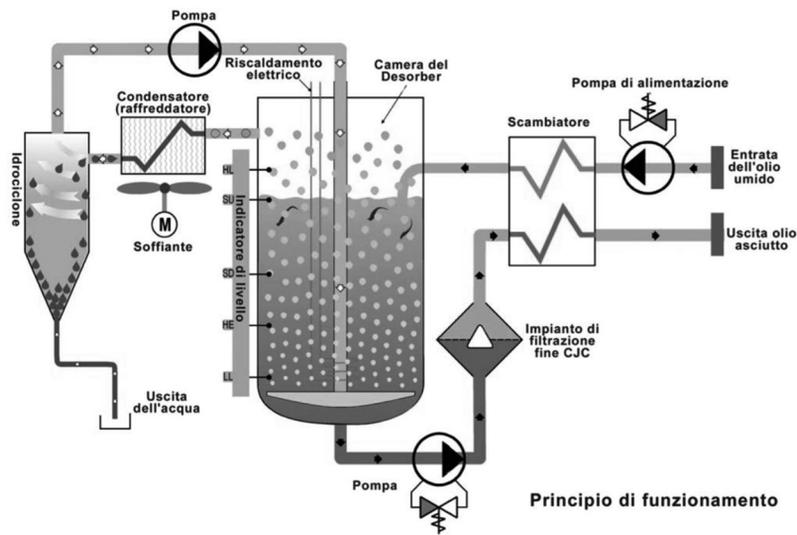


Fig. 8 – Principio di funzionamento

2.4 Il risultato

Nel caso specifico è stato possibile recuperare 4000 litri al mese con un notevole risparmio nell'approvvigionamento. Se poi si calcola che lo smaltimento di 1 lt di olio esausto causa 2,4 Kg di CO₂ anche l'impatto ambientale viene notevolmente ridotto (Figura 9).



Fig. 9 – Impatto ambientale

Bibliografia

www.cjc.it

www.bondoli-campese.com

La tecnologia “vacumido” applicata a una gamma di dispositivi “VOW” per la valorizzazione circolare della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU)

*Stefano Santini info@nesthome.it, Giuseppe Lattanzi, Antonio Barbadoro,
Nest s.r.l. Fabriano*

Riassunto

Questo progetto è stato iniziato in fase sperimentale nel 2013 e, con continui investimenti in ricerca, sviluppo, ingegnerizzazione e industrializzazione, sarà presentato in forma conclusiva entro fine del 2022.

Lo scopo della tecnologia brevettata definita “vacumido” applicata ad una gamma di dispositivi chiamati “VOW – Valorising Organic Waste” è quello di trattare con un processo naturale la biomassa all’origine dello scarto organico permettendo alla filiera di valorizzazione a cui sarà conferita, la più flessibile e ottimizzabile gestione, sia in termini di riduzione dell’impatto ambientale sia in termini di migliore opportunità economica.

Summary

This project run up with an experimental phase in 2013 and, continuously implementing investments in research, development, engineering and industrialization, it will be presented in final version within late 2022.

Since the origin of the production of organic waste, the purpose of the so-called “vacumido” patented technology applied to a range of devices called “VOW - Valorising Organic Waste”, is to allow a biomass natural treatment process that permit to the downstream valorization chain, the most flexible and optimizable management, both in terms of reducing the environmental impact and in terms of better economic opportunity.

1. Introduzione

Il progetto si sviluppa nell’ambito del trattamento degli scarti organici e parte da tre principi fondamentali scritti nella Direttiva europea quadro sui rifiuti 2008/98/CE che prevede:

l’art.4 sulla “gerarchia dei rifiuti” indica la volontà primaria di privilegiare la prevenzione per non trasformare lo scarto in rifiuto;

l’art.5 sulla definizione di “sottoprodotti” indica che una sostanza/oggetto può uscire dal suo status di rifiuto per agevolare la transizione verso l’economia circolare;

l’art.22 in merito alla “frazione organica dei rifiuti solidi urbani” (d’ora in poi FORSU) ne incoraggia il trattamento per elevare il livello di protezione ambientale e il relativo ottenimento di materie prime seconde.

Il progetto “VOW - Valorising Organic Waste” sviluppa una gamma di prodotti innovativi, concepiti per il detentore dello scarto organico, dotata di una tecnologia brevettata denominata “vacumido”, che ha lo scopo di trattare la FORSU senza alterazione chimico-fisica, per ottenere un “liquido nutriente” e una “biomassa stabilizzata” valorizzabili secondo le più opportune e convenienti logiche di economia circolare e di simbiosi produttiva.

La tecnologia “vacumido”, brevettata in Europa, è una tecnologia disruptive non presente sul mercato, che consente di sottoporre gli scarti organici provenienti dalla preparazione del cibo e dagli scarti della tavola ad un processo combinato composto da tecnologie mature ed affidabili che attivano un processo di “distillazione dolce”.

Il progetto è stato sviluppato fino alla realizzazione di un prodotto di livello TRL8 (Technology Readiness Level) che ha consentito di misurarne le performance sia di processo che di output di prodotto: caratterizzazione laboratoristica, quanto-qualificazione, certificazione e scenari di valorizzazione nell’ambito di filiere esistenti e/o di simbiosi industriali, come auspicato dal Sustainable Development Goals #12 dell’Agenda 2030.

Entro 2022-Q3 il progetto raggiungerà lo sviluppo di livello TRL9 con una validazione dell’industrializzazione e un’analisi di posizionamento dei prodotti “VOW” attraverso una produzione di un lotto pilota che sarà prioritariamente proposto per il rump-up di diffusione commerciale nei settori della ristorazione del canale Ho.Re.Ca. e, secondariamente, nel canale retail della distribuzione alimentare.

2. Relazione

Secondo l’ultimo Rapporto sui Rifiuti Urbani 2019 [1] la FORSU in Italia (lo scarto organico proveniente dalla lavorazione e preparazione di alimenti/cibo e dallo scarto della tavola) rappresenta il 40% (pari a 7,1 milioni di tonnellate) della raccolta differenziata, pari a circa 117,3 kg/pro-capite.

Il 69,1% di questo volume (pari a 4,9 milioni di tonnellate) proviene da scarti di cucine e ristorazione – il restante è generato dai rifiuti per la gestione del verde (26,8%) dal compost domestico (3,3%) e dall’attività mercatale (0,9%) – pari a circa 80 kg/pro-capite.

Questi numeri, anche se con variazioni territoriali più marcate rispetto alle aree geografiche Nord, Centro e Sud/Isole del nostro paese, sono riscontrabili a livello europeo dove, complessivamente la FORSU, in peso, è pari a circa 100 milioni di tonnellate [2].

È stato accertato che i rifiuti organici di cucine e mense (per il 70% composto da scarti dalla lavorazione e preparazione del cibo e per il 30% rappresentato da scarti della tavola) ha un contenuto liquido medio non inferiore al 50% sul totale della FORSU ed è questa frazione che contribuisce alla progressiva putrescenza dell’intera biomassa già a partire dal periodo d’attesa tra il conferimento e il ritiro (non risultano al riguardo dati sul contributo all’inquinamento aereo delle sostanze omogenee generate dal primo degradamento aerobico della biomassa), passando per i rischi igienici e l’insalubrità recata al personale addetto e ai mezzi preposti al ritiro e alla movimentazione – seppur assistita (non risultano al riguardo dati disponibili recanti la misurabilità dei rischi sulla salute degli operatori ecologici) fino ad arrivare, mediamente dopo tre giorni, ai siti di stoccaggio e trattamento, dove il rifiuto organico arriva in uno stato già avviato di putrefazione incontrollata, nella condizione di arrecare danno ambientale ai terreni, all’aria e alle falde acquifere.

2.1 Innovazione della tecnologia “vacumido”

La tecnologia “vacumido” è stata sviluppata per risolvere con una soluzione tecnologica innovativa il problema di evitare il processo di bio-decomposizione della biomassa nel punto in cui si genera lo scarto organico, utilizzando solamente le leggi della fisica e senza introdurre soluzioni acceleranti (meccaniche, fisiche e chimiche) di nessuna natura.

Questa tecnologia è protetta da un'invenzione industriale descritta come "Dispositivo per il trattamento di materiale organico" concessa dall'Ufficio Italiano Brevetti con n° 1423326 il 22/07/2016 ed esteso a livello europeo come invenzione industriale descritta come "Device for the treatment of organic material" in attesa di concessione da parte dello European Patent Office presso cui è depositato con domanda n° EP2930153A1.

L'invenzione consiste nella rivendicazione secondo cui una biomassa, inserita in una vasca resistente alla compressione da vuoto relativo, sottoposta all'azione combinata di una depressione (fino a 100 mbar) e al riscaldamento a bassa temperatura (fino a 50 °C), raggiunge un punto di ebollizione – secondo il Diagramma di Mollier - per cui la frazione liquida contenuta nelle fibre della biomassa tende a distaccarsi da essa attraverso il cambio di stato da liquido a vapore e superando così la resistenza al legame con la frazione organica.

La massa evaporata, agevolata dalla geometria con cui è progettata la vasca, è indotta ad uscire dal contenitore in cui si trova la biomassa e, per mezzo di un sistema condensante integrato alla vasca, viene a contatto con una superficie "fredda" che immediatamente la riporta allo stato liquido.

Attraverso un sistema di elettrovalvole, il liquido così ottenuto, raccolto nel fondo vasca, viene progressivamente fatto uscire dalla vasca e trasferito in un serbatoio compatibile con gli alimenti.

La biomassa, sottoposta a questo processo continuo, resta all'interno di un contenitore trattato nella sua superficie interna con una teflonatura anti-aderenza di alta qualità (la stessa usata per padelle e pentole compatibili con la cottura a induzione) che garantisce alla biomassa di non essere alterata da nessun fattore esogeno.

2.2 Vantaggi della tecnologia "vacumido"

La tecnologia "vacumido" è stata ideata e sviluppata tenendo in primaria considerazione un triplice obiettivo:

- 1) Essere poco energivora: riguardo l'aspetto energetico, questa tecnologia include questo obiettivo nel suo stesso principio ideativo, cioè creare un processo che porta ad ebollizione una biomassa a bassa temperatura (anziché a 100°C). Il prototipo TRL5 di partenza contiene già soluzioni che saranno sviluppate in questo progetto per massimizzare l'efficienza della tecnologia "vacumido" come l'adozione di energia ad induzione al posto di quella a resistenza e la condensazione in vasca che riduce del 20% la componentistica funzionale del prodotto;
- 2) Essere industrializzabile e scalabile: i prodotti "VOW", in tutte le applicazioni per cui saranno offerti al mercato, potranno essere equipaggiati con la tecnologia "vacumido" che è scalabile per dimensioni e per sofisticazione di controllo; ciò configurerà il progetto come una "piattaforma", riducendo i tempi e le risorse necessarie per l'industrializzazione, riducendo il numero dei componenti in quantità e standardizzazione, ottimizzando le soluzioni semplificate di produzione sia in fase di assemblaggio che di disassemblaggio e consentendo ad uno stesso chassis di accogliere le varie versioni che si deciderà di adottare per la logica di processo di cui sarà dotata la gamma dei prodotti;
- 3) Essere affidabile nel tempo e nelle performance: i prodotti "VOW" saranno caratterizzati da una completa accessibilità per la manutenzione in fase post-vendita e avranno una resistenza strutturale iperstatica che ne permetterà una durata del ciclo di vita non inferiore a 15 anni, finita la quale, potranno essere smontati per macro-assiemi funzionale, rigenerati, ricondizionati e ricertificati per essere riutilizzati su prodotti di nuova generazione. Riguardo la performance, i prodotti "VOW" saranno equipaggiati con componentistica severamente testata e potranno essere dotati di tecnologie di supervisione digitale dei parametri critici acquisibili anche da remoto in logica 4.0.

2.3 Valore aggiunto della tecnologia “vacumido”

Il principio tecnico fondamentale che innesca la forza innovativa del processo alla base della tecnologia “vacumido” è la capacità di trattare lo scarto organico di ogni mix tipologico e dimensionale (la quasi totalità delle attuali tecnologie proposte sul mercato e confrontabili al “VOW” ha dei limiti). Come è intuibile, lo scarto organico, per ogni cultura alimentare, ad ogni latitudine, per ogni periodo dell’anno e in base agli scarti ammissibili nella FORSU, è caratterizzata da un mix tipologico diverso che, secondo un’analisi ripetuta [3] negli anni, la caratterizza per oltre il 97% come frazione compostabile e per il restante 3% come “materiale non compostabile” (MNC).

Accade inopinatamente che, per natura dimensionale della frazione compostabile di certi scarti (come certe ossa animali, foglie di carciofo, sacchetti compostabili,...) e/o per natura tipologica di certi scarti di MNC (come tappi in sughero, tovaglioli di carta, stuzzicadenti in legno) tutte le tecnologie di prossimità che prevedono trattamenti di triturazione, vaglio e cottura, anche combinate, hanno criticità nella riduzione in peso e in volume della FORSU, peggio ancora se, accidentalmente, dovessero essere inseriti oggetti non previsti (come posate, tappi,...); il dispositivo “VOW” non ha nessuna criticità al riguardo perché ha un processo statico - riconducibile alla modalità con cui si preparano i cibi - dal quale, per effetto combinato di depressione e bassa temperatura, la frazione liquida contenuta nella FORSU riesce a separarsi dalle fibre della biomassa evaporando per poi essere condensata e convogliata, di nuovo sotto forma liquida, in un serbatoio certificato per la compatibilità alimentare.

Questo processo, inedito e unico nel suo genere, dimensionato per essere adottato dal produttore stesso dello scarto organico (in questo progetto l’attenzione è rivolta primariamente alla ristorazione commerciale e collettiva e allo scarto da preparazione del cibo a banco nella vendita alimentare al dettaglio), attraverso un processo fisico naturale e minimamente energivoro, che si avvicina ad una forma di distillazione, “smonterà” la frazione organica per ridurla a due sottoprodotti che nel progetto sono stati definiti:

- “liquido nutriente”: la componente liquida presente in ogni biomassa, evaporando dolcemente, si stacca dalle fibre organiche portando con sé sostanze caratterizzanti e “nutrienti” che, quindi, la rendono ricca di “metaboliti”, sostanze naturali molto interessanti dal settore della chimica organica fino a quello dei fertilizzanti naturali liquidi;

- “biomassa stabilizzata”: la componente fibrosa distillata dalla frazione liquida, riscaldata e agitata dolcemente, mantiene la sua natura organica inalterata composta da fibre animale e/o vegetale che la potranno rendere interessante dalla ricerca innovativa sui biocomponenti applicati ai settori più trasversali fino al pet-food di qualità;

“*Il ciclo lineare del cibo è maturo per la discontinuità*” [4] e le città, i maggiori centri di consumo alimentare – dove nel 2050 si concentrerà l’80% della popolazione mondiale - sono i maggiori produttori di scarti organici. Ogni anno le città generano oltre 600 milioni di tonnellate di rifiuti organici, di cui solo il 2% è recuperato e ricondotto nelle attività produttive. In economia circolare questi materiali organici sono visti non come rifiuti ma come materie prime per altre parti dell’economia: da un costoso ciclo dei rifiuti dovrebbero essere condotte verso nuove forme di potenziale valore aggiunto. Se gli scarti organici fossero relativamente puri, i materiali potrebbero essere utilizzati per produrre prodotti di alto valore come tessuti per abiti (es. Orange Fiber, DueDiLatte), materiale strutturale per imballaggi e mobili (es. Ecovative, RiceHouse) o nuovi prodotti alimentari innovativi (es. Canvas, Planetarians)”.

Lo sviluppo del progetto ha seguito (e segue) un cronoprogramma che consente di tracciare l’attività operativa secondo la progressione del Technology Readiness Level a partire dal livello #5.

2.4 TRL5 (Marzo 2019 / Maggio 2020)

Il prototipo di livello TRL5 è stato analizzato da un punto di vista progettuale attraverso un processo di re-design che ha riguardato la struttura (base, montanti, traverse, accoppiamenti strutturali), i macro-assiemi funzionali (assieme vasca/cesto, assieme sportello, assieme di scarico), gli assiemi attuatori (circuito del vuoto, riscaldamento a induzione, impianto di condensazione), la logica e la sensoristica (elettronica di controllo, sensori di funzionalità, sensoristica di sicurezza, sensori di controllo, interfaccia utente, impianto cablaggio) e le parti estetiche (lamiere di tamponamento, componentistica ergonomica, parti estetiche). Il modello matematico ha subito un upgrading progettuale in ottica design for disassembling and recycling (applicazioni di metodi progettuali che tengano conto dell'uso di materiali ad elevato grado di riciclabilità, di soluzioni monomateriche per componenti e assiemi, della reversibilità dei processi per un facile smontaggio, della durabilità degli assiemi per prevedere riusi "non a cascata", etc...). A ciò si è aggiunta una fase di engineering con focus sulle caratteristiche tecnologiche dei componenti strategici e sulle loro performance in termini energivori e affidabilistici.

L'intero sviluppo è stato sottoposto ad una fase di "cost analysis", permettendo la selezione di un parco fornitori adeguato e la valorizzazione della distinta base consentendo l'avvio della fase di approvvigionamento per la produzione di un lotto di un apparecchio di livello TRL6 utile per l'avvio della fase di testing, inclusa la definizione delle modalità e dei criteri per il protocollo di esecuzione dello stesso.

2.5 TRL6 (Giugno 2020 / Gennaio 2021)

La fase di "beta testing" è durata circa un trimestre ed è stata effettuata sia presso la sede dell'investimento con approccio più laboratoristico per analizzare le performance su campioni di scarti organici industriali, sia presso strutture rappresentative della ristorazione commerciale e/o collettiva in area Marche Nord per verificare la performance del processo sul campo e per ottenere un feedback sulla funzionalità e sulle ergonomie d'uso.

La quantità di "liquido nutriente" e "biomassa stabilizzata" opportunamente stoccata è stata progressivamente sottoposta ad analisi chimico-fisiche certificate, riportando risultati quanto-qualitativi per elementi significativi all'interno della categoria delle sostanze caratterizzanti, delle sostanze nutrienti, delle sostanze potenzialmente tossiche e dei patogeni.

In parallelo a questa attività, in ambito engineering, sulla base dei risultati e delle osservazioni acquisite in fase di testing sul grado di performance degli apparecchi "beta", è stata avviata una fase di re-design critico con procedura DFMEA (Design Failure Mode and Effects Analysis) che ha permesso di misurare i gradi di criticità e di non-affidabilità qualitativo-prestazionale del dispositivo al fine di attivare una serie di correttivi progettuali da apportare nello sviluppo del prodotto.

2.6 TRL7 (Febbraio 2021 / Aprile 2021)

Questa fase è stata caratterizzata da tre attività parallele:

2.6.1 Life Cycle Assessment

Con la collaborazione di un organismo di ricerca operante nel settore delle biomasse è stata eseguita una valutazione del ciclo di vita del VOW, consistente in un processo oggettivo di valutazione dei carichi ambientali connesso al suo "processo > prodotto > servizio > fine vita" attraverso la redazione e la valutazione degli ingressi, delle uscite e degli impatti potenziali sull'ambiente della piattaforma VOW.

Il riferimento normativo rispettato dalla metodologia LCA è quello dalle norme ISO della serie 14040. L'output di questo strumento ha consentito di:

1. Identificare, all'interno del ciclo di vita del prodotto, le fasi in cui è possibile introdurre utilmente miglioramenti delle performance ambientali;
2. Dare un supporto tecnico scientifico nelle fasi di pianificazione strategica, miglioramento del prodotto e design in fase di industrializzazione;
3. Creare un "marketing tool" anche in ottica di green labelling (EPD, Ecolabel) del prodotto VOW;
4. Dotarsi di un "benchmark tool" per confrontare, dal punto di vista delle performance ambientali altre soluzioni alternative presenti sul mercato.

2.6.2 *Certificazione*

Con il supporto di una società di certificazione accreditata nei settori dell'agroalimentare, dei beni di consumo, della ristorazione, dei servizi tecnici e professionali, è stato intrapreso il percorso di riconoscimento delle conformità e delle prestazioni del "VOW". In una fase iniziale con le certificazioni relative alla compliance con le normative di base (CE, Direttiva macchine, ...) fondamentali per completare il percorso di engineering. Successivamente si valuterà, sulla base della LCA eseguita e sulla strategia di marketing primaria, verso quale tipo di norma ambientale europea orientare la procedura di certificazione rispetto alla compliance ambientale. Riguardo agli output di processo "liquido nutriente" e della "biomassa stabilizzata" si è proceduto ad avviare uno studio di prefattibilità e di opportunità per identificare la migliore procedura di certificazione rispetto alle norme vigenti.

2.6.3 *Business model*

Gli orientamenti forniti dalle attività di LCA e di certificazione hanno consentito di revisionare il modello di business target insieme ad eventuali sopraggiunti sviluppi normativi nell'ambito delle norme nazionali in materia di valorizzazione dei rifiuti organici in ambito di economia circolare.

2.7 *TRL8 (Aprile 2021 / Ottobre 2021)*

Nel processo di avanzamento del progetto si avvierà la fase di industrializzazione che terrà conto di tre aspetti fondamentali:

1. Il livello di versionabilità minimo della gamma di prodotti secondo la logica dell'offerta tecnologico/commerciale "basic > premium > professional" rispetto all'aspettativa del mercato di ingresso;
2. Il livello di sinergia industriale e commerciale con fornitori strategici che, nel corso dello sviluppo del progetto, dovessero aver riconosciuto nel progetto "VOW" un'opportunità di business;
3. Il livello CapEx di investimento produttivo in base ad una capacità produttiva equilibrata rispetto agli obiettivi di "short-mid term" del business plan.

Questa matrice S.W.O.T. (punti di forza, di debolezza, di opportunità, di pericolo) sarà applicata all'industrializzazione del prodotto

Questa fase terminerà con la produzione a distinta base e processo validato per un lotto pilota di 20 apparecchi "VOW" che saranno rappresentativi del livello tecnologico TRL9, obiettivo di questo progetto.

3. Conclusioni

La descrizione delle caratteristiche innovative della tecnologia "vacumido" cela una più ambiziosa innovazione di carattere culturale che, per gli scopi di progetto, si traducono in marketing strategico sulla diffusione delle pratiche di circolarità innovativa applicata agli scarti organici; ebbene, la tecnologia "vacumido", volendosi definire con il claim "distillazione dol-

ce”, vuole enfatizzare e rimarcare che il processo di trattamento dello scarto organico non lo sottopone a nessun tipo di stress chimico-fisico, non lo snatura da un punto di vista organico, non gli impone nessun tipo di trattamento accelerato meccanico o chimico.

In definitiva, la tecnologia “vacumido” vuole affermare il rispetto e il valore per lo scarto organico tanto quanto ogni individuo rispetta e dà valore agli alimenti che prepara e di cui si ciba, da cui lo scarto organico stesso proviene. Come non permettiamo che una ricetta venga “alterata” con ingredienti non sani alla salute e/o spiacevoli al gusto, con la stessa convinzione la tecnologia “vacumido” prende in carico gli scarti organici con lo stesso rispetto e la stessa logica affinché il processo produca un risultato di valore equivalente, seppur in fase di post-consumo.

In ciò risiede il forte contributo che il progetto “VOW” vuole dare alla diffusione della cultura della “extended player responsibility” – prima ancora delle normative e delle imposizioni – per innescare processi di prossimità e circolarità per contribuire alla transizione.

Bibliografia

[1] **ISPRA**, Rapporto sui Rifiuti Urbani 2019

[2] **European Compost Network**, Status Report 2019

[3] **ISPRA**, Rapporto sui Rifiuti Urbani 2020

[4] **Ellen Macarthur Foundation**, Report “Cities and circular economy for food”

WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION

NUOVE OPZIONI GESTIONALI E STRUMENTI DI VALUTAZIONE PER ACCELERARE LA TRANSIZIONE VERSO L'ECONOMIA CIRCOLARE

L'impegno assunto recentemente dall'Unione Europea con l'iniziativa denominata "Green Deal", sui problemi legati al clima ed all'ambiente, ha come decisivo ambito di azione una riduzione significativa dei rifiuti ed una loro gestione adeguata, tale da azzerarne o minimizzarne l'impatto ambientale. Nel frattempo, l'emergenza sanitaria legata alla pandemia di COVID-19 ha significativamente alterato sia la quantità di rifiuti generati (con una diminuzione prevista dovuta in particolare al blocco parziale delle attività produttive), sia la loro composizione (con un incremento di plastica usa e getta utilizzata per motivi di prevenzione sanitaria, ad es. maschere e guanti), sia le modalità di gestione (essendo aumentata la probabilità di un rischio infettivo presente anche nei rifiuti urbani). Considerando gli obiettivi di lungo termine e gli eventi contingenti, la sessione presenta iniziative e progetti innovativi di prevenzione e gestione dei rifiuti, strumenti per l'applicazione di buone pratiche, metodi di misurazione degli impatti in una prospettiva di "ciclo di vita", modelli per la quantificazione dei flussi di materia e la valutazione della circolarità dei sistemi, casi studio di valutazioni di sostenibilità ambientale, economica e sociale.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo ATIA – ISWA, Società Chimica Italiana – Divisione CABG, Rete italiana LCA – GdL Gestione e trattamento dei rifiuti**

Presidenti di sessione:

- Fabrizio Passarini, *CTS Ecomondo, Università di Bologna*
- Fabio Iraldo, *Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa*
- Lucia Rigamonti, *Politecnico di Milano*
- Danilo Bonato, *Direttore Generale Erion*

Il caso di studio del dimensionamento del servizio di raccolta «Porta a Porta» nel Comune di Latina

Silvio Ascoli, silvio.ascoli@abclatina.it, ABC Azienda Beni Comuni di Latina, Latina

Chiara Pagano, chiara.pagano@abclatina.it, Latina

Anna Proietti, proietti.anna@virgilio.it, Latina

Alessandra Poletti, alessandra.poletti@uniroma1.it, DICEA-La Sapienza Università di Roma, Roma

Raffaella Pomi, raffaella.pomi@uniroma1.it, DICEA-La Sapienza Università di Roma, Roma

Riassunto

Il presente lavoro illustra la modalità attraverso cui dimensionare un servizio di raccolta rifiuti “porta a porta” nell’ambito di una ottimale gestione integrata dei rifiuti, in una realtà caratterizzata da diversi livelli di urbanizzazione. Il dimensionamento presentato in tale studio è stato applicato al Comune di Latina, la seconda città del Lazio dopo Roma per numero di abitanti, 126.151 (Istat 2017).

Il lavoro si integra con l’illustrazione dei dati di concreta attuazione del modello avviato in marzo 2021.

Summary

This work illustrates how to size a door-to-door waste collection service in the context of optimal integrated waste management, in a reality characterised by different levels of urbanisation. The sizing presented in this study was applied to the Municipality of Latina, the second largest city in Lazio after Rome in terms of number of inhabitants, 126,151 (ISTAT 2017). The work is complemented by the illustration of the concrete implementation data of the model launched in March 2021.

1. Quadro legislativo

Il Piano Regionale del Lazio di Gestione dei Rifiuti (PRGR) ha come scenario obiettivo quello definito I (minimale): riduzione della produzione dei rifiuti del 5% al 2025; aumento del livello di intercettazione dei biodegradabili a 77 kg/abxanno e 456,55 t/anno nel 2025; aumento annuale della %RD fino a raggiungere il 70 % nel 2025; raggiungimento del 63% di riciclo effettivo al netto degli scarti nel 2025 [1].

2. Introduzione

L’Azienda per i Beni Comuni di Latina, Azienda Speciale pubblica costituita dal Comune di Latina nel 2018, ha incaricato la società trevigiana Contarina SpA [2] di sviluppare il Piano Industriale per l’implementazione del servizio integrato di gestione rifiuti basato su un servizio “porta a porta con applicazione della tariffa puntuale”. L’obiettivo è quello di passare dal 76% di rifiuto indifferenziato nel 2018 al 30%, in linea con il PRGR [2].

Segue il dimensionamento del servizio di raccolta dei rifiuti “porta a porta”, oggetto di questo studio.

Aspetti positivi: Il primo, responsabilizzazione del cittadino (utente) rispetto ad una raccolta stradale che invece non disincentiva lo scorretto conferimento di rifiuto da parte del singolo. L'utente deve sottostare alle volumetrie di contenitori consegnatigli e al calendario con le relative frequenze, ciò fa sì che questo si interroghi maggiormente sulla sua produzione di rifiuto (comportamenti / abitudini di acquisto), oltre che ad avere l'onere della pulizia e dell'igiene delle proprie attrezzature.

Il secondo, garantire ottimi risultati sia in termini quantitativi e qualitativi. Obiettivo principale è la massima purezza del materiale da conferire agli impianti, poiché la qualità ne determinerà il costo di trattamento e la corretta valorizzazione e destinazione d'uso. La raccolta monomateriale è particolarmente efficace a tale scopo.

Il terzo, il miglioramento del decoro urbano con limitazione del fenomeno degli abbandoni su suolo pubblico.

3. Inquadramento del servizio di raccolta dei rifiuti nel comune di latina

Il vecchio metodo di servizio di raccolta del Comune di Latina è prevalentemente stradale ad utenza generalizzata con multimateriale pesante, cassonetti stradali misti e sacchi a terra dal quale si ottiene una scarsa qualità dei materiali e una importante contaminazione delle frazioni.

È inoltre presente il fenomeno della migrazione dei rifiuti dai comuni limitrofi, laddove è attivo il PaP spinto. Il vecchio sistema ha determinato continui abbandoni di rifiuti sul suolo fuori da orari e dai giorni definiti da calendario, ha influito negativamente sul decoro urbano, sulla perdita del controllo sui corretti flussi dei rifiuti, e sulla presenza di rifiuti speciali nel flusso degli urbani.

Nel vecchio metodo era prevalente l'uso di mezzi di grande volumetria a carico posteriore e compattatori a carico laterale. Nel nuovo metodo il servizio si effettua con mezzi più piccoli (vasche da 8 mc) a carico posteriore con mono-operatore, guida a destra e cabina ribassata. Nella nuova struttura si prevedono due tipologie di kit di contenitori (domestica e non domestica). Ne seguono frequenze di raccolta differenti **Fig. 1**. I mezzi conferiscono in semirimorchi da 50 mc, per il successivo trasporto ad impianto. Il metodo ottimizza i tempi di trasporto.

FRAZIONE	CENTRO STORICO SERVIZIO PLUS	ZONA URBANA SERVIZIO INTENSIVE	ZONA EXTRA-URBANA SERVIZIO STANDARD
SECCO NON RICICLABILE	3 v/sett  30 l	2 v/sett  30 l	15 gg  120 l
UMIDO	3 v/sett  25 l	3 v/sett  25 l	2 v/sett  25 l
PLASTICA E METALLI	3 v/sett  30 l	3 v/sett  30 l	1 v/sett  120 l
VETRO	1 v/sett  30 l	1 v/sett  30 l	1 v/mese  120 l
CARTA	3 v/sett  30 l	2 v/sett  30 l	15 gg  120 l

Fig. 1 – Frequenze di raccolta stabilite da Contarina Spa

4. Dimensionamento

4.1 Analisi del territorio

4.1.1 Analisi del contesto territoriale ed urbanistico

Il comune di Latina si estende per una superficie di circa 277 chilometri quadrati, secondo i dati Istat 2018 ha circa 126 mila abitanti e ha densità abitativa di 455 abitanti per km quadrato. Il tessuto urbano della città si distingue in tre tipologie: aree urbane con sviluppo degli edifici in senso verticale ed elevata densità abitativa, aree rurali caratterizzata da borghi e da zone a bassa urbanizzazione; area litorale, in parte urbanizzata ed in parte all'interno del parco naturale del Circeo. Quest'ultima si estende per circa 12 km. A livello morfologico, il territorio del comune è prevalentemente pianeggiante.

4.1.2 Censimento delle utenze domestiche e non domestiche

Dopo aver proceduto a georeferenziare con Qgis (software GIS, Geographic Information System) le utenze domestiche (52.830) e non domestiche (7.900) si è evinto come la loro distribuzione sul territorio comunale presenti un aggregamento di edifici nelle zone dei principali centri abitati della città e minore presenza fuori del centro urbano con addensamento lungo gli assi viari.

Il rapporto tra gli abitanti residenti e le utenze domestiche è pari a 2,39.

4.1.3 Suddivisione del territorio

Si è diviso il territorio in tre aree in ognuna delle quali far partire il nuovo servizio in un momento differente. La scelta è stata dettata dall'estensione del territorio e dall'elevato numero di abitanti. La partenza graduale permette di correggere i parametri e far assestare il modello rendendo il tutto più funzionante. Il territorio è stato diviso in maniera da avere in ogni fase un numero di utenze confrontabili e di avere sia zone ad alta densità abitativa che a bassa densità abitativa. Il territorio è stato suddiviso sfruttando limiti fisici quali strade o canali principali **Fig.2**. Si è scelto di avviare il servizio in primis nelle zone principali di accesso alla città al fine di ridurre, sin da subito, l'apporto esterno di rifiuti, problema esistente per la città di Latina.

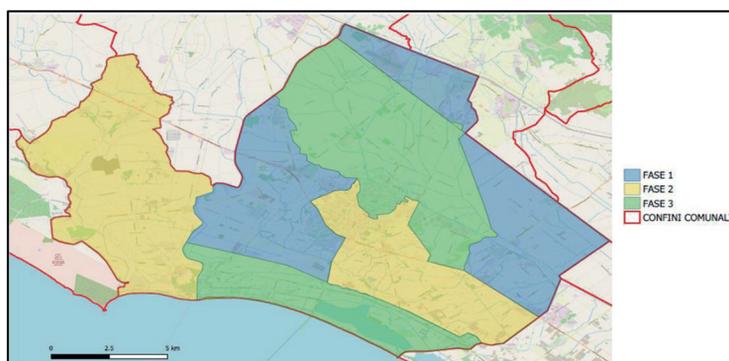


Fig. 2 –Suddivisione del territorio in tre aree

4.2 Produzione rifiuti attesa

La progettazione del dimensionamento è partita dalla tabella 6.4 del piano industriale [2] che rappresenta la produzione di rifiuti nell'anno 2018 e la previsione a regime, considerando la

riduzione del secco dal 76% al 30% (da 52.000 tonnellate a 18.500) e una riduzione della produzione pro capite da 549 a 493 kg/ab per anno.

4.3 Stima dei parametri di progetto

4.3.1 Produzione di rifiuto

Primo parametro di progetto è la quantità di rifiuto prodotto dall'utenza domestica e non domestica.

Partendo dalla tabella di cui al 4.2 ovvero (quantità totale di rifiuti prodotti), si è scomposta la quota parte prodotta dall'utenza domestica e la quota parte prodotta dall'utenza non domestica. Si è partiti dal calcolo dell'utenza non domestica seguendo il metodo esposto nel DPR 158/99 che tratta della definizione della tariffa dei rifiuti.

Il metodo utilizza il coefficiente di produttività, kd, attribuito ad una determinata tipologia di attività [4]. I comuni italiani vengono divisi in due classi, comuni sotto i 5.000 abitanti e sopra i 5.000 abitanti, in questa sottoclasse vengono suddivisi ulteriormente in base alla posizione geografica (nord-centro-sud). Individuata la fascia di appartenenza, che per Latina è 'comuni sopra i 5.000 abitanti-centro', le varie categorie di attività hanno un range di kd (max-min). Per la progettazione si è scelto un kd medio.

La produzione totale di rifiuti da parte di un'utenza non domestica è data dal prodotto tra kd e la superficie complessiva imponente relativa a una determinata tipologia di attività.

$$Q_{und} = \sum K_{d(ap)} * S_{tot(ap)}$$

Dove:

Q_{und} = quantità di rifiuti (kg) complessivamente prodotta dalle utenze non domestiche

$K_{d(ap)}$ = coefficiente di produttività

$S_{tot(ap)}$ = superficie complessiva imponente

Ottenuta la produzione totale di rifiuti delle UND occorre poi scomporla nelle diverse frazioni merceologiche. Si suddividono le attività in quattro categorie (ristorazione, commercio-alimentare, commercio-non alimentare, ufficio-scuole) **Fig. 3** alle quali sono associate diverse percentuali di composizione merceologica media [5].

% Composizione merceologica media per tipologia di utenza				
Materiali	ristorazione	Commercio alimentare	Commercio non alimentare	Uffici scuole
Carta	7	10	32	41
Cartone	6	11	40	31
Organico	58	57	3	3
Plastica	4	8	19	19
Vetro	22	7	3	3
metalli	2	3	1	1
altro	1	4	2	2
totale	100	100	100	100

Fig. 3 – Manuale anpa 6/2001- «definizione standard tecnici di igiene urbana» - tab. 2

Le percentuali di composizione merceologica media vengono ridotte per considerare la reale capacità di intercettare una data frazione merceologica, ad esempio, nella categoria ristora-

zione, si è ipotizzato di intercettare correttamente il 75% della produzione e la composizione merceologica media effettiva considerata sarà 44% anziché 58%. La produzione per ogni frazione per ogni attività è pari al prodotto tra la quantità di rifiuto totale e la percentuale merceologica effettiva.

Dal totale rifiuti (viene sottratta la produzione delle utenze non domestiche ottenendo la produzione delle utenze domestiche distinta per frazione merceologica **Fig. 4**.

$$Q_{tot} = Q_{ud} + Q_{und}$$

TIPOLOGIA RIFIUTO	kg/ab annuo tot	Previsione kg/anno	Kg/anno UND	Kg/anno UD	kg/AB anno UD	% UND	% UD
Umido	120	15,000,000	2,488,009	12,511,991	100.10	17%	83%
Plastica e metalli	57	7,125,000	1,908,230	5,216,770	41.73	27%	73%
SNR	148	18,500,000	4,503,677	13,996,323	111.97	24%	76%
Vetro	30	3,750,000	994,271	2,755,729	22.05	27%	73%
Carta	59	7,350,000	4,777,500	2,572,500	20.58	65%	35%

Fig. 4 – Produzione di rifiuto utenza domestica/non domestica

4.3.2 Coefficiente di esposizione

Secondo parametro di progetto è il coefficiente di esposizione, strettamente legato alla quantità di rifiuto prodotto, definito come il rapporto tra il numero medio di contenitori esposti in un giorno di raccolta ed il numero totale dei contenitori in quella zona. Questo parametro dipende sia dalla volumetria messa a disposizione all'utenza che dalla frequenza di raccolta.

Per calcolarlo quindi si è proceduto come segue:

$$C_p = C_{emin} \text{ arrotondato al multiplo più vicino di } 0,1; C_{emin} = \frac{V_r}{V_{rd}}; V_r = \frac{p_{RSU}}{\gamma_{RSU}}; V_{rd} = V_d * f;$$

Dove:

V_r : vol. rifiuti prodotti anno per utenza [l/anno*utenza]

p_{RSU} : tot. rifiuti prodotti anno per utenza [kg/anno*utenza]

γ_{RSU} : peso specifico rifiuto [kg/l]

V_{rd} : vol. di raccolta disponibile [l/anno*utenza]

V_d : vol. disponibile di progetto [l] = vol. contenitore [l]*coef. riempimento

f : frequenza di raccolta settimanale

C_p : coef. di esposizione di progetto

C_{emin} : coef. di esposizione minimo

4.3.3 Produttività delle squadre

Terzo parametro di progetto è la produttività delle squadre, ovvero il numero di prese effettuate in un turno lavorativo.

Questo parametro dipende molto sia dalla zona in cui si effettua il servizio sia dalla tipologia del contenitore che ha a disposizione l'utente (in quanto quelli di maggiore volumetria necessitano di aggancio posteriore nel mezzo e di conseguenza impiego di più tempo nello svuotamento).

Per calcolarlo:

$$P = \frac{t_{disp}}{t_{ef}} = \frac{(t_{turno} - 2 * t_{tr} - n * t_{sv})}{t_{ef}}$$

Dove:

P : produttività delle squadre [n° prese/turno]

t_{disp} : tempo a disposizione [s] «differenza tra le ore di lavoro giornaliero ed il tempo impiegato per trasferimenti e soste»

t_{turno} : durata turno di lavoro [s]

t_{tr} : tempo di trasferimento [s]

t_{sv} : tempo di svuotamento della vasca [s]

n : numero di svuotamenti della vasca [s]

t_e : Tempo di effettivo lavoro [s/presa] «tempo necessario allo svuotamento di un contenitore ed il trasferimento alla postazione successiva»

Si è effettuato il rapporto tra il tempo a disposizione, differenza tra le ore di lavoro giornaliero ed il tempo impiegato per trasferimenti e soste, e tempo effettivo, tempo necessario allo svuotamento di un contenitore ed il trasferimento alla postazione successiva. Quest'ultimo tempo è stato stimato direttamente su campo, andando ad analizzare una simulazione di servizio in aree con diverso tessuto urbano.

4.4 Calcolo numero di squadre e Definizione dei calendari

Il numero di squadre necessarie per effettuare il servizio di raccolta in una data zona si ottiene:

$$N_q = \frac{N_{ut} * C_e}{P}$$

Dove:

N_q = numero di squadre necessarie per zona

N_{ut} = numero di utenze domestiche / non domestiche della zona

C_e = coefficiente di esposizione

P = produttività delle squadre [prese/turno]

Dunque, il numero di squadre occorrenti in una data zona e per una data frazione merceologica è ottenuto dal rapporto tra il numero di utenze domestiche/non domestiche, corretto con il coefficiente di esposizione, e la produttività delle squadre.

Nel foglio di calcolo:

- è stato diviso il territorio in tante zone e stabilita per ognuna la tipologia di servizio (frequenza);
- è stato suddiviso il numero delle utenze per zona;
- è stato effettuato il calcolo tonnellate/giorno, volume/giorno, prese/giorno per ogni frazione per ogni zona;
- è stato effettuato il calcolo numero squadre e arrotondamento per eccesso.

Infine, si è proceduto ad accorpare zone per ottimizzare il servizio

4.5 Definizione dei giri di raccolta

Una volta ottenuto il numero di squadre necessario per effettuare il servizio, si passa a definire i giri di raccolta. Per farlo si deve dividere il territorio in maniera omogenea sia dal punto di vista delle utenze che per difficoltà di servizio (tipo di viabilità, presenza di aree a limitato accesso, ecc.) al fine di distribuire il più equamente possibile il carico di lavoro alle squadre.

Definiti i giri, ogni operatore avrà nel suo giorno lavorativo la mappa annessa di elenco vie sulla quale dovrà effettuare il giro di raccolta.

4.6 Monitoraggio del servizio

4.6.1 Raccolta dati e Taratura dei parametri di progetto

Avviato il servizio si procede con il monitoraggio. Questa fase è essenziale trattandosi di un sistema dinamico in cui occorre rivedere in un'ottica critica il dato calcolato.

Infatti, i parametri di progetto sono stimati ed essendo un sistema complesso, ci sono molteplici fattori al contorno che possono interferire. Con il monitoraggio si vanno eventualmente a rimodulare i parametri di progetto per far girare meglio il modello.

I dati della quantità di rifiuti raccolti, si estraggono dai semirimorchi, citati nel paragrafo 3.

Si vuole riportare in **Fig. 5**, un esempio di estrazione dei dati dal semirimorchio, in cui si ha la targa, peso lordo – tara e peso netto, targa del semirimorchio, modalità di funzione, data e ora.

```
$FY828SC;;2480;2480;0;110;;;XA401NZ;T;1;ACCENSIONE;;;03/05/2021;10:37  
$FY828SC;;2580;2480;100;110;;;XA401NZ;T;1;PESATURA;;;03/05/2021;10:41
```

Fig. 5 – Esempio di dati estratti dal semirimorchio

5. Risultati

A seguito di quanto fin'ora illustrato, si vogliono riportare in **Fig. 6** i risultati dell'applicazione del nuovo sistema di raccolta dimensionato come illustrato in questo studio.

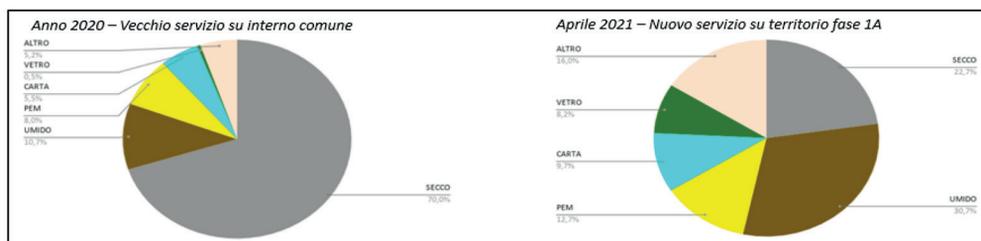


Fig. 6 – Confronto tra i due servizi di raccolta

Si vuole evidenziare come, anche se il servizio di raccolta è stato avviato parzialmente sul territorio comunale, già dal primo mese di avvio le percentuali di raccolta sono state totalmente ridistribuite rispetto l'anno 2020 e soprattutto come queste si avvicinino agli obiettivi del piano citati nel paragrafo 2, fino in alcuni casi anche a superarli.

Bibliografia

- [1] **Piano Regionale di gestione dei rifiuti della Regione Lazio**, Deliberazione del Consiglio Regionale 5 agosto 2020, n. 4.
- [2] **Piano industriale**, - Gestione integrata dei rifiuti presso il Comune di Latina, Contarina spa, 9 Luglio 2019.
- [3] **Linee guida per la gestione delle raccolte differenziate dei rifiuti urbani nella Regione Lazio**, 10 Aprile 2012.
- [4] **Decreto del Presidente della Repubblica - Regolamento recante norme per la elaborazione del metodo normalizzato per definire la tariffa del servizio di gestione del ciclo dei rifiuti urbani**, 27 Aprile 1999, n.158.
- [5] **Manuale anpa - Definizione standard tecnici di igiene urbana**, 6/2001.

Preliminary Assessment of Surplus food: The case of Coop Alleanza 3.0

*Giulio Mario Cappelletti giulio.cappelletti@unifg.it, Alfredo Ernesto Di Noia,
Giuseppe Martino Nicoletti, Dipartimento di Economia, Management e Territorio - Università
di Foggia, Foggia*

Summary

We carried out a preliminary assessment of surplus food at Coop Alleanza 3.0 by analyzing “the surplus food rate” of turnover (in value). This evaluation was related to size of the hypermarkets located in the Puglia and Basilicata regions in 2019 and concerned fruits and vegetables. The assessment was carried out with Kendall's tau-b coefficient with ties (τ_{test}) and the coefficient of determination (R^2). The results showed a significant ($\alpha = 0.05$) tau-b coefficient with a very high negative correlation ($\tau_{\text{test}} = -0.73$), which corresponds to a high coefficient of determination ($R^2 = 77\%$), denoting a tendency towards model goodness. Therefore, an increase in the store's surface area seems to be correlated with smaller food surpluses. The confirmation of the results for other product sectors should stimulate a management control system and determine the adoption of adequate working practices.

Riassunto

Abbiamo effettuato una valutazione preliminare delle eccedenze alimentari rispetto al fatturato (in valore) di Coop Alleanza 3.0. Questa valutazione era relativa alla superficie degli ipermercati localizzati nelle regioni Puglia e Basilicata nel 2019 e riguardava la categoria merceologica frutta e verdura. La valutazione ha impiegato il coefficiente tau-b di Kendall con legami (τ_{test}) ed il coefficiente di determinazione (R^2). I risultati mostrano un coefficiente tau-b significativo ($\alpha = 0,05$) con una relazione negativa molto elevata ($\tau_{\text{test}} = -0.73$) ed un coefficiente di determinazione elevato ($R^2 = 77\%$), che denota una tendenza alla bontà del modello. Pertanto, un aumento della superficie della struttura di vendita sembra essere correlato a minori eccedenze alimentari. La conferma dei risultati per altre categorie merceologiche dovrebbe stimolare un sistema di controllo di gestione e determinare l'adozione di adeguate pratiche lavorative.

1. Introduction

Improving of working procedures to reduce surplus food is now recognized as a priority in retail, for socioeconomic and environmental reasons, as part of a sustainable food system [1,2]. The UN adopted SDG 12.3, with the following aims “By 2030, halve per capita global food waste at the retail and consumer levels and reduce food losses along production and supply chains, including post-harvest losses” [3].

The EU has adopted this goal as part of its transition to a circular economy [4] and strengthened it in the “EU Farm to Fork” strategy [2].

Retailers are aware of their central role in achieving SDG 12.3, while contributing marginally to the generation of food waste. On the one hand, they have long been taking measures to prevent food waste [5-7].

On the other hand, the literature highlights a paucity of operations by retailers in minimizing/managing surplus food and food waste [6,8].

Retailers are inclined not to make data or work/managerial practices, available both to encourage green telling and to hide negative performance, such as the lack of uniform application of practices across the entire retail chain [8,9].

In the literature, even if recently considered important, the relationships between the dimensions and other characteristics of retail outlets have received little analysis [10-12].

In this paper, we carry out a preliminary assessment of surplus food at Coop Alleanza 3.0. The assessment was carried out by analyzing the surplus food rate of turnover (in value) in relation to the size of retail outlets. The analysis presented in this paper refers to a hypermarket group located in Southern Italy (the Apulia and Basilicata regions) in 2019 and concerns fruits and vegetables, as a representative food category for the phenomenon.

2. Materials and Methods

Coop Alleanza 3.0 is the retail parent organization that was studied. It belongs to Coop Italy, which is the second largest Italian retail company [13]. Coop Italy has reduced surplus food by up to 50% compared to all other large distributors organized by Italy [14]. Considering this achievement Coop Alleanza 3.0 could represent a useful example of best practices for large Italian retailers.

This case study assesses the relationship between the area of hypermarket groups located in Southern Italy (the Apulia and Basilicata regions) in 2019 and the surplus food rate of turnover (in value) (SF/T) related to fruits and vegetables as representative of the phenomenon. The dataset received from Coop Alleanza 3.0 comes from the period 2013-2019 and concerns three types of rates, including the SF/T for multiple food categories. SF/T indicates the percentage (in value) of the food surpluses (SF) (valued at purchase price) as compared to turnover (T) (valued at the selling price).

The available dataset seems consistent with the new common methodology provided by the EU for measuring food waste (FW) [15]. In fact, turnover of food products is allowed for retail sales. The database thus represents a starting point for adapting data to the EU measurement methods. In the future, it also will be necessary to homogenize the data on purchase prices for turnover.

The literature shows that food surpluses and food waste are concentrated in very perishable food categories such as fruits and vegetables. In fact, much FW is generated, in terms of both value and mass, in both in supermarkets and hypermarkets, although to a lesser extent in the latter [10,11].

In Italy, the estimated SF in 2012 and FW in 2018 indicated that the of fruits and vegetables product category had among the highest rates of both (5% and 21%) [16]. Thus, the category is considered representative of the phenomenon.

In this study, the preliminary assessment relating to hypermarket groups took place over two phases:

- Grouping based on the size and association of the SF/T; and
- Adoption of the evaluation methodology.

In the first phase, the surface areas of existing retail outlets in 2019 were obtained based on 2018 values provided by Coop Alleanza 3.0, excluding from the analysis outlets for which such an association did not exist (for example because it expanded over the years), by checking available company sources (for example in sustainability reports).

The types of retail outlets according to size subsequently were defined according to communications provided directly by Coop Alleanza 3.0 [17].

Table 1 lists hypermarkets with areas of 3,500-15,000 m² that were located in the Apulia and

Basilicata regions (only one retail outlet in the latter). They were divided into dimensional subcategories to which the SF/T was associated.

In the second stage, the preliminary assessment was carried out with a non-parametric correlation, specifically the tau-b Kendall coefficient with ties (τ_{test}), and the coefficient of determination (R^2), as a statistical measure for the regression model. They were used to verify the goodness of fit of the statistical model, in terms of predictivity.

We investigated the relationship between SF/T (Y) and the size of the stores (X). The τ_{test} uses a non-parametric methodology that calculates the correlation based on ranks between distributions of two variables with ordinal type scales X and Y. [18] [19]. The τ_{test} were carried out using specific software [20], and statistical significance ($\alpha = 0.05$) was calculated using Excel 2010 [21].

Significant results ($\alpha = 0.05$) of the τ_{test} were interpreted as follows:

1 between the two variables indicates a perfect positive linear agreement;

$1 < \tau < 0.50$ indicates a very high positive relationship (for tau-b values close to 1) or in any case quite high;

$0.50 < \tau < 0.20$ indicates a tendency to the positive relationship;

$0.20 < \tau < -0.20$ indicates a total absence of correlation (for $r = 0$) or a negligible tendency towards a positive or negative relationship (depending on the sign);

$-0.20 < \tau < -0.50$ indicates a tendency toward a negative relationship;

$-0.50 < \tau < -1$ indicates a fairly or very high negative relationship; and

-1 indicates a perfect linear negative agreement.

Subsequently, the significant τ_{test} were used to calculate the R^2 . Linear regression models were used to investigate the combined effect of the independent variable (X), constituting the size of the retail outlets, with respect to the dependent variable (Y), represented by SF/T.

Regression models were calculated to explain the percentage of the variation in the indicator determined by the increase in size of the retail outlet. R^2 is a statistical measure of how close the data are to the regression linear and was created with Excel 2007 [22] to evaluate the predictive model's goodness of fit.

For this verification, R^2 was converted to a percentage for easier understanding. If R^2 approaches 100%, this relationship can be considered as a good predictor. If R^2 is low, it can be deduced that the size of the retail outlets (X) can explain only a small percentage of the variation of the indicator (Y) within the group. In such a case, it is assumed that the indicator is influenced by additional factors such as staff behavior or specific aspects of the situation [12].

Hypermarket (H)	Size (m ²)	Hypermarket subcategories	SF/T (in value)
H1	10000	IV	1.35%
H2	10000	IV	1.27%
H3	5500	II	2.84%
H4	7000	III	1.88%
H5	10000	IV	1.25%
H6	10000	IV	0.84%
H7	10000	IV	0.78%
H8	7000	III	2.53%
H9	7500	III	1.27%
H10	7050	III	2.48%
H11	7000	III	2.04%

Table 1 – Surplus food rate of turnover (in value) (SF/T) of hypermarket (H) of Coop Alleanza 3.0 located in Apulia and Basilicata regions, their size (m²) and subcategories

Legend: Hypermarket subcategories (m²): I: 3500>4999; II: 5000>6999; III: 7000>9999; IV: 10000>15000.
Sources: our elaboration from database Coop Alleanza 3.0

3. Results and Discussion

The results show a significant ($\alpha = 0.05$) tau-b coefficient with a very high negative correlation ($\tau_{\text{test}} = -0.73$), corresponding to a high coefficient of determination ($R^2 = 77\%$), which denotes a tendency toward model goodness.

Therefore, a correlation seems to exist between increases a store's surface area and reduced surplus food rate of turnover (in value) (SF/T).

In this sense, a warning signal (WS) is generated for smaller hypermarket, which can be originated by many causes.

The Store managers ranked the causes of food waste (downstream from the generation of surplus food) in order of importance, as follows [7]:

1. High quality standards defined by the retail parent organization;
2. Execution problems among personnel (in terms of ordering and replenishment) caused by low motivation, insufficient personnel, lack of experience, and insufficient leadership and commitment;
3. Too much product allocated during promotional periods as well as marketing and visual merchandising creating volatile demand;
4. Delivery of products too close to their expiration dates;
5. Too much product allocated to a retail outlet;
6. Retail outlet engagement to facilitate 100% on-shelf availability of products, issues related to forecasting and replenishment, and the width and depth of product categories' ranges.

Briefly, these causes are attributable to organizational inefficiencies and/or infrastructural deficiencies.

A WS would trigger a management control system to verify the adoption of correct preventative measures and working practices for reducing food surpluses, including an adequate promotional system or a system of redistributing or donating food for human uses and as animal feed. This would help with implementing the appropriate corrective measures to improve performance and reduce the food waste generated.

Therefore, especially if the results highlight a large influence of store size on decreasing food surpluses, this correlation may be caused by organizational inefficiencies and/or infrastructural deficiencies in "smaller" stores.

The first practice implication is that preliminary assessment should stimulate a management control system and, if necessary, lead to the adoption of appropriate work procedures in a smaller hypermarket.

In Italian hypermarkets, despite their very significant absolute quantities of waste, they create, on average, 12% less food waste than supermarkets. This is clear from Table 1, in which the data are reported by size as the unit of measurement. Therefore, a larger store size could correspond to greater efficiency in managing food surpluses [23].

The large range of SF/T (0.8%-2.8%) shows the wide variation among the retail outlets of the studied group, with the upper margin being for smaller hypermarkets. The average value of SF/T for the hypermarkets in the present study (1.7%) is 24% lower than the estimated level for Italian supermarkets (2.1%) [10].

Hence, the trend over a longer period should be verified, which might be the subject of a subsequent study. Such a study should investigate whether our results are due to other influences, such as different work routines or planning and ordering requests [12,24].

It is worth considering that, for both hypermarkets and supermarkets, food waste very often is caused by ineffective personnel management in terms of a lack of adequate training and experience in executing work tasks as well as a lack of support in developing adequate motivation for a correct commitment to implementation work practices for reducing food surpluses through appropriate leadership.

The measures proposed to address these critical issues after the WS are as follows [7]:

- conducting activities for training and motivating store personnel,
- increasing the redistribution of edible food waste, and
- strengthening public policies.

In this sense, the differences between retail outlets could be decreased by expanding the dataset associating food surpluses, food donations and food waste to include some of the main characteristics of retail outlets such as work practices, job roles, and responsibilities between store managers and food category managers so that stores can adopt work practices correctly [11].

4. Conclusion

Our preliminary assessment is one of the first analyses of surplus food rates within a group of Italian hypermarkets managed by an Italian major retailer, determined as a function of size store and a reference geographical macro-area. This evaluation, which was carried out with Kendall's tau-b coefficient with ties (τ_{test}) and the coefficient of determination (R^2), has practical implications in providing Coop Alleanza 3.0 with a dashboard to quickly analyze food surplus trend within a group of retail outlets.

Confirming the present results in other product sectors should stimulate the management control system and determine the adoption of adequate working practices.

We think that our study could stimulate major retailers with negative performance to prioritize both strong management commitment and adequate dedicated resources for calibrating targeted strategies/measures such as training initiatives, operating procedures, and related control mechanisms for store managers, department managers, and department staff.

This involvement should take place through a bottom-up approach, beginning with analyzing the perceptions of the key players in the organizational processes related to preventing and managing food surpluses. In fact, although the managers of the product categories, consider in-store operations to be the main cause for retail food waste, they believe that the store managers are the main actors for implementing waste reduction actions, starting with food surpluses [11].

In this sense, it is necessary to calibrate the initiatives that concern them when developing communication strategies, in order to inform and encourage store managers effectively to take action against generating food surpluses.

Such actions are part of the dissemination of a culture of food surplus reduction. A corporate culture that allows information, awareness and specialist training plans in different types of retail outlets. This will allow group retail outlets to implement management practices more uniformly. Future research will expand the evaluation of all stores managed by Coop Alliance 3.0 grouped by size and geographical macro-areas, to other indicators, such as food donations and food waste, over a period of several years, along with the use of physical quantities.

References

- [1] **United Nations Environment Programme**, "Food Waste Index Report 2021", Nairobi, 2021.
- [2] **COM 381 final**, "Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee Of the Regions - A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system", Brussels, 20.5.2020.
- [3] **United Nation**, "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015", New York. 2015.
- [4] **COM 0614 final**, "Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy", Brussels, 2.12.2015.
- [5] **de Moraes C.C., de Oliveira Costa F.H., Pereira C.R., da Silva A.L., Delai I.**, "Retail food waste: mapping causes and reduction practices", *Journal of Cleaner Production*, 256, 2020.

- [6] **Horo's I.K., Ruppenthal T.**, "Avoidance of Food Waste from a Grocery Retail Store Owner's Perspective", *Sustainability*, 13, 550, 2021.
- [7] **Teller C., Holweg C., Reiner G., Kotzab H.**, "Retail Store Operations and Food Waste". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 185: 981-997, 2018.
- [8] **Huang I.Y., Manning L., James K.L., Grigoriadis V., Millington A., Wood V., Ward S.**, "Food Waste Management: A review of retailers' business practices and their implications for sustainable value", *Journal of Cleaner Production*, 285, 2021.
- [9] **Caldeira, C., De Laurentiis, V., Sala, S.**, "Assessment of food waste prevention actions: development of an evaluation framework to assess the performance of food waste prevention actions", EUR 29901 EN, Luxembourg (Luxembourg), Publications Office of the European Union, 2019.
- [10] **Cicatiello C., Franco S.**, "Disclosure and assessment of unrecorded food waste at retail stores", *Journal of Retailing and Consumer Services*, 52, 101932, 2020.
- [11] **Cicatiello C., Blasi E., Giordano C., Martella A., Franco S.**, "'If only I Could Decide': Opinions of Food Category Managers on in-Store Food Waste", *Sustainability*, 12, 8592, 2020.
- [12] **Lebersorger S., Schneider F.**, "Food loss rates at the food retail, influencing factors and reasons as a basis for waste prevention measures", *Waste Management* Vol. 34(11): 1911-1919. 2014
- [13] **Deloitte**, "Global Powers of Retailing", Deloitte, 2021.
- [14] **Invernizzi V., Balugani G., Longo D., Ravelli G.**, *Libro bianco Coop sullo spreco alimentare. Associazione Nazionale Cooperative di Consumatori - Coop Settore Politiche Sociali*, ISBN 978-88-87730-50-0, 2017. (in italian)
- [15] **OJEU.**, Commission Delegated Decision (EU) 2019/1597 of 3 May 2019 supplementing Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council as regards a common methodology and minimum quality requirements for the uniform measurement of levels of food waste, *Official Journal of the European Union*, L 248/77, 27/09/2019, 2019.
- [16] **Di Noia, A.E., Cappelletti G.M., Russo C.**, "Perdite alimentari, estensione della shelf life e impatto ambientale". In: *Estensione della shelf life nella filiera ittica ed analisi del ciclo di vita*, Edited by Alfredo E. Di Noia. Milano: FrancoAngeli editore Open access, pp. 57-70, 2019. (in italian)
- [17] **Personal communication**, "Type of Coop outlets, and related property surface on 2018", Department of Social Policy, Coop Alleanza 3.0, 23-24/07/2019.
- [18] **Kendall M.G.**, "A New Measure of Rank Correlation", *Biometrika*, 30, 81-93, 1938.
- [19] **Solian L.**, *Manuale di statistica per la ricerca e la professione: statistica unitaria bivariata, parametrica e non parametrica per le discipline ambientali*, Editore Uninova, Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Parma, 2005. (in italian)
- [20] **Wessa P.**, *Kendall tau Rank Correlation (v1.0.13) in Free Statistics Software (v1.2.1)*. Office for Research Development and Education, 2017. https://www.wessa.net/rwasp_kendall.wasp. (access 13/08/2021).
- [21] **Real statistics**, "Kendall's Correlation Testing with Ties", 2017. <http://www.real-statistics.com/correlation/kendalls-tau-correlation/kendalls-correlation-testing-with-ties>. (access 13/08/2021)
- [22] **Govoni L.**, "Regressione lineare semplice con Excel", 2021. <https://www.lorenzogovoni.com/regressione-lineare-excel>.
- [23] **Cicatiello C., Franco S., Falasconi L.**, *Gli sprechi alimentari nella grande distribuzione organizzata in Italia. Quantificazione e analisi dei prodotti alimentari smaltiti nei supermercati e ipermercati*, REDUCE, 2019. <https://www.sprecozero.it/wpcontent/uploads/2020/07/Report-AR4-GDO.pdf>
- [24] **Eriksson, M., Strid, I., Hansson, P.-A.**, "Waste of organic and conventional meat and dairy products – a case study from Swedish retail", *Resources, Conservation & Recycling*, 83, 44–52, 2014.

Contribution of authors

1, 3, 4 and References (Di Noia A.E., Cappelletti G.M.); 2 (Di Noia A.E.); Supervision (Nicoletti G.M.).

Acknowledgments

We would like to thank Mr. Mario Cifiello (President) and the Department of Social Policy of Coop Alleanza 3.0 for the collaboration received, who provided us with datasets and support for clarifications.

Good Plastic: strumenti per l'innovazione sostenibile e la comunicazione dei prodotti in materiali polimerici

*Pietro Costa p.costa@iuav.it, Laura Badalucco, Luca Casarotto,
Erika Coccato, Gioia Ghezzi, Francesca Pian
Università IUAV, Venezia*

Riassunto

La piattaforma Good Plastic è il risultato di una ricerca sviluppata nell'ambito del design dall'Università Iuav di Venezia, con il patrocinio della Regione Veneto e con la collaborazione di tre aziende del territorio appartenenti alla filiera della manifattura con materiali polimerici. L'attività ha focalizzato l'attenzione sulla capacità del design di essere catalizzatore di una innovazione particolarmente attenta alla sostenibilità ambientale e alla circolarità. La ricerca ha portato alla realizzazione di una piattaforma interattiva online, ad accesso libero, che offre tre strumenti operativi adatti a fornire supporto allo sviluppo di nuovi progetti e processi produttivi in ottica circolare e alla efficace e corretta comunicazione ambientale.

Summary

The Good Plastic platform is the result of a research project developed in the field of design by the IUAV University of Venice, under the patronage of the Veneto Region and with the collaboration of three local companies in the polymeric manufacturing sector. The activity focused on the ability of design to be a catalyst for innovation with a particular attention to environmental sustainability and circularity. The research led to the creation of an interactive online platform, with free access, that offers three operational tools suitable for providing support to the development of new projects and production processes in a circular perspective and to effective and correct environmental communication.

1. Introduzione

Il rapporto tra utilizzo dei prodotti in materiali polimerici e sostenibilità ambientale è argomento centrale nelle recenti riflessioni sulle strategie industriali e nelle politiche dell'Unione Europea. I temi di particolare urgenza riguardano da un lato la gestione del fine vita dei prodotti e le criticità delle conseguenze che può avere sugli ecosistemi e, dall'altro, la questione dell'approvvigionamento delle materie prime. A questi aspetti si aggiunge la necessità di impostare e definire una corretta comunicazione ambientale su questi aspetti che eviti i rischi del greenwashing. Recentemente il comparto produttivo e di lavorazione di materiali polimerici ha iniziato ad operare un cambiamento a seguito dell'introduzione di varie direttive e normative a livello nazionale ed internazionale quali la UE 2019/904 [1], il CEAP 2.0 [2]. Tra le iniziative promosse per mettere in atto un cambiamento consapevole e responsabile, vi è

la *New Plastic Economy Vision* (NPEV [3]) promossa dalla *Ellen MacArthur Foundation*. Al centro di questa visione c'è l'idea di promuovere un'economia circolare per la plastica in cui questo materiale non diventi mai rifiuto. Per attuare questo modello sono necessarie tre azioni fondamentali: «Eliminare tutti gli articoli di plastica problematici e non necessari. Innovare per assicurare che la plastica di cui abbiamo bisogno sia riutilizzabile, riciclabile o compostabile. Far circolare tutti gli articoli di plastica che usiamo per mantenerli nell'economia e fuori dall'ambiente» [4]. I futuri ed inevitabili cambiamenti che si prospettano all'interno della filiera richiedono la presenza di uno strumento che supporti le aziende in un percorso di sempre maggiore sostenibilità ambientale e nell'attivazione di processi rigenerativi. Da tali premesse nasce il progetto Good Plastic, basato sulla convinzione che il design sia capace di generare nuove connessioni tra gli attori della filiera di riferimento e possa essere portatore di innovazione a livello trasversale, proponendo buone pratiche nell'ambito della pianificazione, progettazione e comunicazione dei prodotti in materiali polimerici. A tal proposito, la scelta di unire queste complesse tematiche in un'unica piattaforma interattiva online e ad accesso libero, è data dalla consapevolezza che al giorno d'oggi non è più possibile affrontarle in maniera separata e che per attuare un vero cambiamento è necessario lavorare in maniera sinergica sui diversi livelli e con i vari attori della filiera.

2. La piattaforma Good Plastic

L'innovazione nei processi di produzione e consumo responsabile dei materiali polimerici richiede un ripensamento del sistema economico-produttivo secondo tre diverse scale: la pianificazione dei processi e delle produzioni, la progettazione dei prodotti e la comunicazione. Questo lavoro si inserisce in un contesto in cui tali argomenti vengono quasi sempre affrontati in maniera separata e in cui le informazioni sono spesso difficili da raccogliere o richiedono una ricerca puntuale e dispendiosa a livello di tempo. Uno degli obiettivi di questo progetto è stato quello di colmare questa lacuna, fornendo un mezzo utile, pratico e facilmente consultabile. I tre strumenti operativi presenti all'interno della piattaforma Good Plastic (consultabile all'indirizzo web www.goodplastic.eu), intendono accompagnare e guidare gli utenti nelle decisioni aziendali connesse all'innovazione di processo, di prodotto e nella realizzazione di un'efficace e corretta comunicazione ambientale. La necessità di venire incontro alle specificità dei vari attori della filiera plastica e dei differenti ruoli e reparti all'interno delle aziende, ha portato a declinare con differenti modalità di fruizione tre sezioni principali che compongono la piattaforma (Fig. 1), basandosi su diversi target di utenza (manager, designer, comunicatori). La prima sezione, denominata *processi*, sfrutta la modalità del questionario, proponendo domande dirette per una facile e veloce esecuzione. La seconda sezione, denominata *prodotti*, offre una guida per la progettazione responsabile, indirizzata a designer, per favorire un design circolare. La terza sezione, denominata *comunicazione*, aiuta le aziende a progettare strategie di comunicazione ambientale corrette ed efficaci attraverso un decalogo che usa lo strumento delle carte. A fare da corollario al lavoro sono state create tre pagine funzionali alla comprensione della ricerca che ne descrivono il contesto, la base metodologica e offrono un glossario terminologico, per supportare scientificamente le affermazioni riportate nella piattaforma. Il design, in questo progetto, ha permesso di costruire un modello di interazione innovativo e in questo senso, vuole evidenziare come il ruolo del designer possa diventare veicolo di informazioni nonché un mediatore in grado di generare connessioni tra comparti anche differenti della stessa filiera.



Fig. 1 – Previsualizzazione della versione responsive della piattaforma Good Plastic

2.1 Il percorso per operare scelte gestionali

Le scelte effettuate nel contesto della pianificazione aziendale sono essenziali per poter realizzare un sistema che crei meccanismi concatenati. Nell'ambito della ricerca sono state prese in considerazione le azioni che innescano processi sostenibili, tenendo come punto focale la successione di questi e la conseguente dipendenza di ognuno da quelli precedenti e successivi. Su questo concetto si è voluto proporre uno strumento rivolto alle aziende che hanno la necessità di avere delle linee guida rispetto alla pianificazione, alla produzione e alle scelte intrinseche ad essa, basato su sistemi sostenibili e circolari. Grazie ai consigli offerti dallo strumento, l'organizzazione potrà fare scelte consapevoli per transitare verso una gestione e una produzione sostenibile. La scelta è ricaduta su un questionario per offrire all'utente uno strumento che possa essere compilato in maniera autonoma, veloce e online. Questo crea un percorso di decisioni che porta ad aggiornarsi sulle normative vigenti riguardanti il tema affrontato, ad interrogarsi sulle azioni finora seguite, a proporre scelte differenti che siano in linea con un processo sostenibile e/o circolare e ad informare rispetto alle nuove opportunità. Lo scopo è che l'utente possa acquisire nuove nozioni ed attuare possibili azioni, in modo da innescare un confronto con le scelte gestionali e produttive adottate rispetto a quelle proposte per scegliere possibilità più sostenibili. Lo strumento diventa perciò un manuale per un processo produttivo che abbia un basso impatto ambientale, mirando ad ottimizzare la gestione, il design, i processi e lo smaltimento. Le tematiche affrontate sono 13: origine, materiali, progettazione, allungamento vita dei macchinari, produzione, etichettatura, monitoraggio, consumi, scarti, riciclo, smaltimento, scarichi ed inquinamento. Si è voluto proporre questi argomenti per coprire tutte le fasi del processo aziendale riguardante la gestione degli approvvigionamenti, della produzione e del fine vita. Ogni tema presenta un numero di domande differenti in quanto ogni questione ha livelli di approfondimento diversi. Lo strumento è suddiviso in due momenti: una parte attiva, determinata dalla compilazione del questionario, e una consultiva dove vengono raggruppate le risposte affiancate da consigli e implementazioni rispetto al tema. Il primo step si presenta suddiviso in tre parti (Fig. 2): la domanda con risposte chiuse per facilitare il completamento del questionario; la definizione del tema per circoscrivere l'argomento trattato; lo stato attuale in Italia, usato come leva strategica, dove sono citate le azioni intraprese dalle aziende più virtuose e la percentuale di applicazione (ricavato da una mappatura delle aziende italiane presenti in Federazione Gomma Plastica [5]).

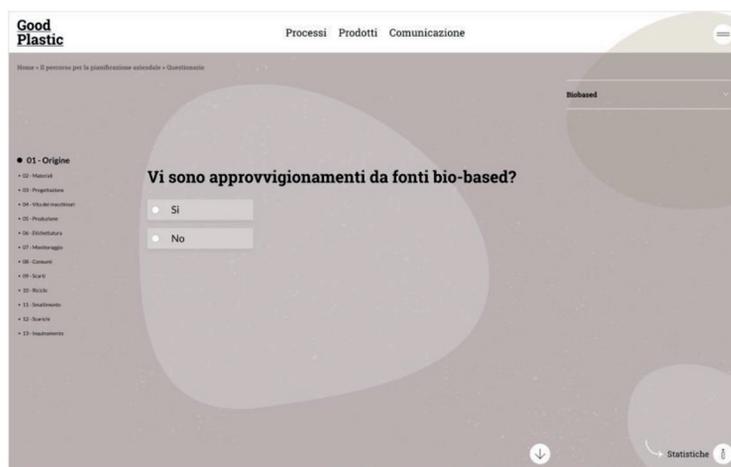


Fig. 2 – Schermata di una domanda del tema “origine” della piattaforma Good plastic, sezione processi

Concluso questo percorso vi è il momento consultivo dove l’utente potrà visualizzare e scaricare un report completo che racchiude le risposte effettuate durante la compilazione e consigli e suggerimenti per implementare ulteriormente le azioni intraprese. Il processo perciò è finalizzato ad un autoesame in fase di compilazione con brevi riflessioni ed ad un approfondimento finale personalizzato in base ai risultati del questionario. Le due parti sono fondamentali per poter effettuare un progresso in fase decisionale ed avere di fronte tutte le alternative e i suggerimenti per poterlo affrontare al meglio.

2.2 La guida per la progettazione consapevole

Gli elementi contenuti nella seconda sezione della piattaforma hanno lo scopo di spiegare i vantaggi di una progettazione dei prodotti in materiali polimerici che sia particolarmente attenta ad aspetti ambientali e circolari, con lo scopo principale di avviare un cambiamento nelle prassi progettuali nonché per approfondire i contenuti su materiali, strategie e modalità di misurazione dei miglioramenti ottenuti. Dalle ricerche effettuate sugli strumenti utilizzati nell’ambito del design con attenzione al ciclo di vita dei prodotti, si evince come il design circolare - o, meglio, multiciclico - rappresenti un tassello fondamentale per affrontare le sfide presenti e future in materia ambientale. Per questo motivo, questa sezione della piattaforma utilizza informazioni ed esercizi mirati a guidare e far sperimentare proprio una progettazione particolarmente vicina alle esigenze dell’Economia Circolare. Per farlo, è stato scelto di elaborare delle linee guida su temi quali la progettazione con materia prima seconda, la facilitazione della riciclabilità dei prodotti, le specificità delle bioplastiche, ma anche su nuovi percorsi di progetto che arrivino al centro delle strategie di circolarità. La proposta della guida è nata dall’esigenza di fornire dei contenuti facilmente fruibili, esplorabili liberamente, ma che allo stesso tempo fossero ben strutturati e ragionati, al fine di fornire, per chi ne sentisse la necessità, un percorso organizzato per livelli di complessità. La scelta di questa modalità è frutto di un intenso lavoro di mappatura ed analisi degli strumenti progettuali presenti nel panorama attuale. Le linee guida previste permettono di fornire secondo un ordine chiaro e strutturato, un compendio di informazioni studiate per essere facilmente leggibili e fruibili, anche con tempistiche molto limitate come quelle presenti in ambito lavorativo. Ciascun tema riporta, infatti, contenuti sintetici e link di approfondimento, per facilitare una consultazione rapida in un contesto lavorativo aziendale. Per navigare tra gli argomenti non è obbligatorio

seguire un ordine preciso; poiché ciascuno di essi racchiude informazioni approfondite ed autoconclusive. Si è scelto di impiegare una gerarchia degli elementi di tipo orizzontale, in modo che l'utente possa indagare un maggior numero di argomenti andandoli eventualmente ad applicare tramite gli strumenti operativi (Fig. 3).

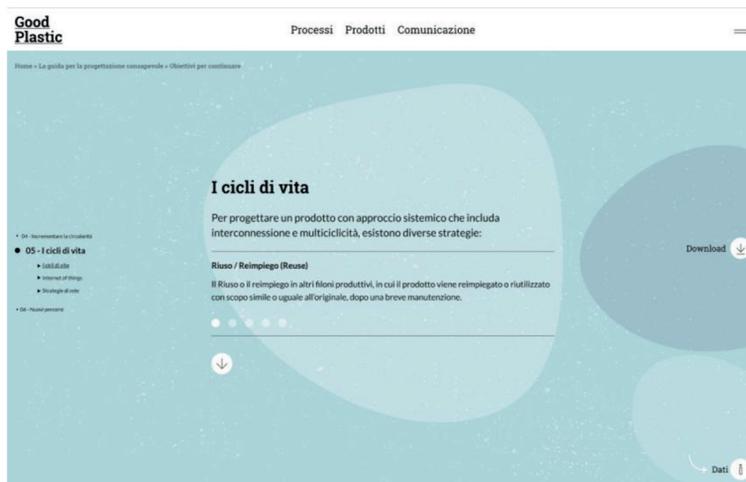


Fig. 3 – Schermata della pagina *I cicli di vita* della piattaforma *Good plastic*, sezione *prodotti*

Per attuare azioni progettuali mirate, mettendo in essere le informazioni apprese e tenere traccia delle attività svolte, è presente una parte operativa composta da due tipologie di documenti scaricabili in pdf e presenti nelle varie sezioni: checklist ed esercizi. Le 14 checklist inserite nella sezione rappresentano il mezzo per iniziare ad implementare nella progettazione le informazioni appena lette e sono strutturate perché le verifiche possano essere ripetute nel tempo. I 7 esercizi progettuali hanno, invece, lo scopo di supportare l'elaborazione di concept in team multidisciplinari sostenendo la creazione di momenti di confronto e scambio di idee. L'unione sinergica di questi tre sistemi (linee guida, checklist ed esercizi) in un unico mezzo permette di rispondere alle varie esigenze indagate. L'accessibilità e la condivisione delle informazioni potrà essere fatta prevalentemente per via digitale, al fine di favorire un più ampio bacino d'utenza, mentre la compilazione di eventuali schede ed esercizi sarà sempre in digitale, ma offline (PDF interattivi).

2.3 le carte per la buona comunicazione ambientale

Attraverso l'adozione di strategie di comunicazione ambientale si viene a creare valore nelle imprese non solo a livello ambientale, ma anche economico, politico, sociale, lavorativo. D'altronde un'informazione accurata e chiara può instaurare con gli stakeholder un vero e proprio rapporto di fiducia. Dalle ricerche svolte, nell'ambito del Green marketing all'interno di imprese italiane, è emersa una grande difficoltà da parte delle organizzazioni nell'impostare correttamente una strategia comunicativa legata principalmente ai materiali polimerici. Una buona comunicazione di tipo ambientale presenta, infatti, peculiarità evidenti, essendo chiamata non solo a tradurre la robustezza dei dati scientifici a pubblici eterogenei, ma soprattutto deve essere in grado di far convivere contenuti scientifici, razionali e veritieri, con contenuti emozionali facenti parte della sfera creativa. La terza sezione della piattaforma è dedicata alla costruzione di un percorso di comunicazione il più possibile chiaro e preciso, organizzato in una serie di step, uno legato all'altro seguendo un ordine narrativo, consigliabile, ma non

obbligatorio. Uno strumento che offre utili spunti di riflessione su tecniche e modalità per evitare, secondo le normative UNI EN ISO 14063[6] e UNI EN ISO 14021[7], i possibili rischi di *Greenwashing*. La piattaforma sfrutta le *flashcard* (strumento ludico dove si utilizzano delle carte illustrate con una serie di informazioni aggiuntive) come mezzo utile per creare un quadro d'azione per il pensiero. Possono essere analizzate alcune tematiche specifiche e man mano che le idee emergono, le carte possono essere utilizzate per sviluppare capacità di riflessione, riprogettazione o semplicemente per rendere più accurato, trasparente e mirato il proprio messaggio comunicativo. Le *flashcard* diventano uno strumento di trasformazione aziendale sempre a portata di mano, aiutano ad alimentare una discussione interna che consenta di comprendere attraverso quali modalità sia possibile migliorare la propria strategia di comunicazione ambientale. Il mazzo di carte è suddiviso in due gruppi distinti. Il primo è composto da due carte denominate “*prima di iniziare*”, che fungono da introduzione generale al tema e presentano una panoramica generale delle direttive, normative e linee guida da considerare in una logica *ex-ante*. Il secondo gruppo è composto da dieci carte (Fig. 4), completamente illustrate e diversificate, che seguono un percorso ben preciso in cui ognuna è un passo in avanti verso la creazione di una strategia di comunicazione ambientale.

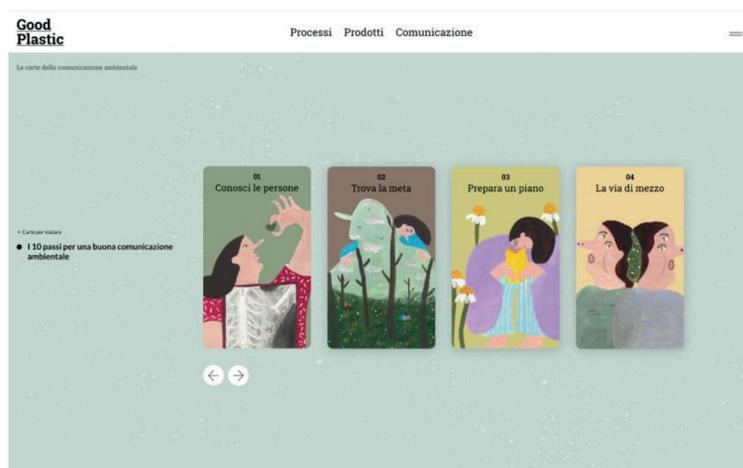


Fig. 4 – Schermata delle carte 01, 02, 03, 04 della piattaforma Good plastic, sezione comunicazione

La navigazione all'interno della sezione può avvenire su due livelli. Il primo, denominato *libero*, è una semplice fonte d'ispirazione dove vengono visualizzate tutte le carte insieme e in cui l'interlocutore è libero di sperimentare, guardare, leggere. Nel secondo livello, denominato *profondo*, l'utente approfondisce uno dei 10 argomenti a disposizione attraverso informazioni aggiuntive, infografiche, casi studio, consigli pratici e suggestioni visive. Lo strumento nella modalità completa, aiuta le organizzazioni a diventare più informate, aumenta la consapevolezza creativa e innesca un potenziale processo di crescita e trasformazione aziendale.

3. Conclusione

Il progetto, contestualizzato nel territorio Veneto, ha avuto come finalità principale la creazione di un patrimonio conoscitivo ed applicativo utile per le imprese della filiera della produzione e utilizzo di prodotti in materiali polimerici. Le tematiche affrontate, offrono spunti e indicazioni utili anche all'avvio di ricerche più specifiche e multidisciplinari utili a definire future prospettive per i materiali polimerici. Questa ricerca, inoltre, ha evidenziato l'esigenza

da parte delle aziende di reperire in un unico luogo informazioni legate ai processi decisionali, alla progettazione e alla comunicazione con i materiali polimerici in ottica circolare. Richiesta soddisfatta con la creazione della piattaforma online Good Plastic, condivisa e ad accesso libero. Alcuni possibili sviluppi futuri della ricerca e del progetto potrebbero essere: l'istituzione di call to action per selezionare dei casi studio aziendali, da riportare all'interno della piattaforma come esempi di applicazione delle strategie proposte; attività di workshop e di divulgazione della piattaforma in contesti formali; sessioni, specifiche e mirate, di consulenza per fornire la possibilità alle organizzazioni e alle aziende di confrontarsi con i ricercatori.

Bibliografia

- [1] **Direttiva (UE) 2019/904** del parlamento Europeo e del consiglio, del 5 giugno 2019 sulla riduzione dell'incidenza di determinati prodotti di plastica sull'ambiente
- [2] **CE/COM(2020) 98 final/** Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Per un'Europa più pulita e più competitiva
- [3] **Ellen MacArthur Foundation**, (2020), *NPEV. A vision of a circular economy for plastic*
- [4] **Ellen MacArthur Foundation** - Traduzione dell'autore: *Eliminate all problematic and unnecessary plastic items. Innovate to ensure that the plastics we do need are reusable, recyclable, or compostable. Circulate all the plastic items we use to keep them in the economy and out of the environment.*
- [5] **Federazione Gomma Plastica**: <http://www.federazionegommaplastica.it/aziende/>
- [6] **Standard UNI EN ISO 14063:2020**, Gestione ambientale - Comunicazione ambientale - Linee guida ed esempi, 14 maggio 2020
- [7] **Standard UNI EN ISO 14021:2016**, Etichette e dichiarazioni ambientali - Afferzioni ambientali auto-dichiarate (etichettatura ambientale di Tipo II), 5 maggio 2016

Un nuovo modello operativo di audit ed implementazione degli SDG per le imprese italiane

*Jacques Gandini, j.gandini@gandinistudio.com, Managing Director di GANDINI S.R.L.
Renewable Energies in HVAC & nearly Zero Energy Buildings Consulting.
Legnago (Verona) ITALY*

Riassunto

La sostenibilità, negli ultimi anni, è diventata il centro di numerose discussioni, anche politiche, dato il crescente interesse e necessità da parte delle istituzioni e del mondo industriale nel proteggere: l'ambiente, le persone, il mondo animale e la biodiversità.

Al contempo, l'Unione Europea si è impegnata a diventare "climate neutral" entro il 2050 accelerando con decisione il processo di decarbonizzazione, che consiste nella drastica riduzione dell'uso di carbone, petrolio e metano; un obiettivo che si raggiungerà elettrificando larga parte del settore dei trasporti e dell'edilizia e facendo crescere in contemporanea il contributo delle rinnovabili.

In questo contesto, per le imprese italiane, da sempre in grado di distinguersi per la velocità e qualità di attuazione dei nuovi trend, esiste una notevole opportunità di rilancio e sviluppo, che dovrà necessariamente confrontarsi con le tematiche della sostenibilità. Tra tutti i modelli disponibili, la presente relazione illustra come sia possibile interpretare in maniera sistematica ed operativa i 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile definiti dall'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite) come strategia per ottenere un futuro migliore per tutti, nota anche come Agenda 2030.

Il risultato finale, illustrato nella presente relazione, è un innovativo modello di "Audit, Piano di Implementazione e di Comunicazione interna ed esterna", adatto a rendere l'economia circolare un passaggio fattibile per le imprese italiane di ogni dimensione, coinvolgendo i dipendenti e la comunità in un unico progetto sostenibile. Una sostanziale opportunità di rilancio per le imprese italiane nel decennio delle grandi sfide per l'umanità: 2020 - 2030.

Summary

Given the growing interest and need from the institution and the industrial world in protecting the environment, the people, the animal world and the biodiversity, in the last few years sustainability has become the center of many discussions, also in politics.

At the same time, the European Union has committed to become "carbon neutral" by 2050, decisively accelerating on the decarbonization process, which consists in drastically reducing the use of coal, oil and methane; this goal will be achieved with several interventions, such as by electrifying large part of the transport and buildings, by simultaneously increasing the contribution of renewable energies.

Italian companies, which have always been able to stand out for their fast and excellent implementation of new trends, find in this context an important opportunity to relaunch and develop while facing sustainability issues. Among all the available models, this research illustrates how it

is possible to systematically and operatively interpret the UN 17 Sustainable Development Goals as a strategy for achieving a better future for all, also know as the Agenda 2030.

The ending result, this research, is an innovative “Audit, Implementation Plan and Internal and External Communication”, suitable for making sustainability and circular economy a feasible step for Italian companies of all sizes, involving employees and communities in a single valuable project. It is a substantial opportunity for Italian companies to relaunch business in this decade of challenges for the human being: the years 2020-2030.

1. Introduzione

Una nuova visione decarbonizzata dell'Europa sta prendendo forma: una visione che tiene in forte considerazione il fatto che la maggior parte del parco immobiliare Europeo è vecchio e inefficiente, al punto da essere responsabile di circa il 40% del consumo energetico globale e del 36% delle emissioni di gas a effetto serra derivanti dall'energia. Riquilibrare il patrimonio edilizio è, quindi, una misura essenziale ai fini della decarbonizzazione Europea al centro della “Roadmap 2050”.

Impatti sostanziali sono previsti anche nel mondo della mobilità dove l'auto elettrica in senso generale (con le sue declinazioni poi nel mondo delle due ruote e del trasporto su gomma) promette ulteriori ingenti risparmi energetici diretti ed indiretti, a patto che sempre più l'energia utilizzata per le ricariche provenga da fonte 100% rinnovabile, tema ancora molto dibattuto.

Molto va inoltre fatto in termini di un utilizzo più razionale della mobilità: essa, utilizzando energia elettrica (secondaria per definizione e auspicabilmente in grandi quantità da fonte rinnovabile) deve essere considerata come un bene da usare con parsimonia, valutando la necessità dello spostamento e la saturazione dei mezzi, possibilmente privilegiando mezzi pubblici che possono rivelarsi estremamente efficienti e meno impattanti in termini energetici ed in termini di carbon foot print. Tutto sarà sempre più basato su un consumo più intelligente dell'energia e sulla generazione di elettricità green.

Ma il tema energetico, sebbene fondamentale, non è il solo da tenere sotto controllo per garantire all'umanità la sopravvivenza sul pianeta terra, ve ne sono molti altri e un buon punto di riferimento in questo senso può essere certamente quello dei cosiddetti SDGs (Sustainable Development Goals) promossi dalle Nazioni Unite.



Fig. 1 – Iconografia ed infografica utilizzata dal Global Compact delle Nazioni Unite per la comunicazione inerente gli SDGs

Nel settembre 2015, infatti, più di 150 leader internazionali si sono incontrati alle Nazioni Unite per contribuire allo sviluppo globale, promuovere il benessere umano e proteggere l'ambiente. La comunità degli Stati ha approvato l'Agenda 2030 per uno sviluppo sostenibile, i cui elementi essenziali sono i 17 obiettivi di sviluppo sostenibile o SDGs e i 169 sotto-obiettivi, i quali mirano a porre fine alla povertà, a lottare contro l'ineguaglianza e allo sviluppo sociale ed economico. Inoltre, riprendono aspetti di fondamentale importanza per lo sviluppo sostenibile quali l'affrontare i cambiamenti climatici e costruire società pacifiche entro l'anno 2030. Gli SDGs hanno validità universale, vale a dire che tutti i Paesi devono fornire un contributo per raggiungere gli obiettivi in base alle loro capacità. Tutto ciò che vale per gli Stati vale anche per le Aziende e l'attenzione al tema della sostenibilità è sempre maggiore, anche se molte Aziende ancora non ne percepiscono l'importanza e il potenziale, limitandosi ad applicare la normativa vigente. Molte altre Aziende invece hanno percepito l'importanza sociale dell'applicazione degli SDGs e ne stanno apprezzando i ritorni anche in termini economici e di business, visto che il consumatore è sempre più attento e sta premiando prodotti, soluzioni ed imprese green.

Con la presente relazione GANDINI S.R.L. presenta il proprio modello di "Audit SDGs" nell'implementazione degli SDG nelle imprese italiane, basato sull'applicazione dell'SDG Action Manager, promosso dalle Nazioni Unite al fine di aiutare le Aziende a comprendere il proprio posizionamento attuale nei confronti degli SDGs e identificare gli "Step 1-2-3-4", necessari per guadagnare posizioni migliorative in tema di sostenibilità per l'uomo e per l'ambiente.

2. Metodologia di assessment rispetto agli SDGs

Il primo tema per stabilire un percorso di sviluppo in qualsiasi progetto è certamente la fase di mappatura della situazione esistente in base ad un determinato standard. Nel campo degli SDGs, GANDINI S.R.L. ha basato il proprio modello di "Audit SDGs" sulla base della metodologia sviluppata dall'UN Global Compact insieme a B Lab: il modello "SDG Action Manager" che è una soluzione web-based destinata alle imprese impegnate nell'avanzamento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, qualsiasi sia la localizzazione, dimensione ed il settore produttivo.



Fig. 2 – Il Global Compact delle Nazioni Unite nasce dalla volontà di promuovere un'economia globale sostenibile: rispettosa dei diritti umani e del lavoro, della salvaguardia dell'ambiente e della lotta alla corruzione. È stata proposta, per la prima volta nel 1999, presso il World Economic Forum di Davos, dall'ex segretario delle Nazioni Unite Kofi Annan. | B Lab è un ente non-profit con sede a Wayne, Pennsylvania (USA), che ha creato e promuove la certificazione B Corporation che parte dal principio che l'economia è composta da un nuovo tipo di Imprese: le "B Corporation" che sono guidate dallo scopo di creare benefici per tutti gli stakeholder, non solo per gli azionisti.

Il modello “Audit SDGs” è uno strumento di assesment interno all’Azienda e verte sulle performance aziendali connesse alla sostenibilità, che consente di fissare obiettivi di crescita nelle aree più strategiche in cui resta elevato il potenziale di sviluppo. Assesment interno, come autovalutazione dinamica, benchmarking e miglioramento. Più in particolare, il modello è sviluppato secondo una logica “learn at every step”, la piattaforma facilita l’Azienda nella:

- a) selezione degli SDG rilevanti per il proprio business;
- b) valutazione dell’impatto del modello di business e della catena di fornitura sull’avanzamento dell’Agenda 2030;
- c) individuazione di eventuali aree di rischio/miglioramento;
- d) pianificazione di obiettivi di crescita e monitoraggio degli stessi.

L’SDG Action Manager riunisce l’expertise di B Lab nel campo dell’impact evaluation ed i Dieci Principi del Global Compact delle Nazioni Unite. Il progetto è stato sviluppato anche con il coinvolgimento di una serie di stakeholder, tra cui esperti di sostenibilità aziendale, società civile, agenzie ONU e mondo accademico, e trae continua ispirazione dal settore business che aderisce all’UN Global Compact e dalla community di B Lab. La piattaforma “SDG Action Manager” è disponibile in inglese, francese, italiano, portoghese e spagnolo.

3. L’ “Audit SDGs” ed il “Report di sostenibilità aziendale”

L’ “Audit SDGs” messo a punto da GANDINI S.R.L. consente all’impresa di studiare la propria situazione e stabilire un piano d’azione arrivando alla redazione del “Report di sostenibilità aziendale” in rapporto ai 17 obiettivi previsti secondo il modello delle Nazioni Unite, che sono:

1. Sradicare la povertà in tutte le sue forme e ovunque nel mondo;
2. Porre fine alla fame, raggiungere la sicurezza alimentare, migliorare l’alimentazione e promuovere l’agricoltura sostenibile;
3. Garantire una vita sana e promuovere il benessere di tutti a tutte le età;
4. Garantire un’istruzione di qualità inclusiva ed equa e promuovere opportunità di apprendimento continuo per tutti;
5. Raggiungere l’uguaglianza di genere e l’autodeterminazione di tutte le donne e ragazze;
6. Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti;
7. Garantire l’accesso all’energia a prezzo accessibile, affidabile, sostenibile e moderna per tutti;
8. Promuovere una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, la piena occupazione e il lavoro dignitoso per tutti;
9. Costruire un’infrastruttura resiliente, promuovere l’industrializzazione inclusiva e sostenibile e sostenere l’innovazione;
10. Ridurre le disuguaglianze all’interno dei e fra i Paesi;
11. Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili;
12. Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili;
13. Adottare misure urgenti per combattere i cambiamenti climatici e le loro conseguenze;
14. Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine;
15. Proteggere, ripristinare e promuovere l’uso sostenibile degli ecosistemi terrestri, gestire in modo sostenibile le foreste, contrastare la desertificazione, arrestare e invertire il degrado dei suoli e fermare la perdita di biodiversità;
16. Promuovere società pacifiche e inclusive orientate allo sviluppo sostenibile, garantire a tutti l’accesso alla giustizia e costruire istituzioni efficaci, responsabili e inclusive a tutti i livelli;
17. Rafforzare le modalità di attuazione e rilanciare il partenariato globale per lo sviluppo sostenibile.

Non è sempre facile per le Aziende capire come le proprie operazioni impattano nei 17 obiettivi e per questa ragione l’Audit SDGs, attraverso una serie di sotto-indicatori e sistemi di valutazione più vicini (e comprensibili) al mondo delle Imprese, potrà essere d’aiuto alle Aziende per tracciare un bilancio delle loro attuali iniziative ed a scoprire (eventualmente) ulteriori priorità per contribuire al raggiungimento degli SDGs. L’ Audit SDGs elaborato da GANDINI S.R.L. si compone di 4 step.

3.1 “Step 1” Audit SDGs e set-up strategico degli obiettivi

La prima fase dell’Audit SDGs consiste nello “Step 1” che coincide con la determinazione delle priorità è un processo attraverso il quale l’Azienda, può prioritizzare gli SDG target sulla base di una valutazione dei rischi e dei benefici per le persone e per l’ambiente. I passaggi che seguono descrivono il processo di determinazione delle priorità.

3.2 “Step 2” Piano di Implementazione

Sulla base dei risultati dello “Step 1” si procede con lo “Step 2” attraverso il quale è possibile fissare ed allineare gli obiettivi e le strategie Aziendali per contribuire agli SDG target prioritari Aziendali. In questa fase si stabiliscono gli obiettivi per i singoli dipartimenti Aziendali e si instaura un modello virtuoso che porta l’Azienda a lavorare con una naturale tendenza verso gli obiettivi prioritari identificati anche nei confronti degli SDGs.

Questa fase fornisce una guida per la definizione degli obiettivi, la selezione di indicatori per misurare gli impatti e l’analisi delle prestazioni Aziendali rispetto agli SDGs.



Fig. 3 – Esempio a puro titolo esemplificativo di valutazione dello stato attuale rispetto agli SDG, utilizzando il modello di Audit SDG messo a punto da GANDINI S.R.L. utilizzando l’applicazione dell’SDG Action Manager

3.3 “Step 3” Piano di Monitoraggio e Comunicazione Interna ed Esterna

Lo “Step 3” si occupa di rendicontare, integrare e realizzare il cambiamento. Sulla base dei risultati dello Step 2, questa fase stabilisce ciò che è necessario per raccogliere il contenuto della rendicontazione esterna e riflettere internamente sull’attuazione del cambiamento.

Il reporting sugli SDGs dovrebbe essere basato su framework consolidati internazionali di rendicontazione ogniqualvolta ciò sia fattibile. Si possono trovare esempi di standard e di reporting framework nella pubblicazione “An Analysis of the Goals and Targets” (Global Reporting Initiative United Nations Global Compact).

Il reporting interno al management e al consiglio di amministrazione (o alla prima linea di

direzione o direttamente all'imprenditore) è utile per l'allocazione delle risorse e per l'integrazione della strategia SDGs nel modello di business dell'Azienda. La rendicontazione esterna agli azionisti e stakeholder favorisce il loro impegno costruttivo nella performance complessiva dell'azienda nelle aree di miglioramento.

3.4 "Step 4" Report di sostenibilità aziendale

Lo "Step 4" coincide con la realizzazione del "Report di sostenibilità aziendale" che contiene una sintesi delle priorità Aziendali nei confronti degli SDGs sulla base di una valutazione dei rischi e dei benefici per le persone e per l'ambiente, incrociandole con le correlate prospettive del Business Aziendale in termini di indicatori significativi (Es.: Volumi, Fatturato, Marginalità, EBITDA e Quote di Mercato). Il report offre inoltre, con cadenza annuale o trimestrale (a seconda della dimensione di Azienda) una visione dei risultati raggiunti e delle traiettorie di convergenza o divergenza rispetto agli obiettivi e contiene il piano di comunicazione interna ed esterna all'Azienda, in maniera tale da coinvolgere tutti gli Stakeholders (non solo gli Shareholders) nel processo evolutivo Aziendale verso un mondo più sostenibile.

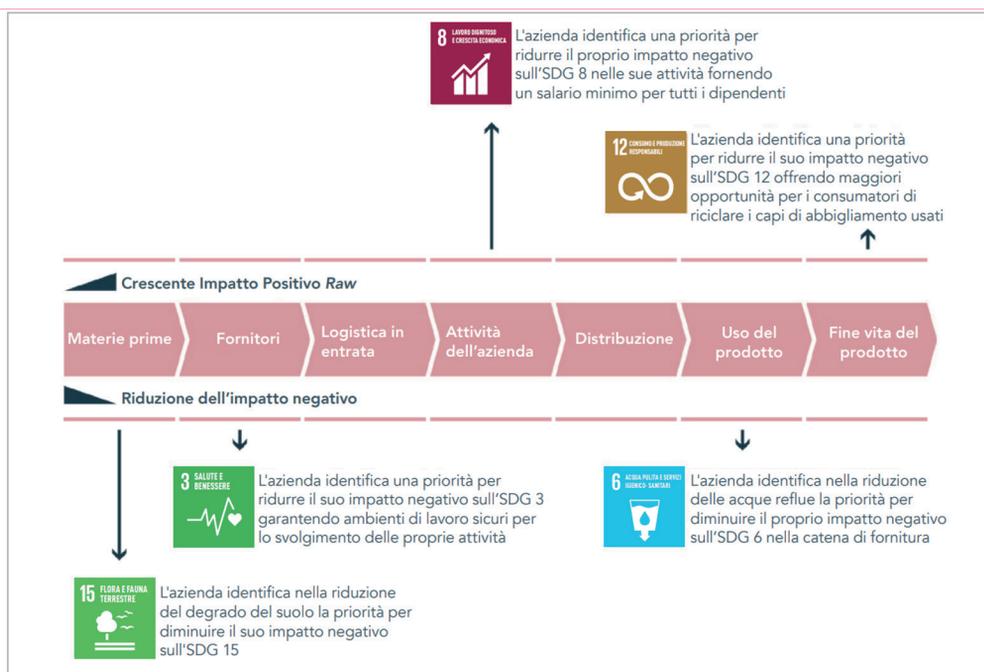


Fig. 4 – Esempio a puro titolo esemplificativo di identificazione del rischio e dell'interconnessione degli SDGs lungo la catena del valore in un'Azienda del settore tessile

4. Conclusioni

Le imprese non possono prosperare in un mondo di povertà, disuguaglianza, disordini e stress ambientale, e quindi hanno un interesse vitale a garantire che l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile e i suoi 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs o Obiettivi Globali) siano raggiunti.

Sostenendo gli standard riconosciuti ed i principi sui diritti umani, il lavoro, l'ambiente e la lotta alla corruzione, le imprese forniscono un contributo essenziale agli SDGs. Molte aziende già agiscono e rendicontano in merito ad argomenti trattati dagli SDGs, come il cambiamento

climatico, la gestione dell'acqua e le condizioni di lavoro, molte altre invece non riuscendo a trovare correlazioni tra il proprio business e i 17 obiettivi di sviluppo sostenibile rimangono aggrappate a modelli di business non sempre sostenibili e quindi non sempre a prova di futuro.

L' Audit SDGs ed il "Report di sostenibilità aziendale" elaborati da GANDINI S.R.L. sono due strumenti che possono aiutare l'Impresa a riposizionarsi in maniera sicura e vincente, anche a livello di business, nel mondo che ci attende: sostenibile, rispettoso dell'uomo e dell'ambiente.

Bibliografia

- [1] COM (2018) 773 Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo, al comitato delle regioni e alla banca europea per gli investimenti: Un pianeta pulito per tutti, visione strategica Europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra. Bruxelles, 28.11.2018;
- [2] Guida applicativa all'interpretazione e attuazione degli SDGs in Azienda, Gandini Srl;
- [3] UN Global Compact Strategy 2021–2023, January 2021;
- [4] SDG Ambition Benchmark Reference Sheets, UN Global Compact;
- [5] Un'Analisi degli Obiettivi e dei Target, UN Global Compact;
- [6] Integrare gli SDGs nel Report di Sostenibilità Aziendale: Guida Pratica.

Reuse and recycling of stranded Posidonia in the Municipality of Bari - The case of Put-or-Pay contract

*Antonella Lomoro, a.lomoro@amiupuglia.it - Amiu Puglia spa, Bari
Luigi Ranieri - Università del Salento, Lecce
Giorgio Mossa, Roberta Pellegrino - Polytechnic University of Bari.*

Abstract

It's very common to find, along the coastlines, the presence of high quantity of Podisonia oceanica residues ((L.) Delile). Notwithstanding the undoubted ecological role of stranded seagrass biomass, the presence of deposits of residues (algae and marine plants) is perceived as an inconvenience for bathers, tour operators and pleasure boaters, so that the Administrations periodically intervene in several contexts with the collection and removal of residues and consequentially with the disposal in dumps.

Policies that has been pursued recently by the EC suggest that waste should be recovered with the aim of effectively recycle materials collected separately.

The ambitious aims targeted by lawmaker direct towards reuse and recycling with an eye on Circular Economy.

The amount of waste disposed in landfills must be greatly reduced. To pursue an effective strategy of recovering, operators have moved their attention from the collection phase to the exploitation of waste- This change has permitted to reduce the environmental impact of the stranded posidonia residues removal and to reduce the costs related to their disposal, principally through the reuse and the composting.

This paper investigates the impact of the adoption of public support on the performance of public-private partnership (PPP) projects as perceived and measured by the different actors involved. In particular, the public support investigated by this study is put-or-pay contracts, which are often used in PPP projects financed through project finance to optimize risk allocation. In order to quantify the benefit gained by each party with and without the put-or-pay contract, cash flows of the project have been modeled by using the concept of real option, defined as the right without the obligation to make an action if it is convenient to do so. This concept enabled us to model and quantify the inner flexibility mechanism of put-or-pay contracts. With a put-or-pay agreement signed between the municipality, a (private) owner, and operator of a disposal facility, the owner of the facility has the faculty, without any obligation, to require the payment of penalty, if the municipality fails to meet its obligations. This means that the owner of the facility holds a series of European put options that can be exercised if it is convenient for the holder. The developed model has been used for studying the effectiveness of put-or-pay contracts for financing the treatment plant of a special dispose through project finance, i.e., the plant for disposal of marine plant posidonia.

1. Introduction

Recent studies have promoted public-private partnership (PPP) in the waste management

sector as a delivery method for infrastructure service provision to reduce the waste burying rate and improve environmental quality [1]. PPP may prove an effective way for delivering waste infrastructure since it allows the exploitation of private expertise and finance in such a capital-intensive sector, characterized by the high asset specificity of infrastructure and the uncertainty due to long-term horizon of investments. PPP allows local governments to overcome the growing budget restriction that constrains their actions. At the same time, the control of the infrastructure by the public party ensured by these governance models (other than fully privatization) is a chance to ensure economic sustainability without much public protest [2]. Despite the great appeal of the PPP financing model for waste infrastructure, many uncertain factors affect the implementation of PPPs throughout the lifecycle of PPP projects, due to PPP inner characteristics such as huge investments, high concession periods, and great number of actors [3].

Among the critical risk factors (CRFs) that affect the construction and operation of waste treatment and management PPP projects, insufficient waste supply, disposal of non-licensed waste, environmental risk, payment risk, and lack of supporting infrastructure are mentioned as the most important ones. It is clear that the main issue in such projects is often represented by the high level of risks characterizing them, that, if not well managed, may even cause their failure. Risk management in this type of project becomes even more important due to the financial structure mostly adopted. Such capital-intensive deals, in private and public sectors, and in PPPs, are often financed through non-recourse project financing [4]. In order to avoid on-balance sheet financing for such initiatives, which can considerably affect project sponsors and often can be hard to sustain, non-recourse project financing is usually preferred where the project revenue represents the main (or even exclusive) source of loan repayment, operating expenditure, and project assets is the sole collateral or debt security.

A special purpose vehicle (SPV) fully containing project cash flows and taking on project-related risks is the mean used to structure a deal with non-recourse financing. This ensures that the debt raised to finance the initiative relies only on the project cash flows. Hence, only project cash flows can be demanded by project lenders to repay principal and interest (non-recourse financing), and assets owned by the SPV may be used as collateral guarantee in case of default. At the same time, the debt contracted by the SPV is off-balance sheet for the sponsor, thus limiting its impact on sponsors' creditworthiness and on their rating.

Risk allocation in these types of transactions becomes fundamental to structure sustainable non-recourse project financing. Sponsors will protect their own assets from the risk of failure of large-scale capital-intensive projects through off-balance sheet financing. Lenders contrarily seek a secure source as a potential reimbursement. These tensions and divergence of interests are at the basis of the negotiations for the financing of projects in which parties try to agree, so as to have a minimum recourse to the sponsor together with sufficient credit support for the lenders, for example through guarantees or commitments to be part of sponsors or third parties.

In this sense, project finance contracts such as engineering, procurement, and construction (EPC), operations and maintenance (O&M), off taking, and purchase agreement are recognized as key for optimizing risk allocation, ensuring that risks of the initiative are allocated to the party most able to manage and deal with them [5].

Although the literature has already discussed and investigated the effect of project finance contracts on PPP waste infrastructure projects [6], to the best of authors' knowledge, this has been addressed by the standpoint of specific stakeholders, often analyzed one per time. For instance, Gatti et al. [7] addressed the effect of project finance contracts on PPP projects focusing on the lender perspective, analyzed the effect of introducing flexibility through specific clauses into these contracts by reporting the point of view of the community who is the

final user paying this service through taxes, and Bonetti et al. [4] investigated the performance of private partners in the waste sector. The main gap resulting from the literature review is the effect of such contracts on the performance of the main stakeholders of PPP projects, which often show different interests and expectations on the project itself. This is a crucial point for PPP transaction, since, as we already discussed, the essence of these tools (namely, contracts such as engineering, procurement and construction, operations and maintenance, off taking, and purchase agreement) is the optimization of risk allocation through the allocation of risk to the party who is best able to manage them. But, if the effect of using such contracts is actually not investigated at all, and it is not done for all the actors, this essence remains only a theoretical concern. Hence, the open questions are: Are such contracts really able to optimize the risk allocation, and therefore the performance of all the considered actors? How does structuring such contracts ensures the optimization of risk allocation and performance among all the considered actors? To pursue this main objective, this paper focuses on put-or-pay contracts, an off taking and purchase agreement often used in waste infrastructure.

Put or pay contracts are used in project financing to allocate risks during the operating period. In force of a put-or-pay agreement, the guarantor must put a predefined minimum input amounts at a given price during a time horizon or to pay the deficit. This arrangement ensures that capital and operating costs of the facility are covered by guaranteed revenues, and it transfers the risk of unpredictable supplied input to the guarantor.

Focusing on this contract, we address the research questions by investigating whether, and in which conditions, such a contract is really able to optimize the risk allocation, and therefore the performance of all the considered actors.

The methodology developed for this specific contract may be easily applied for the other types of contracts used in project financing transactions to allocate risks, also in other sectors.

2. The Problem Formulation

Disposal contracts between municipalities and waste treatment plants often use put-or-pay contracts to assure waste supplies at a set price, thus ensuring production cost targets. The case of the City of Springfield provides an example: the municipality “pays” for a predefined amount of waste, even if less than the amount is put. Such guaranteed revenue allows the (private) facility owner and operator to cover capital and operating costs, with a fixed amount of waste or a cash penalty.

Put-or-pay agreements may therefore support private partners and lenders, but if not well set, they may become a burden for the government and the whole community. Put-or-pay provisions in fact require an estimation of the amount of waste generated by the community for the next 5, 10, 15, or 20 years from now and to commit to it. In light of this, as we already discussed, a deep analysis of risk allocation to main stakeholders for these contracts is crucial for the success of the project itself. Are such contracts really able to optimize the risk allocation, and therefore the performance of all the considered actors? How does structuring such contracts ensure the optimization of risk allocation and performance among all the considered actors [8]?

In order to answer to these research questions, we developed a model to assess the impact of put-or-pay contracts on PPP waste infrastructure project performance, from the standpoint of the main actors involved in the project: the government, the private sector, and the lender. This is done based on an economic approach.

We quantified the net benefit gained by each party with and without the put-or-pay contract, expressed in monetary terms, thus identifying the condition of satisfaction of the involved actors (in terms of minimum requirement for the project) and analyzed the risk if such a condition is not achieved for each party involved in the transaction.

Also, in order to quantify benefit gained by each party with and without the put-or-pay contract, we modeled the cash flows of the project by using the concept of real options. In fact, a real option is the right, not obligation, to make an action if it is convenient to do it [9]. This concept enables us to model and quantify the inner flexibility mechanism of put-or-pay contract. When a put-or-pay agreement is signed by the municipality with the (private) owner and operator of a disposal facility, the latter has the right, without any obligation, to require the payment of penalty if the municipality fails to meet its obligations. This means that the owner of the facility holds a series of European put options that will be exercised if convenient for the option holder. Let us assume that the municipality agrees to guarantee a minimum annual flow of waste W (ton/year) at a fee p (€/ton). In case of a delivered quantity of waste $Q_p(t)$ less than W , $Q_p(t) < W$ (the municipality does not meet its obligation), then the municipality pays for the shortfall $[W - Q_p(t)]p$.

Equation (1) computes the annual option payoff.

$$\Pi_p = \max(W \cdot p - Q_p(t) \cdot p, 0)$$

Once we have estimated the impact of put-or-pay contract on project cash flows, we can quantify the net benefit gained by each party with and without the put-or-pay contract.

In order to take into account the uncertainty affecting some input variable, the Monte Carlo simulation was employed, which is a useful tool able to include more uncertainty sources and their relationship into the decisional process, as it is in the real world [10]. Probability distributions of each uncertain model input have been determined based on historical data and experts' opinions. As a consequence, the result of the simulation is the probability distribution of the investigated output variable, instead of a deterministic value.

3. Case Study: Financing the Treatment Plant for Disposal of Stranded Posidonia

The developed model has been used for studying the effectiveness of put-or-pay contracts for financing the treatment plant of a special dispose through project finance, i.e., the plant for disposal of marine plant posidonia (*Posidonia oceanica* (L.) Delile, PO).

One of the greatest environmental, economic, social, and hygienic problems in the Mediterranean region is represented by the residues of the stranded marine plant posidonia PO in tourist areas. This issue is of particular importance in the Apulia Region, disturbing bathers and population, and causing high costs for local authorities in charge of their removal and disposal [11].



Fig. 1 – Stranded Posidonia in the Municipality of Bari

Several uses of posidonia have been proposed during the history. For instance, the PO leaves were used in packing for fragile items transportation in Mediterranean regions, and to move fresh fish from the coast to cities [13-14]. Posidonia leaves have been used as a filling material for mattresses and pillows [15]); as roof insulation; PO leaves have been also used to feed animals in different areas [16], due to their antifungal and antibacterial properties [17]. An alternative form of treatment has been identified in the agronomic use of stranded biomass after being subject to composting [18-19]. The compost can be used in agriculture as a soil amendment or/and as cultivation substrate in vegetable nursery crops, upon verification of compliance with requirements imposed by the Legislative Decree No. 75/2010 “Reorganization and overhaul of regulations on fertilizers, pursuant to article 13 of Law No. 88 of 7 July 2009”: it provides for the admission of algae and marine plants in the production of compost, up to a maximum weight of 20% , after separation of the organic fraction from the possible presence of sand [20].

Since these alternative exploitations of posidonia have disappeared, posidonia residues, especially the in the esplanades and tourist beaches, represent a nuisance to citizens and bathers because of the bad smell resulting from organic material decomposition. This represents a serious and huge environmental problem that needs to be addressed by the public administration. [34] conducted a survey in the period March–May 2008 on about one third of the Apulia coastline, which shows that more than 28,000 m³ of offshore residues need to be removed from heavily-used beaches and esplanades.

To date, while the landfill still remains the main destination of the removed posidonia, other treatments are possible, such as energy or material recovery [21-22] and Agronomic use.

The attention to these alternative treatments has increased during the last years, due to relevance reserved to environment, renewable energies, and the circular economy.

In this paper, we consider the use of posidonia for producing panels that can be used in the construction sector.

The production process of the panels consists in subjecting the collected stranded posidonia to a particular treatment process for its mixing with additives, compaction, and drying. The panels thus produced can therefore be sold on the market. It is clear that in a similar process, the availability of posidonia is crucial and it may be guaranteed through a put-or-pay contract. The simulation model of the net benefit gained by each party with and without the put-or-pay contract is constructed using @Crystal ball software.

The Monte Carlo simulation approach was used for calculating them. In particular, based on the statistical distributions of stochastic input variables, random values were generated in each simulation run, and this was done for 10,000 computer iterations. Outputs of the simulation are probability distribution of the investigated variables, namely, NVP_c , NVP_g and LCCR.

4. Conclusion

The paper investigates the impact of the adoption of public supports on the performance of PPP projects as perceived and measured by the different actors involved. In particular, the public support investigated by this study is the put-or-pay contract, which is often used in PPP projects financed through project finance for optimizing risk allocation. Although such project finance contracts are widely recognized as key for risk allocation, we remarked that there were no studies investigating how they perform in terms of risk allocation, by considering the perspective of the main actors involved rather than focusing on the standpoint of one single actor.

Addressing this issue is of fundamental importance in order to promote the sustainability of PPP projects. PPP is in fact an agreement involving different actors, the private sector, the public sector, and the lender, among others. Structuring an agreement that does not satisfy

the interests of those actors in a balanced way and that does not ensure a fair risk allocation, favoring the private sector against the government, or *vice versa*, may lead to costly renegotiation and, in extreme cases, to the failure of the project.

Furthermore, the application of the model to the real case of posidonia treatment has an additional advantage, which is to support local authorities in identifying and defining the best alternatives to solve important local environmental problems, i.e., pollution, preserving the environment in benefit of the local community, using public funds to finance only projects that really need such public support, optimizing the use of public resources, and exploiting private expertise for managing issues that traditionally have been managed by public authorities, thus promoting the development of new local private businesses.

The study is not without limitations. One may observe that the model was developed for one specific contract, namely the put-or-pay one, and therefore, the conclusion may not be considered generalizable to other types of supports. While this is true in general since the results cannot be considered of general validity, we can certainly state that beyond the specific numbers obtained as output of this specific case, the approach can certainly be replicated.

References

- [1] Spoann, V.; Fujiwara, T.; Seng, B.; Lay, C.; Yim, M. Assessment of Public–Private Partnership in Municipal Solid Waste Management in Phnom Penh, Cambodia. *Sustainability* **2019**, *11*, 1228.
- [2] Simões, P.; Cruz, N.F.; Marques, R.C. The performance of private partners in the waste sector. *J. Clean. Prod.* **2012**, *29*, 214–221.
- [3] Ke, Y.J.; Wang, S.Q.; Chan, A.P.C.; Lam, P.T.I. Preferred risk allocation in China’s public–private partnership (PPP) projects. *Int. J. Proj. Manag.* **2010**, *28*, 482–492.
- [4] Bonetti, V.; Caselli, S.; Gatti, S. Offtaking agreements and how they impact the cost of funding for project finance deals: A clinical case study of the Quezon Power Ltd Co. *Rev. Financ. Econ.* **2010**, *19*, 60–71.
- [5] Corielli, F.; Gatti, S.; Steffanoni, A. *Can Nonfinancial Contracts Influence the Pricing of Financial Contracts and Leverage? Evidence from the International Project Finance Loans Market*; Working Paper; Bocconi University: Milano, Italy, 2007.
- [6] Falcone, P.M.; Sica, E. Assessing the opportunities and challenges of green finance in Italy: An analysis of the biomass production sector. *Sustainability* **2019**, *11*, 517.
- [7] Gatti, S.; Rigamonti, A.; Saita, F.; Senati, M. Measuring value-at-risk in project finance transactions. *Eur. Financ. Manag.* **2007**, *13*, 135–158.
- [8] Costantino, N.; Pellegrino, R. Evaluating risk in put-or-pay contracts: An application in waste management using fuzzy Delphi method. *J. Appl. Oper. Res.* **2010**, *2*, 62–70.
- [9] Costantino, N.; Pellegrino, R. Risk mitigation in take or pay and take and pay contracts in project financing: The purchaser’s perspective. *Int. J. Proj. Organ. Manag.* **2011**, *3*, 258–272.
- [10] Razavi, H. *Financing Energy Projects in Emerging Economies*; Pennwell Books: PennWell: Tulsa, 1996.
- [11] Ruster, J. (1996). Mitigating commercial risks in project finance. Public Policy for the Private Sector, The World Bank, Note, (69).
- [12] City of Springfield (2019), Council Approves “Put or Pay” Agreement for Landfill. Available online: <https://www.springfieldmo.gov/AgendaCenter/ViewFile/Item/10243?fileID=177296> (accessed on 21, january, 2020).
- [13] Schultz, C.R. Modeling take-or-pay contract decisions. *Decis. Sci.* **1997**, *28*, 213–224.
- [14] Mininni, C.; Parente, A.; Santamaria, P. Indagine sulla diffusione in Puglia dei residui spiaggiati di posidonia. In *Il Caso dei Residui Spiaggiati di Posidonia Oceanica: Da Rifiuto a Risorsa*; Parente, A., Santamaria, P., Eds.; Levante Editori: Bari, Italy, 2009; pp. 43–78. (In Italian)
- [15] Kirkman, H.; Hendrick, G.A. Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macro-algae and seagrasses in Australia: A review. *J. Appl. Phycol.* **1997**, *9*, 311–326.

- [16] Bernard, P.; Pesando, D. Antibacterial and antifungal activity of extracts from the rhizomes of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Bot. Mar.* **1989**, *32*, 85–88.
- [17] AA.VV. LIFE PRIME. Linee Guida Operative per la Gestione Sostenibile ed il Recupero dei residui spiaggiati di *Posidonia* (Eco-Logica editore, 2013 ISBN 978-88-909-2890-1).
- [18] Parente, F. Montesano, A. Lomoro, M. Guido “Improvement of beached *posidonia* residues attitude to composting” *Environmental Engineering and Management Journal*. November 2013, Vol.12, No . S11, Supplement, 81-84. <http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/>. “Gheorghe Asachi” Technical University of Iasi, Romania.
- [19] A. Lomoro, M. Guido, Eco-logica, A. Parente, F. Montesano, CNR Ispa “Indagine sulle modalità di gestione e tecniche innovative per la rimozione dei residui spiaggiati di *posidonia oceanica*”, Atti dei seminari Ecomondo 2012, pagg. 544-549 Rimini novembre 2012 - Ed. Maggioli – ISBN 978-88-387-7708-X
- [20] Castaldi, P.; Melis, P. Composting of *Posidonia oceanica* and its use in agriculture. In *Microbiology of Composting*; Insam, H., Riddech, N., Klammer, S., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2002; pp. 425–434.
- [21] Balata, G.; Tola, A. Cost-opportunity analysis of the use of *Posidonia oceanica* as a source of bio-energy in tourism-oriented territories. The case of Alghero. *J. Clean. Prod.* **2018**, *172*, 4085–4098.
- [22] Voca, N.; Grubor, M.; Peter, A.; Kricka, T. Evaluation of *Posidonia oceanica* waste as a biomass source for energy generation. *BioEnergy Res.* **2019**, *12*(4), 1104-1112.

Masseria 4.0

*Mariachiara Minoia, mariachiara.minoia@unisalento.it, Mario Angelelli, Antonio Calisi
Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione,
Università del Salento, Lecce*

Riassunto

Uno dei sistemi storici di economia circolare caratterizzante la Puglia è quello della Masseria, un sistema che si autosostiene grazie al riutilizzo degli scarti (animali e vegetali) derivanti dal sistema stesso. L'idea innovativa propone un'evoluzione del concetto di Masseria tradizionale in Masseria 4.0. Tale concetto attraverso l'uso di tecnologia e l'utilizzo di un approccio ecosistemico garantisce la sostenibilità ambientale e la salvaguardia della biodiversità. L'innovazione in maniera non invasiva, estende l'utilizzo efficiente delle risorse disponibili nell'ambiente grazie alle tecnologie che supportano l'acquisizione e il controllo delle risorse stesse. L'approccio ecosistemico all'interno della Masseria 4.0 utilizzerà pratiche biologiche quali l'apicoltura che garantisce la biodiversità e la lombricoltura per la trasformazione degli scarti organici in humus. Tali pratiche rientrano in un concetto di sostenibilità ambientale, economia circolare e salvaguardia della biodiversità.

Summary

One of the historical systems of circular economy characterizing Apulia region is the "Masseria", a system that is self-sustaining thanks to the reuse of waste (animal and vegetable) deriving from the itself. The innovative idea proposes an evolution of the concept of traditional "Masseria" in "Masseria 4.0". This concept, through the use of technology and the use of the "ecosystem approach", guarantees the environmental sustainability and biodiversity safeguard. Innovation in a non-invasive way extends the efficient use of the resources available in the environment thanks to the technologies that support the acquisition and control of the themselves resources. The ecosystem approach will use biological practices such as bee-keeping that guarantees biodiversity, and earthworm for the transformation of organic waste into humus. These practices are part of a concept of environmental sustainability, circular economy and biodiversity safeguard.

1. Introduzione

Uno dei sistemi di economia circolare che hanno caratterizzato, soprattutto a partire dal XVII sec. l'economia del sud Italia e in particolar modo quella pugliese, è quello della Masseria. Nate nel Medioevo in Puglia soprattutto e in Sicilia nel solco delle antiche *villae* rustiche romane, le masserie ebbero il loro sviluppo tra il 1500 e il 1600, diventando punto di riferimento dell'organizzazione latifondista del tempo. Erano infatti dei veri e propri centri economici che consentivano ai nobili del luogo di tenere sotto controllo il territorio grazie alla concessione ai massari del luogo [1]. Oggi le masserie stanno vivendo un momento di riscoperta negli ambiti turistico e dell'agrifood. Tale rinascita prende il via dalle caratteristiche originali della masseria, che ne fanno un ambiente altamente sostenibile, basato *in primis* sul riuso efficiente delle proprie risorse. In questo contributo, intendiamo descrivere un adeguamento dei nuovi processi tecnologici abilitanti funzionalità di sensoristica, controllo da remoto, e pianificazione delle attività, con la struttura di masseria: si sottolinea come sia la tecnologia ad adeguarsi

a una struttura pre-esistente, al fine di identificarne le caratteristiche che la contraddistinguono, potendole così preservare e, inoltre, valorizzare. Parallelamente agli aspetti tecnologici, l'inclusione di nuovi approcci alla produzione biologica e all'estrazione sostenibile di risorse rappresenta un fattore di innovazione ugualmente rilevante. Questo studio mira a evidenziare i fattori che contraddistinguono le masserie e definire un prototipo di metodologia per l'inclusione di nuove tecnologie e di nuovi processi di produzione biologica che, se adeguatamente descritti e comunicati, potranno favorire la futura implementazione di "Masserie 4.0".

2. Relazione

2.1 La struttura "Masseria" come prototipo di sostenibilità

La struttura stessa della Masseria era spesso fortificata per dare riparo a persone e animali, in seguito ingentilita con torri e decorazioni. Era costituita infatti da una casa padronale ampia, in genere al piano superiore, e una corte centrale a cui si accedeva tramite un grande portone di ingresso, all'interno del quale si affacciavano le stalle, i depositi e gli alloggi dei contadini [2]. Le Masserie sono spesso dotate accanto al corpo destinato ad abitazione, di splendide cappelle affrescate, di torri medievali, di opifici in prevalenza oleifici, caseifici, ed allevamenti di avicoli, bovini ed ovini.

Questo tipo di strutture era perfettamente autonomo, dato che essendo spesso lontano dai centri abitati, era in grado di sostenere la vita di chi ci abitava, senza avere la necessità di scambi frequenti. Ciò che non poteva essere prodotto, come ad esempio il sale per conservare i cibi, veniva acquistato due volte l'anno, mentre tutto il resto veniva prodotto all'interno della struttura, con un'altissima attenzione al riutilizzo di tutti i tipi di scarti, sia quelli delle produzioni agricole, che umane, che derivanti dall'allevamento e venivano riutilizzati per l'alimentazione degli animali, per la concimazione o per il riscaldamento, creando un sistema autonomo e ad alta resilienza. Nelle zone interne della Murgia ad esempio, durante la stagione invernale, potevano capitare lunghi periodi di neve che impedivano di raggiungere i centri abitati, ma la struttura delle Masserie permetteva la resistenza in quelle condizioni disagiate per molte settimane.

Un esempio emblematico dell'efficiente riuso delle risorse, è la produzione di foraggio per animali da carne e da latte: da questi ultimi si ricava il concime per fertilizzare i terreni su cui poter produrre tanto grano e ortaggi per l'alimentazione umana quanto foraggio per sostenere la circolarità delle risorse. Tutti i residui dell'alimentazione umana vengono a loro volta utilizzati per il nutrimento di animali (e.g. suini) da cui ricavare carne e fertilizzante per gli orti.

2.2. Da Masseria a Masseria 4.0

Questo contributo intende proporre un'evoluzione dal concetto di Masseria tradizionale a quello di Masseria 4.0, che passa attraverso l'integrazione in serra o in campo aperto di tipologie di coltivazioni che possano garantire la biodiversità. Come già evidenziato nell'introduzione, l'innovazione proposta si inserisce in maniera non invasiva, estendendo il concetto di uso efficiente delle risorse disponibili nell'ambiente grazie all'utilizzo di tecnologie per supportare l'acquisizione e il controllo delle risorse.

L'innovazione proposta è, in primo luogo, di processo: il requisito di non invasività implica che il punto di partenza è rappresentato dalla struttura della masseria e, in particolare, dai suoi sistemi di produzione, sui quali si può approfondire l'adeguatezza di inclusione di nuovi approcci metodologici e implementativi, tanto nell'ambito delle tecnologie quanto in quello biologico. Nelle due sezioni che seguono, argenteremo come la sostenibilità alla base della masseria derivi dalla forte interconnessione tra i sottosistemi preposti alle diverse funzionalità e finalità di produzione. Tali connessioni sono fondamentali per il riuso delle risorse di pro-

duzione e per garantire la conservazione dell'ambiente Masseria in risposta ai comportamenti dell'ambiente, tanto interni (effetti di un sottosistema sugli altri) quanto esterni (fattori contestuali naturali o umani).

2.3. La masseria come sistema complesso: metodi e tecnologie per la Masseria 4.0

Ogni masseria rappresenta un ambiente fortemente interconnesso e dinamico, dove l'uso delle risorse deve essere monitorato, valutato e implementato in risposta a molteplici fattori in modo continuo e consapevole. Questa complessità può limitare l'effettività di un approccio analitico, a causa delle diverse forme di incertezza che entrano in gioco: fattori aleatori nei singoli sottosistemi di produzione animale e vegetale, limitato controllo in termini di variabili regolabili da parte del gestore, effetti sinergici tra i diversi sottosistemi. A titolo di esempio, si può notare come un evento indesiderato sulla produzione animale possa avere effetti a catena sull'equilibrio degli altri sottosistemi, inclusi quelli di produzione vegetale che beneficiano degli scarti di origine animale. Ciò suggerisce di adottare un approccio osservativo, ovvero top-down, dove l'ambiente Masseria 4.0 è gestito a partire dall'osservazione di adeguati fattori che guidano, dinamicamente, le decisioni e le azioni di gestione. Questo approccio può ovviare alle limitazioni che una metodologia analitica/bottom-up può generare; d'altra parte, le prospettive top-down e bottom-up non sono mutualmente esclusive, e diversi sotto-processi di gestione della Masseria 4.0 possono essere condotti con uno o con l'altro metodo. Per garantire un monitoraggio continuo dell'ambiente Masseria 4.0, si identificano tre requisiti discriminanti:

- L'inclusione di strumenti di sensoristica ad integrazione delle capacità di osservazione umana. Tale fattore è basilare per aumentare lo spettro di possibili osservazioni, dando quindi visibilità su dimensioni che possono avere un impatto robusto su più funzionalità. Per impatto robusto, si intende in questo caso un'associazione tra un fattore osservato e una variabile latente, dove la seconda determina effetti sulla prima. Tale principio è anche alla base dei metodi di analisi fattoriale dei dati e mira a distinguere le associazioni spurie da quelle strutturali.

- L'integrazione di informazione rivenente dai dati catturati dai sensori con quella derivante dall'esperienza umana: il principio di non-invasività si traduce, in questo punto, come la definizione di processi e tecnologie human-centric, dove l'esperienza non codificata, ma di alto valore dei gestori umani è supportata da nuove tecnologie.

- La presenza di attuatori che, sulla base delle informazioni catturate e dell'integrazione con l'esperienza umana a fini decisionali, possano automatizzare azioni e processi specifici.

Il primo dei precedenti punti implica l'utilizzo non solo di adeguate reti di sensori, in linea con la filosofia IoT, ma anche di metodi e tecniche adeguate per la loro analisi. Ciò serve a distinguere il concetto di correlazione da quello di causalità, dato che è su quest'ultima che i gestori della Masseria 4.0 possono valutare le strategie di intervento.

Tra i sensori che potenzialmente hanno un impatto rilevante sull'ambiente della masseria, menzioniamo:

- Sensori fisici: dispositivi fisici in grado di misurare parametri quali temperatura, umidità, radiazione, pioggia, inquinanti atmosferici gassosi e particolati, conducibilità del suolo e dell'acqua, acidità e ossidoriduzione potenziale, rileverà automaticamente i dati e li comunicherà al titolare

- Sensori chimici: sensori elettrochimici per le concentrazioni di inquinanti, indicatori come la cartina tornasole che sarà in grado di rilevare gli elementi presenti nella composizione del terreno (pianta specifica nutrienti, inquinanti, ecc.), dell'aria (CO₂), dell'acqua (inquinanti), dei prodotti agroalimentari, colorimetrici indicatori per parametri di qualità del suolo e dell'acqua come la salinità e il contenuto di ioni specifici.

- **Sensori biologici:** Indicatori bio ed enzimatici: organismi sentinella (es. piante, lombrichi, api, batteri luminescenti, ecc.) e biomarcatori specifici (cioè esterasi, proteine leganti i metalli, metaboliti) forniranno informazioni sullo stato di salute dell'aria, del suolo e delle piante mediante analisi visiva (colore, forma, mortalità, mobilità, presenza/assenza, eccetera.).

Grazie alle recenti potenzialità tecnologiche, i dati raccolti da tali sensori possono elaborati nel luogo della loro raccolta (*edge computing*), o essere memorizzati in database definiti da adeguate strutture architettoniche: ad esempio, la codifica di conoscenza specifica per i domini di interesse e i relativi processi può essere effettuata definendo database relazionali sulla base di adeguati diagrammi entità-relazione. L'informazione estratta dai sensori succitati, estraibile da dati adeguatamente formattati con tecniche di preprocessing (in particolare, data cleaning, data reduction e data standardisation), e storicizzati, può essere integrata con la conoscenza umana attraverso la definizione di **Decision Support Systems (DSS)** [3] interattivi: gli attuali standard per la codifica e l'automazione di logiche decisionali (ad esempio, il DMN – Decision Model & Notation [4]) permettono di includere non solo dati in input, ma anche conoscenza pregressa, inclusi gli aspetti normativi, per arrivare a decisioni integrate. Tali logiche permettono di esplicitare i nodi di interazione con l'esperto umano, e questo permette di non seguire approcci statici ma, al contrario, processi decisionali dinamici e adattivi che per l'ottimizzazione di processi in forma adattiva rispetto alla complessità degli ambienti (e.g., per rinforzo). Infine, basandosi sul precedente elenco di possibili sensori, sulle caratteristiche funzionali tipiche della masseria e sui criteri e gli attributi di soddisfazione che possano guidare le decisioni seguendo un approccio dinamico e adattivo, si menzionano i seguenti attuatori:

- Movimentatori di pannelli solari;
- Erogatori di energia regolabili;
- Regolatori dei flussi di approvvigionamento idrico;
- Regolatori fornitura mangimi.

2.4. Elementi di innovazione biologica e ambientale nella Masseria 4.0

In un contesto innovativo la Masseria 4.0 punta a sfruttare alcune attività di supporto alle pratiche agricole e alle tecniche agronomiche anche grazie alla conoscenza approfondita dei fattori ambientali biotici ed abiotici, indispensabile per compiere scelte corrette per la gestione degli agroecosistemi e per meglio sfruttare ai fini agrari le risorse biologiche naturali. Tra i vari approcci quello ecosistemico risulta essere quello più affine alle strategie messe a punto nel sistema Masseria 4.0. L'approccio ecosistemico è “una strategia per la gestione integrata della terra, dell'acqua e delle risorse viventi che promuove la conservazione e l'uso sostenibile in modo giusto ed equo” [5]. Un approccio ecosistemico porta diversi benefici (Fig.1) mediante l'applicazione di strategie ben definite.

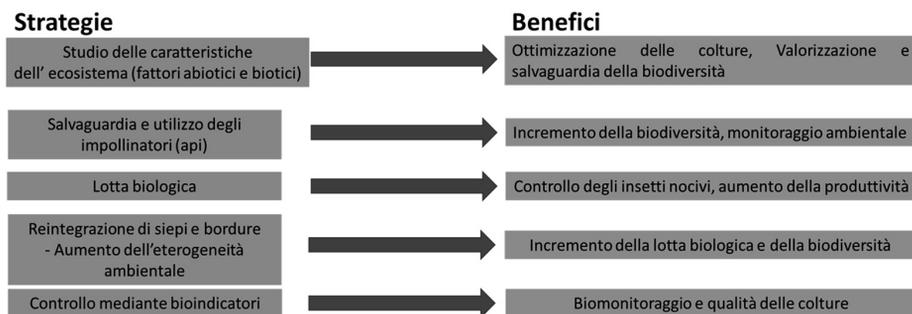


Fig. 1 – Schema delle strategie e dei bei benefici di un approccio ecosistemico applicata ad un sistema “Masseria 4.0

Ad esempio il recupero di alcune pratiche quali l'apicoltura e la lombricoltura integrate nel concetto di approccio eco sistemico, apportano dei vantaggi competitivi rispetto al concetto di monocultura o di attività singola. Infatti tali pratiche possono essere considerate multifunzione. L'apicoltura oltre a portare reddito grazie a diversi prodotti (miele, propoli, pappa reale, cera, veleni) che possono essere sfruttati in più settori commerciali (alimentare, cosmetico, farmacologico, conciario), può essere utilizzata per programmi di monitoraggio ambientale. Negli ultimi anni il monitoraggio con le api ha assunto maggior importanza per le sue caratteristiche di semplicità gestionale, economicità e maggior efficacia di rilevazione rispetto alle centraline fisse. Le api, infatti, sono in grado di svelare la salute dell'ambiente per un raggio di azione fino a 3 Km dalla ubicazione delle stazioni di rilevamento. Anche la lombricoltura può essere multifunzione. Infatti oltre al recupero e al riciclo di scarti organici animali e vegetali con conseguente produzione di humus, i lombrichi possono essere utilizzati come organismi bioindicatori della qualità e salubrità del suolo. Altro esempio di approccio ecosistemico e integrato può essere la bachicoltura, monitorata attraverso l'automazione 4.0, e il conseguente sviluppo della filiera tessile, che viaggia di pari passo a quella della produzione della lana grazie all'allevamento degli ovini.

2.5. Cenni di proposta implementativa

In conclusione, descriviamo brevemente alcuni potenziali scenari implementativi che saranno oggetto di future attività di ricerca.

Partendo dalle serre e le stalle in cui vengono ricoverati gli animali, queste possono essere dotate di pannelli solari che alimentino ulteriori supporti tecnologici, quali sensori e pannelli di controllo con sistema di supporto alle decisioni (DSS) per l'automazione delle stesse strutture e per il miglioramento della gestione attraverso il rilevamento costante delle informazioni necessarie (ad esempio delle risorse idriche). Il sistema di serre ideato, consta di una struttura indoor per la coltivazione di ortaggi e fiori corredata da nuove tecniche di monitoraggio e coltivazione. Si valuterà l'introduzione di specie coltivabili secondo pratiche di agricoltura sinergica. La struttura di produzione potrebbe essere realizzata utilizzando tecniche di additive manufacturing e materiali plastici riciclati e riciclabili, anch'essa con componenti modulari assemblabili. La struttura modulare offre la possibilità di ridurre i costi di manutenzione, sostituendo solo il modulo interessato da potenziali danni/difetti. Inoltre permette di ampliare facilmente le superfici coltivate aumentando il numero di moduli collegati in serie. Al di sotto della struttura, un robot con braccio mobile si muoverà su appositi binari con lo scopo di innaffiare, monitorare la coltura e raccogliere in maniera automatica i prodotti maturi. In particolare quest'ultima funzione sarà resa possibile grazie all'applicazione di tecniche di computer vision. La struttura potrà essere realizzata ipotizzando dei letti alternativi basati su parametri che possono essere controllati mediante opportune tecniche di sintesi e scelta dei materiali di partenza in relazione alle caratteristiche delle soluzioni da impiegare. La soluzione sarà dotata di un sistema di sensori operante in logica IoT, attraverso cui raccogliere dati utili alla gestione delle condizioni di produzione e alla manutenzione della struttura.

3. Conclusioni

Il presente contributo si è focalizzato su alcuni aspetti caratterizzanti le masserie che, alla luce della rinnovata attenzione verso di esse e delle innovazioni tecnologiche, possono dare luogo a proposte di ricerca mirate alla sostenibilità. Partendo da una disamina del contesto nel quale le masserie si sono sviluppate, sono stati evidenziati i fattori che possono trarre vantaggio da un'integrazione non-invasiva e consapevole con le nuove tecnologie, tanto nel dominio dell'integrazione quanto in quello biologico ed ecosistemico. Ciò fornisce una base per future analisi più dettagliate e per attività mirate svolte in contesti reali.

Bibliografia

- [1] **Mongiello L., 1996.** “Masserie di Puglia”. Edizioni Adda, Bari, Italy.
- [2] **Costantini A., 1995.** “Le masserie del Salento. Dalla masseria fortificata alla masseria villa”. Edizioni Congedo, Galatina (Lecce), Italy.
- [3] **Burstein, F., & Holsapple, C. W.** (Eds.). (2008). *Handbook on decision support systems 2: variations*. Springer Science & Business Media.
- [4] **OMG,** Decision Model and Notation (DMN™), Versione 1.3 (Marzo 2020).
- [5] **Secretariat of the Convention on Biological Diversity,** 2004. The Ecosystem approach. Montreal, Canada.

L'applicazione della Raccomandazione 2013/179/EU a un'azienda tarantina

Bruno Notarnicola¹ bruno.notarnicola@uniba.it, Giuseppe Tassielli¹, Pietro Alexander

Renzulli¹, Rosa Di Capua¹, Nicola Mancini²

¹Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

Dipartimento Jonico in "Sistemi Giuridici ed Economici del Mediterraneo: società, ambiente, culture", Taranto, Italia

²Italcave SpA, via per Statte, 6000 - 74123 – Taranto

Riassunto

Il presente lavoro descrive uno studio riferito a un'azienda polisettoriale la quale intende tracciare il profilo ambientale di tutte le sue attività con l'intento di migliorare nel tempo la propria prestazione. Le attività dell'organizzazione riguardano una cava di inerti calcarei, una discarica di rifiuti speciali non pericolosi, un deposito temporaneo di materiale alla rinfusa e una impresa portuale. Lo strumento per definire l'impronta ambientale aziendale è la Organisation Environmental Footprint (OEF; non essendoci OEF Sector Rules specifiche per l'azienda oggetto dello studio, la OEF è stata redatta secondo quanto previsto dalla raccomandazione 2013/179/EU). Le categorie di potenziale impatto ambientale che contribuiscono maggiormente all'impronta ambientale dell'organizzazione sono il cambiamento climatico, la formazione di smog fotochimico, le emissioni di particolato e l'eutrofizzazione terrestre. Questi impatti sono dovuti alla combustione di gasolio, all'emissione di biogas di discarica non captato e alle polveri emesse durante le attività di frantumazione in cava e scarico merci nel porto e nel deposito. Lo studio ha permesso di identificare alcune opzioni di miglioramento del profilo ambientale.

Summary

This work describes a study referring to a multi-sector company which intends to trace its environmental profile of all its activities with the aim of improving its performance over time. The organization's activities concern a quarry of calcareous aggregates, a landfill for special non-hazardous waste, a temporary storage of bulk material and a port company. The tool for defining the corporate environmental footprint is the Organization Environmental Footprint (OEF) which, since there are no specific OEF Sector Rules for the type of company being studied, was drawn up in accordance with the recommendations of 2013/179 / EU. The potential environmental impact categories that contribute most to the organisation's environmental footprint are climate change, the formation of photochemical impact smog, particulate emissions and terrestrial eutrophication. These impacts are due to the combustion of diesel fuel, the emission of untapped landfill biogas and the dust emitted during the crushing activities in the quarry and unloading goods in the port and warehouse. The results include the identification of some improvement options of the environmental profile.

1. Introduzione

Il concetto di impronta ecologica, inizialmente sviluppato negli anni 90 [1], inteso come misura dell'utilizzo di risorse naturali e immissione nella biosfera di rifiuti dovuti alle attività

umane, si è sviluppato sotto forma di vari approcci scientifici di diversa natura [2] che nel tempo si sono sempre più basati sul concetto di ciclo di vita [3,4]. Con lo scopo di ridurre e semplificare il più possibile l'utilizzo dei molteplici metodi ed delle differenti etichette ambientali ad oggi disponibili, muovendosi dunque nell'interesse sia dei produttori/fornitori che dei consumatori, in merito all'impronta ambientale di prodotto (PEF – Product Environmental Footprint) ed delle organizzazioni (OEF – Organization Environmental Footprint) la Commissione Europea ha emanato la Raccomandazione 2013/179/UE [5] relativa “all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni”. A questa raccomandazione sono seguiti dei suggerimenti per aggiornare la metodologia OEF [6].

La OEF è un sistema basato sul Life Cycle Assessment (LCA), impiegato al fine di calcolare la performance ambientale di un'organizzazione nel suo complesso. Sia la raccomandazione che i suddetti suggerimenti prevedono delle Organisation Environmental Footprint Sector Rules (OEFSR), ovvero delle regole che integrano le linee guida metodologiche generali per gli studi sull'OEF fornendo ulteriori specificazioni a livello di un settore specifico. Le OEFSR sono definite principalmente con riferimento alle attività caratteristiche del settore, come rappresentate in un tipico portafoglio di prodotti.

Il presente lavoro descrive uno studio OEF riferito a un'azienda polisettoriale [7] la quale intende tracciare il profilo ambientale di tutte le sue attività con l'intento di migliorare nel tempo la propria prestazione. Non essendoci OEFSR specifiche per l'azienda oggetto della presente, lo studio è stato redatto secondo quanto previsto dalla raccomandazione 2013/179/EU e laddove possibile secondo i suddetti suggerimenti [6].

2. L'azienda oggetto di studio e il portafogli delle attività/servizi svolti

La Italcave SpA è un'azienda polisettoriale tarantina le cui attività svolte nel 2019 sono finalizzate alla fornitura di prodotti e di servizi così come descritto di seguito:

- Gestione di una discarica (di proprietà della Italcave SpA) per rifiuti speciali non pericolosi (attività classificata con codice NACE 38.21. Nel 2019 son stati gestiti 354.354 t di rifiuti speciali non pericolosi.
- Gestione di una cava (di proprietà della Italcave SpA) per estrazione di materiale calcareo, frantumazione e preparazione di inerti (attività classificate con codice NACE 8.11 e 9.90). Nel 2019 sono stati prodotti 688.455 t di inerti.
- Movimentazione di merci imballate e alla rinfusa sul molo polisettoriale del porto di Taranto (attività classificata con codice NACE 52.24). I prodotti (silicato di ferro, pet coke, palm-oil, minerale di ferro, carbon coke e carbon fossile) sono scaricati dalle navi e caricati sugli automezzi stradali. Nel 2019 sono state movimentate 1.569.500 t di merci.
- Gestione di un deposito temporaneo (di proprietà della Italcave SpA) di merci alla rinfusa (silicato di ferro e pet-coke) (attività classificata con codice NACE 52.10). Nel 2019 sono state gestite 89.834 t di merci alla rinfusa.
- Utilizzo di un deposito mezzi a Pulsano (TA).
- Gestione di una Agenzia Marittima (di proprietà della Italcave SpA). Le attività svolte sono finalizzate alla organizzazione di spedizioni marittime.
- Gestione centralizzata di tutte le attività svolte dall'organizzazione (uffici centrali localizzati nell'area della suddetta cava di proprietà della Italcave SpA).

3. Il confine organizzativo oggetto di studio

Nello studio si adotta un *consolidation method* basato sul controllo esercitato da parte della Italcave SpA sulle attività svolte. Nello specifico, la contabilizzazione delle emissioni, dei consumi di materia e di energia è pertinente alle attività per le quali la Italcave SpA ha un con-

trollo operativo o finanziario nel 2019. Il confine organizzativo è costituito da vari processi/attività illustrati nella seguente figura:

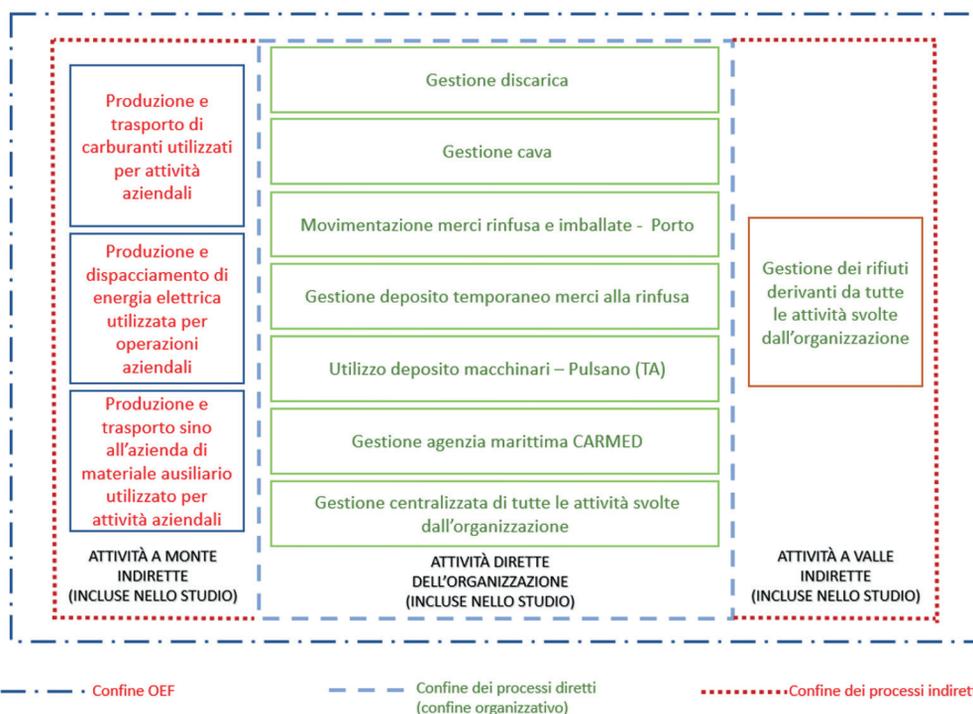


Fig. 1 – Confine organizzativo e confine OEF dell'organizzazione oggetto di studio nell'anno 2019

3.1 Esclusione di alcuni processi indiretti (downstream e upstream) dal confine OEF

La seguente tabella rappresenta una mappatura delle esclusioni di emissioni indirette in relazione alle diverse attività dirette incluse nel confine operativo del presente studio

Attività indirette escluse dallo studio	Attività diretta della Italcave SpA pertinente all'esclusione
Trasporto (effettuato dai clienti) delle merci prodotte/gestite presso la loro destinazione finale	<i>Cava e deposito</i>
Trasporto di visitatori e clienti dell'organizzazione	<i>Tutte le attività dell'organizzazione</i>
Fase d'uso delle merci prodotte	<i>Cava</i>
Trasporto da parte di terzi dei rifiuti in entrata in discarica	<i>Discarica</i>
Uso di beni capitali (inclusi assets) e servizi ausiliari svolti al di fuori dell'azienda (es. servizi bancari)	<i>Tutte le attività dell'organizzazione</i>

Tab. 1 – Mappatura delle esclusioni di emissioni indirette in relazione alle diverse attività dirette incluse nel confine operativo del presente studio

4. Principali assunzioni, ipotesi e limitazioni

Di seguito si illustrano le assunzioni e ipotesi alla base dello studio per ciascun'attività svolta dall'organizzazione nell'anno di riferimento.

Settore/attività dell'organizzazione	Assunzione/ipotesi
Discarica - Biogas	Lo studio delle emissioni di biogas dalla discarica è strutturato come una short-term LCA così come anche suggerito dalle Product Category Rules (PCR) della EPD® per i sistemi di gestione dei rifiuti [8], e quindi considera solo gli effetti del sistema sull'ambiente durante il suo funzionamento e sino a 30 anni dopo la chiusura della discarica (post-gestione).
Discarica percolato	Il percolato raccolto nel 2019 rappresenta la quantità emessa durante tutto il periodo di gestione/servizio della discarica, attribuibile al rifiuto conferito nel 2019. Nella realtà tale quantitativo include anche i quantitativi derivanti dal conferimento di rifiuti avvenuto in precedenza ed esclude le quantità che saranno emesse dal rifiuto del 2019 negli anni successivi. L'ipotesi semplificativa, quindi, controbilancia questi due effetti. Il percolato captato durante il periodo di post gestione (30 anni dalla chiusura della discarica), attribuibile al rifiuto conferito nel 2019, sarà uguale al succitato quantitativo durante l'anno di riferimento (2019).
Discarica - Polveri da movimentazione rifiuti	Per il calcolo delle emissioni di polveri totali sospese derivanti dalle attività di movimentazione del rifiuto in discarica si è preso come riferimento lo studio condotto da Marengo et al. [9] che, come merce alla rinfusa, prende in considerazione il carbone.
Cava - Polveri	Utilizzo dati delle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti" dell'ARPA Toscana.
Cava - Esplosivo	Non avendo dati primari, per stimare le emissioni di ossidi di azoto dovute all'uso di esplosivo si è considerato un fattore medio di emissione preso dalla letteratura Oluwoye et al. [10]
Tutte le attività – Trasporti	Ove non è stato possibile reperire informazioni sulla classe ambientale dei mezzi utilizzati per i trasporti pertinenti all'unità di analisi si è ipotizzato che tali mezzi fossero di categoria Euro 4.
Tutte le attività – Gestione rifiuti in uscita	Si ipotizza che il destinatario del rifiuto da riciclare, in uscita dal confine aziendale, sia il recuperatore del rifiuto segnato sui MUD aziendali. Questa ipotesi potrebbe in realtà essere una limitazione, in termini di incertezza della quantificazione del trasporto, in quanto il destinatario del rifiuto potrebbe svolgere solo la messa in riserva del rifiuto per poi passarlo ad un altro gestore per il riciclo vero e proprio.

Tab. 2 – Indicazione delle principali assunzioni e ipotesi

5. Principali risultati

Per il calcolo della OEF sono stati utilizzati i metodi suggeriti nel documento "Suggestions for updating the OEF method" [5].

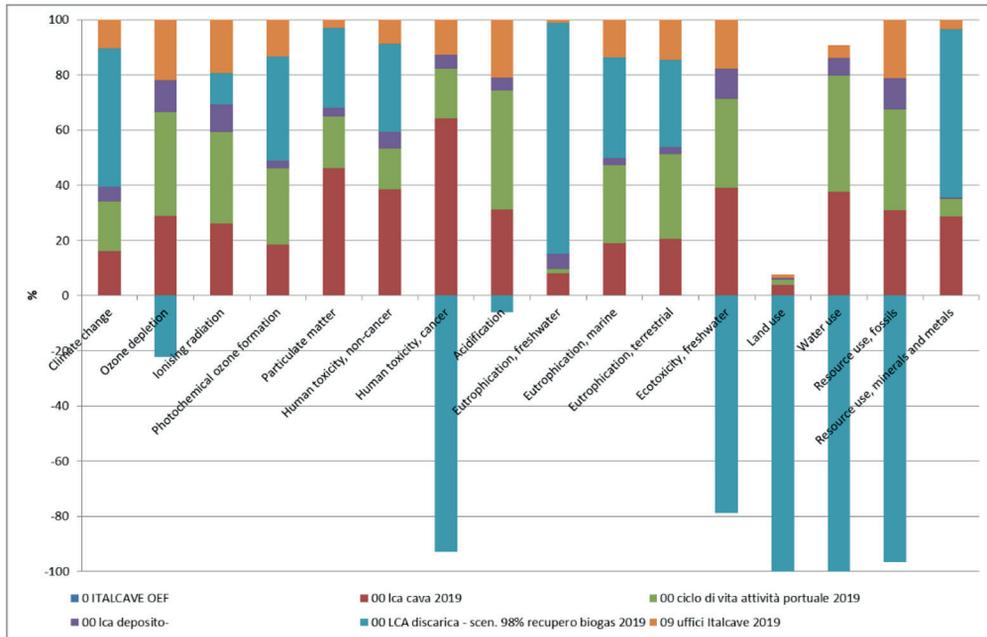


Fig. 2 – Caratterizzazione del sistema OEF diviso per attività

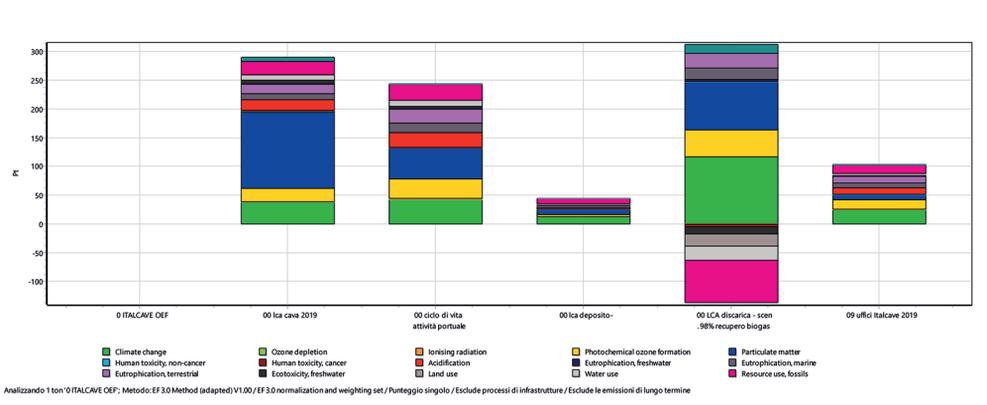


Fig. 3 – Eco-indicatore di impatto complessivo della OEF del sistema diviso per attività

Le attività con i maggiori impatti sono la cava (33,8%), le attività portuali (28,5%) e la discarica (20,4%).

Le principali categorie d’impatto sono:

- Particolato (Particulate Matter) nelle attività di cava (15,4%), discarica (9,6%) e in quelle portuali (6,2%);
- Cambiamento climatico nelle attività di discarica (13,6%);
- Formazione di Ozono Fotochimico nelle attività di discarica (5,4%).

Le sostanze emesse più impattanti sono illustrate nella seguente tabella:

Sostanza	Settore	Contributo % dell'impatto
Particolato, < 2,5 um	Aria	27%
NOx	Aria	26%
Metano	Aria	25%
Petrolio	Consumo di risorse	18%
Particolato, < 10 um	Aria	18%

Tab. 3 – Sostanze più impattanti emesse dal sistema aziendale

I materiali impiegati che contribuiscono maggiormente al profilo OEF complessivo sono il gasolio e l'argilla. I processi che influiscono maggiormente sull'eco-indicatore totale sono illustrati di seguito.

Combustione del gasolio	63,7%
Trasporti di materiali e reflui	35,2%
Emissioni di biogas non captato in aria	26,9%
Sbarco del minerale di ferro	19,4%
Approvvigionamento argilla	9,2%
Emissioni dirette frantumazione primaria inerti cava	7,5%

Tab. 4 – Processi che influiscono maggiormente sull'eco-indicatore

Alcune categorie d'impatto mostrano valori negativi, implicano cioè un credito ambientale; ciò è dovuto alla produzione di energia elettrica attraverso la combustione di biogas che sostituisce la produzione di energia elettrica per via convenzionale.

6. Conclusioni

L'azienda Italcave SpA, in virtù del suo impegno nel perseguire un percorso sempre più ambientalmente sostenibile, attraverso il presente studio OEF ha tracciato un profilo dell'organizzazione aziendale nel suo complesso identificando i settori le e attività più critiche in termini di performance ambientale. Sono state anche identificate delle potenziali azioni di miglioramento delle prestazioni ambientali illustrate di seguito.

- Emissioni di NO_x: Effettuare misurazioni in loco a campione anche con sistema mobile supportato da drone o sistema mobile da terra.
- Consumo di gasolio: il totale consumato è misurato, l'attribuzione ai prodotti è effettuata sulla base di stime e ipotesi (sul consumo specifico di carburante delle singole apparecchiature, sulla base del driver "turni di lavoro"); misurare il consumo specifico delle singole macchine, con sperimentazioni a campione sul campo; rilevare effettivamente le ore di funzionamento, con sperimentazioni a campione sul campo.
- Trasporti: Rilevare effettivamente la classe di tutti i mezzi utilizzati anche quelli non sotto il diretto controllo dell'organizzazione.
- Verificare la possibilità di attribuzione dei consumi di energia elettrica, di acqua, di materiali ausiliari, emissioni di particolato sulla base di rilevazioni effettive.
- Percolato: ottenere dati specifici di impianto sul trattamento del percolato da parte dei propri fornitori.
- Percolato: monitorare le concentrazioni di Cr e Cr VI presenti nello stesso.
- Migliore definizione del rifiuto in ingresso permetterebbe di ridurre le incertezze legate a tali stime. Per far ciò sarebbe opportuno effettuare campagne campionarie di analisi sui rifiuti

in ingresso in modo da conoscere più approfonditamente la composizione percentuale sia in termini di Carbonio (suddiviso in totale e biogenico) che eventualmente di metalli.

Bibliografia

- [1] **Wackernagel M and Rees W.** (1996) *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Pub.
- [2] **A. Galli** (2015). *Footprints*. E. Wohl (Ed.), *Oxford Bibliographies in Environmental Science*, Oxford University Press, New York (2015)
- [3] **ISO** (2006a), UNI EN ISO 14040:2006. “Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Principi e quadro di riferimento”. Sostituisce la norma UNI EN ISO 14040:1998.
- [4] **ISO** (20018), UNI EN ISO 14044:2018. “Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Requisiti e linee guida”. Sostituisce le norme UNI EN ISO 14041:1999, UNI EN ISO 14042:2001, UNI EN ISO 14043:2001.
- [5] **CE** (2013) Raccomandazione della C.E., del 9/4/2013, relativa all’uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni (2013/179/UE).
- [6] **Zampori, L. and Pant, R.**, Suggestions for updating the Organisation Environmental Footprint (OEF) method, EUR 29681 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-00651-0, doi:10.2760/577225, JRC115960.
- [7] Italcave (2019). Dichiarazione Ambientale - Anno 2019. <http://www.italcave.it/>
- [8] **EPD. 2008**. Environmental Product Declaration product group classification: UN CPC 942, 943 - Solid waste disposal services. Product category rules according to ISO 14025. Available at <http://environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=5810>
- [9] **Marenco L. and Cantillo V.** (2014) A framework to evaluate particulate matter emissions in bulk material ports: case study of Colombian coal terminals. *Maritime Policy & Management*. Volume 42, 2015 - Issue 4.
- [10] **Oluwoye, I., Dlugogorski, B.Z., Gore, J., Oskierski, H.C., Altarawneh, M.**, 2017. Atmospheric emission of NOx from mining explosives: A critical review, *Atmospheric Environment*, Volume 167, pp. 81–96.

Inventario di GHG di una organizzazione polisetoriale tarantina

Bruno Notarnicola¹ bruno.notarnicola@uniba.it, Giuseppe Tassielli², Pietro Alexander Renzulli³, Rosa Di Capua¹, Nicola Mancini²

¹Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

Dipartimento Jonico in "Sistemi Giuridici ed Economici del Mediterraneo: società, ambiente, culture", Taranto, Italia

²Italcave SpA, via per Statte, 6000 - 74123 – Taranto

Riassunto

Il presente lavoro descrive uno studio riferito a un'azienda polisetoriale la quale intende intraprendere un percorso verso la neutralità carbonica di tutte le sue attività. Il punto di partenza per raggiungere tale obiettivo è stato quello di rendicontare gli inventari di GHG a livello di organizzazione secondo quanto descritto nella ISO 14064 - parte 1. Le attività aziendali riguardano una cava di inerti calcarei, una discarica di rifiuti speciali non pericolosi, un deposito temporaneo di materiale alla rinfusa e una impresa portuale. Le criticità in termini di emissioni GHG complessive, si riferiscono principalmente alla discarica e sono rappresentate dall'emissione di biogas da discarica non captato, dall'utilizzo di cemento, calcestruzzo e acciaio per l'ampliamento della discarica; inoltre, l'utilizzo di gasolio per tutte le attività svolte dall'azienda rappresenta una criticità in termini di emissioni complessive di GHG. Le emissioni di GHG riferiti alla singola tonnellata di merci prodotte o movimentate nell'anno, indicano una maggiore incidenza delle attività di discarica, seguite da quelle del deposito e dalle attività di cava. Lo studio ha permesso di identificare alcune opzioni di miglioramento del profilo ambientale in termini di potenziale riduzione di emissioni di GHG.

Summary

This work describes a study referring to a multi-sector company which intends to undertake a path towards carbon neutrality of all its activities. The starting point to achieve this goal was to report GHG inventories at the organization level as described in ISO 14064 - part 1. The company activities concern a quarry of limestone aggregates, a landfill for special non-hazardous waste, a temporary storage of bulk material and a port company. The critical issues in terms of overall GHG emissions mainly refer to the landfill and are represented by the emission of biogas from landfill not captured, by the use of cement, concrete and steel for the extension of the landfill; in addition, the use of diesel fuel for all the activities carried out by the company represents a critical issue in terms of overall GHG emissions. GHG emissions referring to the single ton of goods produced or handled during the year indicate a greater incidence of the landfill, followed by the storage activities and by the quarrying activities. The results include the identification of some improvement options of the environmental profile.

1. Introduzione

Il punto di partenza per l'implementazione di una strategia di riduzione dell'impatto climatico di una azienda è la quantificazione degli impatti climateranti dell'attività aziendale. Questa

quantificazione può essere formulata a livello di prodotto (o servizio) aziendale [1] (Carbon Footprint di Prodotto) oppure a livello di intera azienda. In quest'ultimo caso si parla di Carbon Footprint delle Organizzazioni in quanto viene realizzato un "Inventario delle emissioni di gas serra" riferita all'esercizio aziendale annuale. Tale tipo di studio è normato dalla ISO 14064 [2]. A supporto di quest'ultimo tipo di studio è stato redatto anche un "Technical report" [3].

Il presente lavoro descrive uno studio GHG riferito a un'azienda polisettoriale [4] la quale intende tracciare il profilo ambientale di tutte le sue attività con l'intento di migliorare nel tempo la propria prestazione. A tal fine, la rendicontazione degli inventari GHG a livello di organizzazione è stata redatta secondo quanto descritto nella ISO 14064 - parte 1 e laddove possibile secondo quanto raccomandato nello specifico suddetto Technical Report.

2. L'azienda oggetto di studio e il portafoglio delle attività/servizi svolti

La Italcave SpA è un'azienda polisettoriale tarantina le cui attività svolte nel 2019 sono finalizzate alla fornitura di prodotti e di servizi così come descritto di seguito:

- Gestione di una discarica (di proprietà della Italcave SpA) per rifiuti speciali non pericolosi (attività classificata con codice NACE 38.21. Nel 2019 sono stati gestiti 354.354 t di rifiuti speciali non pericolosi.
- Gestione di una cava (di proprietà della Italcave SpA) per estrazione di materiale calcareo, frantumazione e preparazione di inerti (attività classificate con codice NACE 8.11 e 9.90). Nel 2019 sono stati prodotti 688.455 t di inerti.
- Movimentazione di merci imballate e alla rinfusa sul molo polisettoriale del porto di Taranto (attività classificata con codice NACE 52.24). I prodotti (silicato di ferro, pet coke, palm-oil, minerale di ferro, carbon coke e carbon fossile) sono scaricati dalle navi e caricati sugli auto-mezzi stradali. Nel 2019 sono state movimentate 1.569.500 t di merci.
- Gestione di un deposito temporaneo (di proprietà della Italcave SpA) di merci alla rinfusa (silicato di ferro e pet-coke) (attività classificata con codice NACE 52.10). Nel 2019 sono state gestite 89.834 t di merci alla rinfusa.
- Utilizzo di un deposito mezzi a Pulsano (TA).
- Gestione di una Agenzia Marittima (di proprietà della Italcave SpA). Le attività svolte sono finalizzate alla organizzazione di spedizioni marittime.
- Gestione centralizzata di tutte le attività svolte dall'organizzazione (uffici centrali localizzati nell'area della suddetta cava di proprietà della Italcave SpA).

3. Il confine operativo oggetto di studio

Al fine di tener conto non solo delle emissioni e rimozioni dirette ma anche di quelle indirette di GHG, il confine operativo del sistema analizzato tiene conto di tutti i processi che avvengono sotto il controllo dell'azienda.

Il confine organizzativo è costituito da vari processi/attività illustrati nella seguente figura:

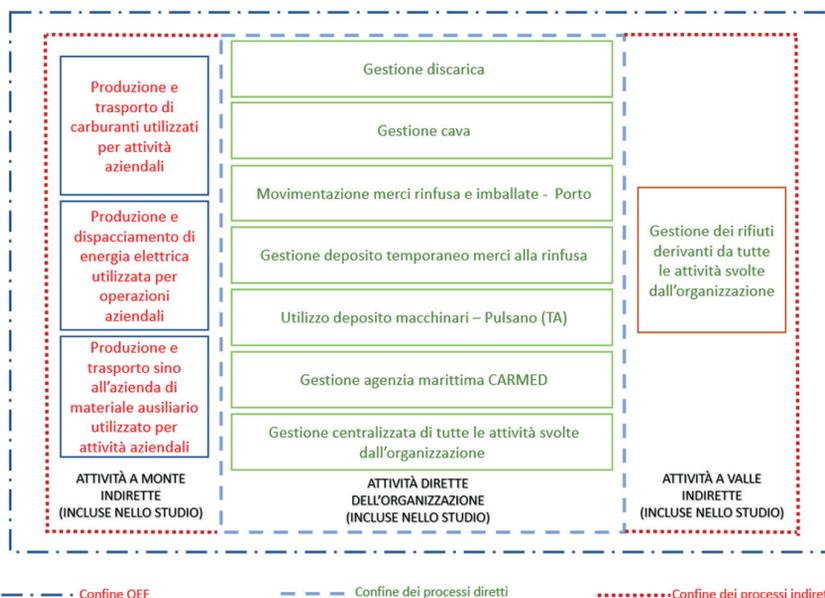


Fig. 1 – Confine organizzativo e confine dello studio GHG dell'organizzazione oggetto di studio nell'anno 2019

3.1 Esclusione di alcuni processi indiretti (downstream e upstream) dal confine operativo

La seguente tabella rappresenta una mappatura delle esclusioni di emissioni indirette in relazione alle diverse attività dirette incluse nel confine operativo del presente studio

Attività indirette escluse dallo studio	Attività diretta della Italcave SpA pertinente all'esclusione
Trasporto (effettuato dai clienti) delle merci prodotte/gestite presso la loro destinazione finale	<i>Cava e deposito</i>
Trasporto di visitatori e clienti dell'organizzazione	<i>Tutte le attività dell'organizzazione</i>
Fase d'uso delle merci prodotte	<i>Cava</i>
Trasporto da parte di terzi dei rifiuti in entrata in discarica	<i>Discarica</i>
Uso di beni capitali (inclusi assets) e servizi ausiliari svolti al di fuori dell'azienda (es. servizi bancari)	<i>Tutte le attività dell'organizzazione</i>

Tab. 1 – Mappatura delle esclusioni di emissioni indirette in relazione alle diverse attività dirette incluse nel confine operativo del presente studio

4. Fonte dei dati

La principale base-dati per il presente studio è rappresentata dagli inventari dettagliati inerenti a studi di LCA, redatti in precedenza, delle attività di cava, deposito, discarica e attività portuali. In questi studi i dati di foreground (relativi alle emissioni dirette) oggetto del presente lavoro sono stati raccolti direttamente sul campo con la collaborazione dei tecnici di Italcave SpA. I dati di background sono stati presi dalle banche dati di LCA (principalmente Ecoinvent v3.0 [5]).

5. Tipologie di emissioni

Le emissioni dirette considerate in questo studio sono state categorizzate così come indicato nella UNI EN ISO 14064-1:2019, ovvero quelle derivanti da azioni o attività sotto il diretto controllo dell'organizzazione:

- 1.1 Emissioni dirette derivanti dalla combustione in processi stazionari
- 1.2 Emissioni dirette derivanti dalla combustione in processi mobili
- 1.3 Emissioni dirette derivanti da processi industriali
- 1.4 Emissioni dirette fuggitive da sistemi antropogenici
- 1.5 Emissioni dirette dalla trasformazione dell'uso del suolo

Le emissioni indirette considerate in questo studio sono state categorizzate così come indicato nella UNI EN ISO 14064-1:2019, ovvero:

- 2.1 Emissioni indirette dovute all'importazione di energia elettrica
- 2.2 Emissioni indirette dovute all'importazione di energia
- 3.1 Emissioni indirette dovute al trasporto/distribuzione in entrata
- 3.2 Emissioni indirette dovute al trasporto/distribuzione in uscita
- 3.3 Emissioni indirette dovute al trasporto dipendente presso luogo di lavoro
- 3.5 Emissioni indirette dovute al trasporto dipendente per viaggi di lavoro
- 4.1 Emissioni indirette dovute all'acquisto di beni
- 4.3 Emissioni indirette dovute allo smaltimento di rifiuti liquidi e solidi

Le emissioni evitate considerate sono:

- 7.1 Emissioni evitate da prodotti riciclati
- 7.2 Emissioni evitate da energia elettrica esportata

6. Il metodo di calcolo delle emissioni

La metodologia di quantificazione utilizzata è il calcolo. La metodologia di calcolo utilizzata è basata sulla moltiplicazione tra il "Dato attività", che quantifica l'attività, e il corrispondente "Fattore di emissione":

$$\text{Emissione di GHG} = \text{Dato attività} \times \text{EF}$$

dove:

- *Emissione di GHG* è la quantificazione dei GHG emessi dall'attività, espressa in termini di tonnellate di CO₂ (tCO₂) o tonnellate di CO₂ equivalente (t CO₂e)
- *Dato attività* è la quantità, generata o utilizzata, che descrive l'attività, espressa in termini di energia (J o MWh), massa (kg) o volume (m³ o L)
- *EF* è il fattore di emissione che può trasformare la quantità nella conseguente emissione di GHG, espressa in CO₂ emessa per unità di dato attività

I valori utilizzati quale dato di attività e fattore di emissione derivano:

- dati attività:

◇ fatture metano, energia elettrica, gasolio, registri di apparecchiatura

◇ per il biogas non captato sono stati utilizzati dati riportati nei documenti ufficiali pertinenti alla Dichiarazione Ambientale annuale della Italcave SpA

- fattori di emissione:

Desunti prevalentemente dai processi del database EcoInvent v.3.0

L'inventario è stato calcolato con metodo di calcolo IPCC 2013. Inoltre, è stata calcolata l'emissione evitata di GHG riveniente dal riutilizzo di rifiuti/scarti.

7. Risultati

Di seguito si riporta una sintesi delle emissioni di GHG delle attività svolte dall'organizzazione nel 2019.

	Emissioni totali (kg CO ₂ eq.)	CO2 biogenica (kg CO ₂ eq.)	totale emissioni evitate (kg CO ₂ eq.)
cava	1.350,01	16,73	-81,71
porto	1.528,35	2,66	-2,86
uffici	892,78	3,72	-2,64
deposito	452,90	4,36	0,00
discarica	23.377,69	46.110,63	-6.025,53
Totale Italcave	27.601,73	46.138,09	-6.112,74

Tab. 2 – Sintesi dell’inventario GHG di tutte le attività della Italcave SpA (anno 2019)

Come si evince dall’inventario su riportato, circa l’85% delle emissioni totali di GHG è dovuto alla discarica (i dati però includono anche quelli pertinenti all’ampliamento della discarica nel 2019 che contribuiscono al 50% dei GHG attribuibili alla discarica).

La tabella seguente riporta il contributo dei principali processi dell’organizzazione alla produzione di GHG, che sommano complessivamente oltre il 90% delle emissioni. Si evince che la maggior parte dei processi è associabile alla discarica, seguita dalla combustione del gasolio nei vari siti e per le varie attività. Successivamente ci sono alcuni trasporti. Il consumo di energia elettrica quest’anno non risulta un grosso impatto, grazie al mix elettrico completamente rinnovabile.

attività	codice	processo	t CO ₂ eq	%
discarica	1.4	Biogas prodotto e non captato emesso in atmosfera (Nmc)	6749,73	24,5%
discarica	4.1	Cemento (t)	4805,29	17,4%
discarica	4.1	Calcestruzzo (m ³)	2853,25	10,3%
discarica	3.1	Argilla - Vasche ribaltabili con semirimorchio da 30 t (t.km)	2045,46	7,4%
discarica	4.1	acciaio (kg)	2045,05	7,4%
porto	1.1	Consumo gasolio (L) - stationary combustion	1096,09	4,0%
discarica	1.2	Gasolio per macchinari discarica (L) - Mobile combustion	941,83	3,4%
discarica	3.2	Trasporto percolato al sistema trattamento - Autocisterna a rimorchio (Euro 5) (t.km)	768,15	2,8%
cava	1.2	Gasolio - mobile combustion (L) (tutte le altre fasi)	659,06	2,4%
discarica	1.2	Gasolio (preso dal deposito Italcave) consumato per ampliamento lotto III discarica nell’anno 2019 - mobile combustion	648,78	2,4%
discarica	1.2	Gasolio extra consumato per ampliamento lotto III discarica nell’anno 2019(L) - mobile combustion	647,59	2,3%
uffici	1.2	Gasolio per servizi generali - mobile combustion (L)	594,74	2,2%
discarica	4.1	Argilla (t)	522,59	1,9%
deposito	3.2	Trasporto acque reflue presso smaltitore - autocisterne 30 mc (t.km)	343,72	1,2%
discarica	4.1	Telo HDPE (t)	297,47	1,1%

Tab. 3 – Contributo dei principali processi della Italcave SpA alla produzione di GHG (anno 2019)

Rapportando le emissioni di CO₂ equivalente ai volumi di produzione o di movimentazione delle singole attività nel corso dell'anno si ottengono gli Indicatori di Performance indicati nella seguente tabella (sono esclusi gli effetti dell'ampliamento della discarica nel 2019)

	t CO ₂ eq	t prodotte/movimentate	kg CO ₂ eq/t prodotte o movimentate
cava	1.350,01	688.455,00	1,96
porto	1.528,35	1.569.500,04	0,97
uffici	892,78	2.702.143,58	0,33
deposito	452,90	89.834,28	5,04
discarica	12.039,00	354.354,26	33,97

Tab. 4 – Indicatori di performance delle singole attività della Italcave SpA in termini di GHG emessi per t di merci/rifiuti prodotti o movimentati (anno 2019)

7.1 Confronto con il base-year

La seguente figura confronta gli Indicatori di Performance delle singole attività della Italcave SpA, in termini di GHG emessi per t di merci/rifiuti prodotti o movimentati, sia per il *base year* (2018) che per il 2019.

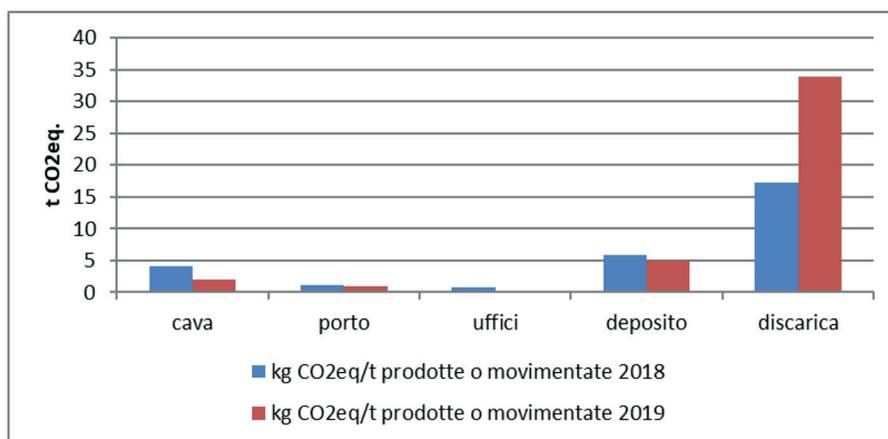


Fig. 2 – Confronto degli Indicatori di performance delle singole attività della Italcave SpA in termini di GHG emessi per t di merci/rifiuti prodotti o movimentati (anno 2018-2019)

I risultati mostrano un profilo peggiorato per la discarica nel 2019, che durante l'anno ha prodotto un incremento delle emissioni di GHG che ha riguardato prevalentemente il biogas non captato, il consumo di argilla con relativo trasporto, la quantità di gasolio impiegato nelle lavorazioni, i quantitativi di percolato avviato a trattamento, con relativo trasporto.

8. Conclusioni

Lo studio GHG ha permesso di tracciare un profilo dell'organizzazione aziendale nel suo complesso in termini di emissioni climalteranti, identificando i settori le e attività più critiche in termini di performance ambientale. Sono state anche identificate delle potenziali azioni di miglioramento delle prestazioni tra cui:

- condurre delle campagne di misurazione delle fughe di biogas dalla discarica, finalizzate alla individuazione degli interventi effettivi da attuare sul campo;

- migliorare l'efficienza energetica dei processi di lavorazione
- monitorare l'uso delle macchine operatrici ai fini della razionalizzazione dei consumi di carburanti.

Bibliografia

[1] **ISO** (2018), UNI EN ISO 14067:2018. "Gas ad effetto serra - Impronta climatica dei prodotti (Carbon footprint dei prodotti) - Requisiti e linee guida per la quantificazione". Sostituisce la norma UNI EN ISO 14067:2013.

[2] **UNI EN ISO 14064-1** (2019). UNI Standard. Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.

[3] **UNI ISO/TR 14069** (2017). International Standards Organisation: Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations — Guidance for the application of ISO 14064-1.

[4] Italcave (2019). Dichiarazione Ambientale - Anno 2019. <http://www.italcave.it/>

[5] Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [online] 21(9), pp.1218–1230. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087>

Monitoraggio delle emissioni diffuse di biogas da discarica attraverso sensori di metano montati su UAV

*Giuseppe Tassielli giuseppe.tassielli@uniba.it, Bruno Notarnicola, Pietro Alexander Renzulli, Rosa Di Capua, Maurizio De Molfetta
Dipartimento Jonico in “Sistemi Giuridici ed Economici del Mediterraneo: società, ambiente, culture”, Taranto, Italia
Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”*

Riassunto

Nonostante vi siano normative obbligatorie in materia di raccolta del biogas da discarica e si assista a crescenti prestazioni dei sistemi di raccolta del biogas, una parte dello stesso viene comunque dispersa in atmosfera dal corpo di discarica sotto forma di emissioni fuggitive. Il monitoraggio e la misurazione di tali emissioni rappresentano una sfida per il miglioramento globale del profilo ambientale delle discariche e per la riduzione delle emissioni climalteranti. Il presente lavoro illustra un sistema di monitoraggio delle emissioni diffuse di biogas da discarica attraverso l'impiego di UAV (Unmanned Aerial Vehicles), anche detti droni, equipaggiati con sensori di metano. In particolare, viene presentato il settaggio di un sistema composto da piattaforma aerea e payload in grado di effettuare apposite misurazioni; insieme ai vantaggi che tale tecnica comporta nell'applicazione sul campo, si riportano gli output di un caso reale.

Summary

Despite the mandatory regulations regarding the collection of landfill biogas and the increasing performance of biogas collection systems, a part of the same is still dispersed into the atmosphere by the landfill site in the form of fugitive emissions. The monitoring and measurement of these emissions represent a challenge for the global improvement of the environmental profile of landfills and for the reduction of climate-altering emissions. This work illustrates a system for monitoring diffuse emissions of landfill biogas through the use of UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), also called drones, equipped with methane sensors. In particular, the setting of a system consisting of an aerial platform and payload capable of carrying out specific measurements is presented together with the advantages that this technique entails in field application and the output that can be obtained in a real case.

1. Introduzione

Il conferimento in discarica rappresenta un'opzione molto comune a livello mondiale per il trattamento dei rifiuti non pericolosi sia domestici che industriali. È noto che la degradazione anaerobica della materia organica di scarto in discarica produce biogas, composto principalmente da CH₄ e CO₂, e percolato. Una tonnellata di rifiuti solidi urbani smaltita in discarica ha un potenziale produttivo di circa 200 m³ di biogas in un periodo di circa 30 anni [1]. Nonostante vi siano normative obbligatorie in materia di raccolta del biogas da discarica e si assista a crescenti prestazioni dei sistemi di raccolta del biogas, una parte dello stesso viene

comunque dispersa in atmosfera dal corpo di discarica sotto forma di emissioni fuggitive. Il monitoraggio e la misurazione di tali emissioni rappresenta una sfida per il miglioramento globale del profilo ambientale delle discariche e per la riduzione delle emissioni climalteranti [2,3].

Il metano, difatti, è il secondo gas in termini di contributo al cambiamento climatico dopo l'anidride carbonica. Ha un potenziale di riscaldamento globale 27,9 volte maggiore dell'anidride carbonica su un arco temporale di 100 anni [4] ed è un potente precursore dell'inquinamento atmosferico, contribuendo alla formazione di ozono, a sua volta dannoso per la salute umana.

La recente comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni su una strategia dell'UE per ridurre le emissioni di metano (2020) [5] ha riportato che circa il 41% delle emissioni globali di metano proviene da fonti naturali, come zone umide o incendi. Il restante 59% è il risultato dell'attività umana (antropogenica), di cui le maggiori fonti sono l'agricoltura (40-53%), la produzione e l'uso di combustibili fossili (19-30%), e i rifiuti (20-26%). Nell'UE, il 53% delle emissioni antropiche di metano proviene dall'agricoltura, il 26% dai rifiuti e il 19% dall'energia.

Le discariche di rifiuti rappresentano, quindi, un settore importante di emissione, sul quale si rende necessario continuare ad investire in innovazione e tecnologia al fine di limitare le emissioni fuggitive in particolar modo di metano.

Una migliore gestione della discarica può derivare in primo luogo da una maggiore conoscenza delle emissioni sia in termini quantitativi che in termini di distribuzione superficiale; tale risultato si potrebbe ottenere in via preliminare attraverso il miglioramento della misurazione.

A tal fine, si potrebbe procedere all'effettuazione di una campagna più efficace di monitoraggio e misurazione del biogas non captato tramite l'uso di sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR), anche detti droni, equipaggiati con apposita sensoristica.

Obiettivo del presente lavoro è quello di illustrare un possibile set-up di un sistema aeromobile a pilotaggio remoto finalizzato al monitoraggio delle emissioni diffuse di biogas da discarica, come strumento di supporto ad una migliore gestione della discarica.

2. Normativa di riferimento per il monitoraggio del biogas da discarica e tecnica impiegata

La principale legge operante in Italia sulle discariche è rappresentata dal D.Lgs. 36/2003 recante norme in "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti". In particolare l'articolo 8, comma 1, lettera i) indica che l'autorizzazione all'esercizio della discarica è subordinata all'approvazione di un Piano di sorveglianza e controllo *"nel quale devono essere indicate tutte le misure necessarie per prevenire rischi d'incidenti causati dal funzionamento della discarica e per limitarne le conseguenze, sia in fase operativa che post-operativa, con particolare riferimento alle precauzioni adottate a tutela delle acque dall'inquinamento provocato da infiltrazioni di percolato nel terreno e alle altre misure di prevenzione e protezione contro qualsiasi danno all'ambiente; i parametri da monitorare, la frequenza dei monitoraggi e la verifica delle attività di studio del sito da parte del richiedente sono indicati nella tabella 2, dell'allegato 2"* [6].

L'allegato 2 al cap. 5 riporta le indicazioni necessarie per la redazione del Piano di sorveglianza e controllo. La verifica delle emissioni gassose, sia diffuse che convogliate, e della qualità dell'aria è riportata nel par. 5.4 che definisce i parametri di monitoraggio sul gas di discarica; essi devono comprendere almeno CH_4 , CO_2 , O_2 , con regolarità mensile, mentre altri parametri quali H_2 , H_2S , polveri totali, NH_3 , mercaptani e composti volatili devono essere monitorati in relazione alla composizione dei rifiuti. Si deve provvedere, inoltre, a caratterizzare quan-

titativamente il gas di discarica. La frequenza di tali misure deve essere quella indicata dalla tabella 2 dell'allegato 2 al Dlgs., salvo una diversa prescrizione dell'Autorità di controllo.

A fronte di tale prescrizione, però, la norma non indica quale tecnica deve o può essere impiegata per effettuare il monitoraggio. Pertanto, la metodologia attualmente maggiormente consolidata per il monitoraggio di queste emissioni è l'impiego della flux box. Tale risultato deriva dal fatto che è stata emanata dalla British Environment Agency una linea guida intitolata "Guidance on monitoring landfill gas surface emissions" - LFTGN07 v2 2010 - che individua nella camera di flusso lo strumento più adatto per tale tipo di analisi e allo stesso tempo spiega le modalità di elaborazione dei dati ricavati ai fini della stima del flusso emissivo [7].

La metodologia indicata viene richiamata anche nelle linee guida adottate da varie agenzie regionali per l'ambiente anche ai fini del soddisfacimento degli obblighi previsti dal decreto 13 gennaio 2003, n. 36 in tema di monitoraggio delle discariche. Un esempio è rappresentato dalle "Linee guida per il monitoraggio delle emissioni gassose e della qualità dell'aria nelle discariche ai sensi del D.l.vo 36/2003" elaborato dall'Agenzia per l'ambiente ARTA Abruzzo [8] e dalla delibera di Giunta regionale Abruzzo n. 226 del 2009 che si occupa delle discariche di rifiuti non pericolosi [9].

Tuttavia negli ultimi anni si è avuto un grosso sviluppo nel campo dei sistemi aeromobili a pilotaggio remoto e della sensoristica ad essi applicata che non erano disponibili quando è stata emanata la linea guida inglese.

L'utilizzo di sensori per la misurazione di metano emesso dalle discariche montati su droni può costituire una valida alternativa alle tecnologie esistenti, sia utilizzati autonomamente che integrati con i sistemi esistenti, ad esempio con le camere di accumulo.

3. Il sistema di monitoraggio tramite droni

L'applicabilità dei SAPR al campo del rilievo ambientale è di fatto indiscussa nella misura in cui, nell'ultimo quinquennio, varie sono state le ricerche messe in campo che hanno dato modo di verificare come i sistemi SAPR siano perfettamente applicabili a vari scenari che vanno dal monitoraggio degli inquinanti aerodispersi, ai rilievi sul suolo, alla manutenzione delle infrastrutture. Il paradigma alla base di questa evoluzione nella tecnica di monitoraggio è stato il voler variare il punto di vista o di approccio di determinate attività, pensando ad uno strumento originariamente hand held come potenziale sensore equipaggiabile su drone. Passando all'analisi del sistema di monitoraggio proposto, si può indicare che esso è suddiviso in due principali componenti: la *piattaforma aerea* ed il *payload*.

3.1 La piattaforma aerea

Di seguito si riportano le principali caratteristiche della stessa, in termini sintetici e tecnici.

La precisione dei rilievi effettuati è garantita dall'intero sistema ed in particolare da alcune scelte tecniche e tecnologiche predominanti:

- Adozione di sistema RTK su drone;
- Interconnessione di payload e drone tramite porte SDK;
- Utilizzo di multifrequenza RC per la gestione del drone in volo;
- Sistema di alimentazione intelligente.

3.2 Il payload

Il payload montato sul drone è rappresentato da due set di sensori:

- Uno spettrofotometro laser ad assorbimento per la misurazione del metano
 - Un alloggiamento di una serie di sensori elettrochimici e PID per il rilievo di altri inquinanti.
- Gli ulteriori inquinanti che è possibile monitorare sono rappresentati nella Tabella 1, insieme ai limiti di rilevabilità individuati.

Inquinante	Limite di rilevabilità (ppb)	Limite di rilevabilità (ppm)
NH ₃	15 ppb	0,015 ppm
H ₂ S	15 ppb	0,015 ppm
CO	4 ppb	0,004 ppm
SO ₂	15 ppb	0,015 ppm
NO ₂	15 ppb	0,015 ppm
VOC	1 ppb	0,001 ppm
O ₃	15 ppb	0,015 ppm

Tab. 1 – Inquinanti monitorati e relativo limite di rilevabilità

4. Vantaggi del sistema di monitoraggio tramite drone

La geolocalizzazione del sistema e, quindi, la conseguente georeferenziazione del dato di concentrazione letto rappresentano uno dei punti di forza del sistema descritto. Basti pensare infatti alla vastità di determinati siti, all'interno dei quali non avere un preciso dato di geolocalizzazione potrebbe senz'altro inficiare il rilievo. Rintracciare una fonte emissiva puntiforme su una superficie dell'ordine di decine o centinaia di ettari, sicuramente rappresenterebbe un problema. La velocità del sistema, intesa come velocità di crociera del SAPR e velocità di acquisizione ed elaborazione del dato da parte del sensore, garantisce l'immediatezza dei risultati del rilievo. Questa caratteristica del sistema consente di monitorare grandi superfici in lassi di tempo contenuti, consentendo oltre ad una maggiore produttività, la possibilità di rintracciare in immediato potenziali situazioni pericolose. Infine la flessibilità del SAPR, ne consente l'utilizzo in svariati scenari, basti pensare a discariche con scarsa percorribilità, morfologia non regolare, difficoltà di raggiungimento di alcune zone. Il SAPR, viaggiando in aria e non al suolo, non risente degli ostacoli che un operatore con strumento hand held dovrebbe affrontare. In tal modo viene ridotto drasticamente il rischio legato al verificarsi di infortuni e danni a carico di persone e cose che dovrebbero materialmente praticare il piano discarica. I vantaggi derivanti dall'introduzione di un rilievo drone based sono, pertanto, numerosi:

- Elevato numero di punti misurati sul campo;
- Miglioramento dell'output fornito;
- Riduzione dei tempi di attesa per effettuare l'analisi in confronto alla land box;
- Riduzione del lasso di tempo complessivo alla chiusura dell'intero iter di monitoraggio della discarica;
- Riduzione del rischio dovuto alla presenza di personale sul corpo discarica;
- Possibilità di effettuare screening ravvicinati e costanti del corpo discarica al fine di attuare un monitoraggio maggiormente capillare;
- Comparazione nel tempo della situazione in situ;
- Confronto interventi (es. pre-post copertura).

In conclusione la tecnologia di rilievo del gas metano presente in discarica comporta miglioramenti sensibili in termini di:

- Precisione del rilievo, grazie al sistema di geo referenziazione RTK;
- Velocità del rilievo e della resa dell'output finale di monitoraggio;
- Sicurezza del rilievo, non dovendo più praticare materialmente il piano discarica per la walkover survey.

Tutti questi aspetti consentono un più facile svolgimento del monitoraggio che comporterà una sua programmazione più capillare consentendo il costante e puntuale monitoraggio del corpo discarica, anche integrato con l'uso di camere di accumulo.

Naturalmente non bisogna trascurare i potenziali limiti insiti anche nella tecnologia proposta, per evitare di vanificare i vantaggi ottenibili. In particolare, occorre procedere ad una approfondita progettazione dell'intervento e ad una adeguata gestione del mezzo in riferimento ai tempi di volo che in media si aggirano intorno ai 30 minuti per set di batterie. Inoltre, lo sviluppo della sensoristica è ad uno stadio in cui le apparecchiature di rilevazione potrebbero risentire di taluni problemi di affidabilità se non condotte e mantenute correttamente. Infine, l'approccio di intervento sul campo va totalmente pensato in funzione di drone e payload disponibili, richiedendo molti mesi per il giusto settaggio dell'attrezzatura e della procedura di rilievo in funzione del sito e delle attività in esso svolte.

5. Esempio di monitoraggio tramite drone di una discarica RSU

Con il sistema esposto nei paragrafi precedenti sono state condotte numerose campagne di misurazione su vari lotti di discarica di RSU e di rifiuti speciali in differenti stati di gestione (in fase di coltivazione, con copertura provvisoria, con copertura definitiva, in post-gestione da n anni, ecc.).

A titolo esemplificativo si riportano nelle figure che seguono gli output che è possibile ottenere attraverso l'applicazione della metodica indicata ad un discarica RSU.

La figura 1 mostra le aree di maggiore emissione di metano (e di conseguenza di biogas) ottenute per interpolazione dei dati di misurazione. In altre parole, attraverso algoritmi specializzati, partendo dalle letture effettuate tramite sensore, è stato ricostruito il profilo emissivo anche delle zone non misurate. Nella figura è possibile osservare il percorso di volo del drone e le aree iso-emissive rappresentate dalla scala di colori posta a fianco (con valori in ppm*m). La figura 2 riporta una visualizzazione 3D del profilo emissivo della stessa discarica. Nella figura è possibile osservare i punti singoli che rappresentano le effettive misurazioni. È possibile, inoltre, ruotare a piacimento l'immagine per cogliere l'angolatura che permette di meglio comprendere la situazione riscontrata. Naturalmente ogni punto rappresentato è stato geo-referenziato e difatti le due dimensioni delle figure rappresentano longitudine e latitudine.

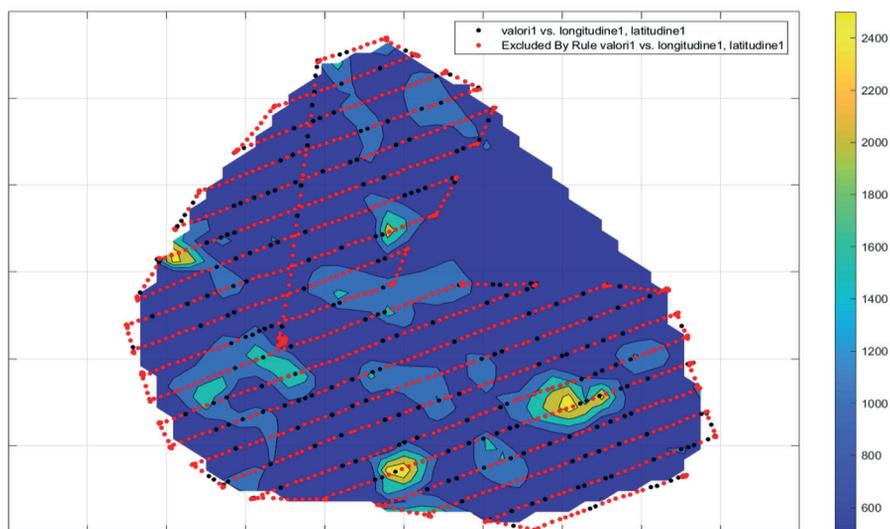


Fig. 1 – Aree iso-flusso di emissione di metano in una discarica RSU – valori in ppm*m

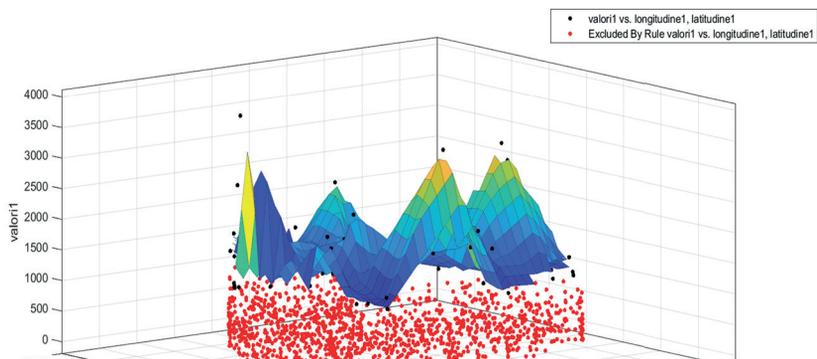


Fig. 2 – Visualizzazione 3D delle aree iso-flusso di emissione di metano in una discarica RSU – valori in ppm*m

6. Conclusioni

Una delle sfide che occorrerà affrontare in futuro per realizzare la transizione ecologica senza dubbio riguarda la progettazione eco-compatibile del ciclo dei rifiuti e, in particolare, la gestione efficace dei siti di discarica.

Poiché uno dei principali carichi ambientali della discarica è rappresentato dalle emissioni diffuse di biogas in atmosfera [10,11], si rende sempre più indispensabile effettuare costanti ulteriori specifiche campagne integrative di monitoraggio delle emissioni dalla stessa.

La metodologia proposta nel presente paper per migliorare i monitoraggi è rappresentata dall'impiego di sistemi aeromobili a pilotaggio remoto equipaggiati con appositi sensori. Questa tecnologia emergente presenta notevoli potenzialità nell'applicazione ai siti di discarica e può garantire un supporto informativo considerevole al gestore della stessa, andando ben al di là della sola conformità normativa.

Tuttavia l'uso del sistema proposto richiede una elevata specializzazione, tecnica e normativa, al fine sia di individuare il giusto settaggio dell'attrezzatura in funzione del sito e dei processi in esso svolti (attività che da sola richiede svariati mesi di ricerca e di training), sia di evitare le pesanti sanzioni in cui è possibile incorrere per l'uso non adeguato del drone o per non aver inquadrato il corretto scenario di aeronavigazione.

Bibliografia

- [1] **EPD system**, Product category rules according to ISO 14025. Product group classification: UN CPC 942, 943. *Solid waste disposal services*. Date 2015-04-07
- [2] **Lee U., Han J., Wang M.**, *Evaluation of landfill gas emissions from municipal solid waste landfills for the life-cycle analysis of waste-to-energy pathways*. Journal of cleaner production, 166, 335-342, 2017.
- [3] **Notarnicola B., Tassielli G., Renzulli P. A., Di Capua R.**, *Modellistica previsionale del biogas di discarica di rifiuti solidi urbani: proposta di un modello semplificato*. In: (a cura di): Benedetta Esposito Ornella Malandrino Maria Rosaria Sessa Daniela Sica, Atti del XXIX Congresso nazionale di scienze merceologiche 2020 "Le scienze merceologiche nell'era 4.0". p. 471-479, MILANO: FrancoAngeli, Salerno, 13-14 febbraio 2020.
- [4] **IPCC**. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. AR6. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [5] **COM, 2020**. COM(2020) 663 final. *Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni su una strategia dell'UE per ridurre le emissioni di metano (2020)*.
- [6] **Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n. 36**. "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti". Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 59 del 12 marzo 2003 - Supplemento Ordinario n. 40.

- [7] **British Environmental Agency**, *Guidance on monitoring landfill gas surface emissions*. LFTGN07 v2 2010. Consultato presso: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/321614/LFTGN07.pdf. 2010.
- [8] **De Risio F., Gentile F., Delli Paoli A.**, *Linee guida per il monitoraggio delle emissioni gassose e della qualità dell'aria nelle discariche ai sensi del D.l.vo 36/2003*. Consultato presso: <https://www.artaabruzzo.it/download/normative/aria/LineeGuidaBiogas.pdf>. 2010.
- [9] **D.R. Abruzzo**, Deliberazione 18/5/2009 n. 226 della Giunta Regionale dell'Abruzzo: L.R. 19.12.2007, n. 45 e s.m.i. – D.Lgs 13.01.2003, n. 36 e s.m.i. - “*Linee guida per il monitoraggio delle discariche per rifiuti non pericolosi*” – Approvazione direttive regionali. Bollettino Ufficiale della Regione Abruzzo, Anno XL - N. 27 Speciale (17.07.2009).
- [10] **Renzulli P. A., Tassielli G., Notarnicola B., Fedele A. G.**, *Miglioramento del profilo ambientale di un'azienda di gestione di rifiuti attraverso la Life Cycle Assessment*. *Ingegneria dell'Ambiente*, 4(3), 2017.
- [11] **Notarnicola B., Tassielli G., Renzulli P. A., Lasigna F., Leone G., Di Capua R.**, *Life Cycle Assessment of a Non-Hazardous Industrial Waste Treatment System*. In: Book of Papers of The 24th International Sustainable Development Research Society Conference (ISDRS 2018) Actions for a Sustainable World: From Theory to Practice. p. 498-511, Messina: The Organizing Committee of the ISDRS 2018 Conference, Messina, 13-15 June 2018.

Indice di sostenibilità della gestione dei rifiuti urbani nei Comuni Italiani, in base alla stima della produzione di CO₂

*Andrea Valentini, Studio Associato Wastelab, wastelab.andrea@gmail.com;
Luca Belfiore, Altraleonia srl, Benedetta De Santis, Giunko srl; Noemi De Santis, Giunko srl*

Riassunto

Lo studio propone una nuova modalità di “misurazione” della corretta gestione dei rifiuti urbani di un territorio, attraverso il calcolo dell’impatto ambientale, espresso in termini di CO₂eq prodotta, che determina un Indice di Sostenibilità, rappresentativo sia delle azioni legate alla riduzione della produzione rifiuti, sia di quelle di separazione dei flussi e recupero dei materiali. L’analisi dei dati, riferiti alla produzione rifiuti dell’anno 2019, mostra che Comuni, province e regioni del Nord Italia presentano le migliori performance nazionali. Tuttavia alcune aree del Sud Italia, come la regione Basilicata, le province di Nuoro e Benevento ed altre, presentano valori dell’Indice di Sostenibilità molto performanti, dovuti principalmente (ma non solo) ad una bassa produzione di rifiuti urbani.

Summary

The study proposes a new method of “measurement” of the correct management of urban waste in a territory, through the calculation of the environmental impacts, expressed in terms of CO₂eq produced, which determines a Sustainability Index, representative of both the actions related to the reduction of waste production, and the separation of flows and recovery of materials. The analysis of the data, referring to the waste production of the year 2019, shows that municipalities, provinces and regions of Northern Italy have the best national performances. However, some areas of Southern Italy, such as the Basilicata region, the provinces of Nuoro and Benevento and others, have very performing Sustainability Index values, mainly (but not only) due to a low production of urban waste.

1. Introduzione

La sostenibilità della gestione dei rifiuti in un territorio è generalmente valutata attraverso diversi indici principalmente:

- la percentuale di raccolta differenziata, che, pur presentando modalità di contabilizzazione diverse a livello regionale, oltre ad essere l’obiettivo di riferimento normativo, rappresenta la capacità delle utenze nel separare i rifiuti prodotti;
- la quantità procapite di rifiuti destinati a smaltimento, che rappresenta l’obiettivo comune di ogni azione prevista nella gerarchia rifiuti, ovvero quello di ridurre i rifiuti in discarica.

Oltre ai due indici sopra indicati, spesso ne vengono valutati altri per comprendere come un territorio gestisce i propri rifiuti, per esempio la produzione procapite complessiva, le intercettazioni per singole frazioni merceologiche, il rapporto tra rifiuti effettivamente destinati a riciclo e quelli intercettati, le quantità di beni destinati a riutilizzo, l’efficacia di azioni di promozione del compostaggio domestico, ecc.

Pur essendo numerosi, tutti gli indici richiamano due aspetti sostanziali della gestione rifiuti: la produzione e la separazione, a livello di singola merceologia o complessivo. In questo studio si propone di valutare gran parte dei criteri esposti, relativi alla corretta gestione dei rifiuti, secondo **un solo Indice**, rappresentativo dell'impatto ambientale che tale gestione comporta, espresso in termini di CO₂ prodotta.

Tale scelta si basa su alcune semplici considerazioni:

- l'atto di produrre un rifiuto determina un impatto conseguenza di tutte le attività che hanno determinato l'esistenza di quel bene, divenuto poi rifiuto, e di tutte le azioni necessarie per la successiva gestione (raccolta, trasporto ad impianto, trattamento e smaltimento), nel rispetto della normativa vigente;
- l'impatto, quindi, dipende dalle caratteristiche del bene e dalle modalità di trattamento una volta diventato rifiuto, mentre se non viene prodotto rifiuto (prevenzione) non si produce impatto;
- coerentemente con la seconda versione della metodologia Carbon WastePrint [1], è possibile calcolare l'impatto della gestione dei rifiuti di un territorio, espresso in termini di CO₂ prodotta, una volta nota la produzione dei rifiuti, distinta per singole merceologie, ed il destino finale di ogni frazione.

2. Metodologia e fonti utilizzate

I dati di produzione rifiuti considerati nel presente studio, distinti per merceologia ed a livello comunale, sono ricavati da ISPRA (www.catasto-rifiuti.isprambiente.it), per l'anno 2019 [2]. Le modalità di calcolo degli impatti sono conformi alla metodologia Carbon WastePrint (www.carbonwasteprint.com), che, attraverso il monitoraggio e contabilizzazione dei conferimenti di rifiuti e beni riutilizzabili, in un preciso periodo, da parte delle utenze di un territorio computa, rispetto a valori attesi opportunamente determinati, la conseguente variazione di produzione di CO₂eq (evitata o causata) [3].

A livello di territorio (Comune, Provincia, Regione, ecc.) l'impatto ambientale generato nella gestione dei rifiuti è dato dal prodotto tra le quantità delle singole frazioni di rifiuto prodotte ed i relativi fattori di emissione espressi in kgCO₂eq/kg_{rifiuto}.

I fattori di emissione sono ricavati da banche dati internazionali e dipendono dalla tipologia del rifiuto e dal suo destino. Per cui, per esempio, il fattore di emissione del rifiuto indifferenziato è conseguenza della produzione di tale rifiuto incrementato dell'impatto conseguente al conferimento in discarica, mentre il fattore di emissione del rifiuto plastica è conseguenza della produzione di tale rifiuto mitigato dalla riduzione di impatto per il conferimento ad un impianto di recupero di materia.

I fattori di emissione sono tratti dalle banche dati USEPA e WRAP [4, 5].

In tabella 1 si riportano valori dei fattori di emissione assunti nel presente studio e relativi alla produzione delle principali tipologie di rifiuti.

Tipologia di rifiuto	Impianto di destino	Fattore di emissione (kgCO ₂ eq/kg _{rifiuto})
Rifiuto urbano residuo	discarica	3,86
Frazione organica	impianto aerobico	3,48
Carta e cartone	recupero	0,06
Plastica	recupero	0,90
Vetro	recupero	0,25

Segue

Tipologia di rifiuto	Impianto di destino	Fattore di emissione (kgCO ₂ eq/kg _{rifiuto})
Scarto verde	impianto aerobico	0,61
RAEE	recupero	0,27
Ingombranti	recupero	0,18
Inerti	recupero	0,03
Tessili	preparazione per il riutilizzo	3,79

Tab. 1 – Fattori di emissione per singola merceologia (kgCO₂eq/kg_{rifiuto})

3. Risultati

Per ogni Comune in Italia si considerano i dati di produzione rifiuti, relativi all'anno 2019, riportati nel sito Catasto Rifiuti di Ispra e, per ogni frazione di rifiuto, si calcola il corrispettivo valore di CO₂ equivalente prodotta, tramite i fattori di emissione riportati in tabella 1.

Si mantengono tutte le aggregazioni di Comuni previste nella banca dati Ispra.

Per confrontare l'impatto prodotto nella gestione dei rifiuti nei diversi Comuni si determina un **Indice di Sostenibilità** dato dalla produzione di CO₂ equivalente procapite, espressa in kgCO₂eq/ab. Evidentemente, più basso il valore dell'Indice, minore la produzione di CO₂ equivalente nel territorio di riferimento e, quindi, migliore la gestione dei rifiuti.

I dati a livello provinciale e regionale sono computati sommando gli impatti dei Comuni appartenenti alle rispettive province o regioni.

In tabella 2 si riportano i dati medi a livello regionale e nazionale in ordine crescente dell'Indice di Sostenibilità e confrontato con le produzioni procapite ed il livello di raccolta differenziata raggiunto.

Posizione	Regione	Indice di Sostenibilità (kgCO ₂ eq/ab)	Produzione procapite (kg _{rifiuto} /ab)	Raccolta differenziata (%)
1	Lombardia	878	479	72,0%
2	Veneto	906	490	74,7%
3	Trentino-Alto Adige	923	509	73,1%
4	Basilicata	941	354	49,4%
5	Sardegna	991	452	73,3%
6	Molise	994	368	50,4%
7	Friuli-Venezia Giulia	1.000	498	67,2%
8	Piemonte	1.027	494	63,2%
9	Marche	1.087	524	70,3%
10	Calabria	1.102	399	47,9%
11	Abruzzo	1.106	460	62,7%
12	Umbria	1.159	516	66,1%
13	Emilia-Romagna	1.171	663	70,6%
14	Valle d'Aosta	1.207	604	64,5%
15	Campania	1.223	449	52,7%

Segue

Posizione	Regione	Indice di Sostenibilità (kgCO ₂ eq/ab)	Produzione procapite (kg _{riiuto} /ab)	Raccolta differenziata (%)
16	Puglia	1.246	467	50,6%
17	Liguria	1.257	533	53,4%
18	Lazio	1.269	518	52,2%
19	Sicilia	1.339	449	38,5%
20	Toscana	1.412	612	60,2%
	Italia Nord	983	518	69,6%
	Italia Sud	1.207	445	50,6%
	Italia Centro	1.282	548	58,1%
	Italia	1.119	499	61,3%

Tab. 2 – Classifica regionale in base all'Indice di Sostenibilità della gestione dei rifiuti, espresso in kgCO₂eq/, confrontato con la produzione procapite e l'obiettivo di raccolta differenziata raggiunto, nell'anno 2019

In tabella 3 si riportano i dati medi delle migliori 20 provincie per l'Indice di Sostenibilità.

Posizione	Provincia	Indice di Sostenibilità (kgCO ₂ eq/ab)
1	Treviso	617
2	Monza e della Brianza	716
3	Nuoro	728
4	Lodi	740
5	Bergamo	762
6	Cremona	765
7	Vicenza	766
8	Belluno	783
9	Varese	795
10	Mantova	796
11	Potenza	800
12	Novara	803
13	Benevento	819
14	Pordenone	820
15	Brescia	833
16	Lecco	864
17	Como	879
18	Sondrio	890
19	Oristano	894
20	Trento	898

Tab. 3 – Indice di Sostenibilità della gestione dei rifiuti, espresso in kgCO₂eq/ab, nelle migliori 20 provincie, nell'anno 2019.

A livello locale si è scelto di suddividere i Comuni o le Aggregazioni in tre fasce di popolazione:

- Comuni o Aggregazioni fino a 5.000 abitanti
- Comuni o Aggregazioni tra 5.000 abitanti e 15.000 abitanti
- Comuni o Aggregazioni con più di 15.000 abitanti

Inoltre, non essendo possibile escludere la presenza di dichiarazioni meno attendibili del Catasto Ispra, sono stati esclusi dall'analisi i Comuni che presentano produzione procapite inferiore a 250 kg/ab/anno.

Nelle tabelle 4-6 si riportano i dati dei migliori 5 comuni in base all'Indice di Sostenibilità per ogni classe di popolazione.

Posizione	Regione	Provincia	Comune	Popolazione	Indice di Sostenibilità (kgCO ₂ eq/ab)
1	Campania	Salerno	MORIGERATI	623	362
2	Veneto	Belluno	SOVRAMONTE	1.357	368
3	Veneto	Treviso	MIANE	3.225	372
4	Veneto	Vicenza	AGUGLIARO	1.392	374
5	Veneto	Treviso	SARMEDE	3.038	379

Tab. 4 – *Indice di Sostenibilità della gestione dei rifiuti, espresso in kgCO₂eq/ab, nei migliori 5 comuni con popolazione inferiore a 5.000 abitanti, nell'anno 2019*

Posizione	Regione	Provincia	Comune	Popolazione	Indice di Sostenibilità (kgCO ₂ eq/ab)
1	Veneto	Treviso	SERNAGLIA DELLA BATTAGLIA	6.169	362
2	Veneto	Vicenza	SARCEDO	5.301	378
3	Lombardia	Brescia	TRENZANO	5.460	386
4	Veneto	Treviso	CODOGNE'	5.299	389
5	Sicilia	Catania	CAMPOROTONDO ETNEO	5.174	400

Tab. 5 – *Indice di Sostenibilità della gestione dei rifiuti, espresso in kgCO₂eq/ab, nei migliori 5 comuni con popolazione compresa tra 5.000 abitanti e 15.000 abitanti, nell'anno 2019*

Posizione	Regione	Provincia	Comune	Popolazione	Indice di Sostenibilità (kgCO ₂ eq/ab)
1	Veneto	Treviso	VEDELAGO	16.737	521
2	Lombardia	Monza e della Brianza	SEVESO	23.982	534
3	Veneto	Verona	NEGRAR	17.046	536
4	Veneto	Treviso	PAESE	22.068	555
5	Veneto	Treviso	PREGANZIOL	17.158	557

Tab. 6 – *Indice di Sostenibilità della gestione dei rifiuti, espresso in kgCO₂eq/ab, nei migliori 5 comuni con popolazione superiore a 15.000 abitanti, nell'anno 2019*

A livello regionale (tabella 2) risultano più performanti le regioni Lombardia con 878 kgCO₂eq/ab, Veneto con 906 kgCO₂eq/ab, Trentino Alto Adige con 923 kgCO₂eq/ab e Basilicata con 941 kgCO₂eq/ab. Quest'ultima presenta un ottimo valore dell'Indice proprio per la bassa produzione procapite registrata, pari a 354 kg/ab/anno.

I dati meno performanti si riscontrano nelle regioni Toscana con 1.412 kgCO₂eq/ab e Sicilia con 1.339 kgCO₂eq/ab, anche se per motivi diversi. La prima a causa di un'elevata produzione procapite non sufficientemente mitigata dal risultato di raccolta differenziata. La seconda a causa principalmente di una bassa raccolta differenziata.

A livello provinciale (tabella 3) risultano più performanti le provincie di Treviso con 617 kgCO₂eq/ab, Monza e della Brianza con 716 kgCO₂eq/ab, Nuoro con 728 kgCO₂eq/ab, Lodi con 740 kgCO₂eq/ab e Bergamo con 762 kgCO₂eq/ab.

I dati meno performanti si riscontrano nelle provincie di Grosseto con 1.749 kgCO₂eq/ab, Massa-Carrara con 1.664 kgCO₂eq/ab e Livorno con 1.599 kgCO₂eq/ab (tutte appartenenti alla Regione Toscana).

Per i Comuni più piccoli (tabella 4), con popolazione inferiore a 5.000 abitanti, una volta depurati dal criterio di attendibilità del dato (ritenuto accettabile per valori di produzione procapite superiori a 250 kg/ab/anno), le migliori performance sono state riscontrate nei Comuni di Morigerati (prov. Salerno) con 362 kgCO₂eq/ab, Sovramonte (prov. Belluno) con 368 kgCO₂eq/ab e Miane (prov. Treviso) con 372 kgCO₂eq/ab.

Per i Comuni intermedi (tabella 5), con popolazione compresa tra 5.000 e 15.000 abitanti, le migliori performance sono state riscontrate nei Comuni di Sernaglia della Battaglia (prov. Treviso) con 362 kgCO₂eq/ab, Sarcedo (prov. Vicenza) con 378 kgCO₂eq/ab e Trenzano (prov. Brescia) con 386 kgCO₂eq/ab.

Per i Comuni di maggiori dimensioni (tabella 6), con popolazione superiore a 15.000 abitanti, le migliori performance sono state riscontrate in Veduggio (prov. Treviso) con 521 kgCO₂eq/ab, Seveso (prov. Monza e della Brianza) con 534 kgCO₂eq/ab e Negrar (prov. Verona) con 536 kgCO₂eq/ab. Il primo capoluogo di provincia (Belluno) risiede al 20° posto.

Si osserva come a livello comunale le classifiche confermano Comuni con elevate percentuali di raccolta differenziata (superiori all'80%), ad eccezione di alcuni casi che presentano produzioni procapite molto basse, come Nasino della Provincia di Savona tra i Comuni sotto i 5.000 abitanti e Camporotondo Etneo della Provincia di Catania nella fascia tra 5.000 e 15.000 abitanti.

I risultati completi di tutti i Comuni italiani sono riportati sul sito www.carbonwasteprint.com.

Per poter meglio analizzare i risultati dell'Indice di Sostenibilità della gestione dei rifiuti, in Figura 1 si riporta la relazione, a livello regionale, tra Indice, produzione procapite e raccolta differenziata.

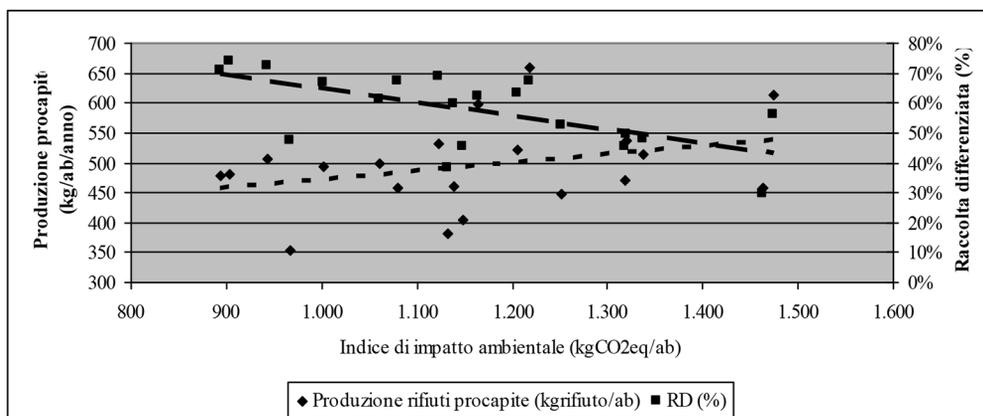


Fig. 1 – Relazione a livello regionale, nell'anno 2019, tra Indice di Sostenibilità della gestione dei rifiuti, espresso in kgCO₂eq/ab, Produzione procapite, espressa in kg/ab/anno e Raccolta differenziata, espressa in percentuale

La figura 1 mostra come l'Indice di Sostenibilità tenda a crescere all'aumentare della produzione procapite ed a diminuire all'aumentare della raccolta differenziata. Infatti, essendo il suo valore determinato dalla moltiplicazione tra quantità prodotte e fattori di emissione è evidente che maggiore la produzione dei rifiuti, maggiore deve essere il suo valore; d'altra parte il rifiuto indifferenziato presenta un fattore di emissione maggiore rispetto ai rifiuti differenziati, per cui una maggiore raccolta differenziata comporta una maggiore presenza di rifiuti aventi fattori di emissioni minori. A parità di produzione rifiuti una maggiore raccolta differenziata comporta una riduzione dell'Indice di Sostenibilità.

Tale indice, quindi, rappresenta una ideale sintesi dei due effetti principali di una buona gestione dei rifiuti, ovvero il contenimento della produzione rifiuti (al primo posto della gerarchia) e la capacità, una volta prodotti, di destinarli a recupero (al secondo e terzo posto della gerarchia).

4. Conclusioni

Lo studio propone una nuova modalità di analisi della corretta gestione dei rifiuti urbani di un territorio che, attraverso il calcolo dell'impatto ambientale, espresso in base alla CO₂ equivalente prodotta, permette di considerare sia le azioni virtuose legate alla riduzione della produzione rifiuti, sia quelle di separazione dei flussi e recupero dei materiali.

Si ottiene, in tal modo, un'importante sintesi del rispetto della gerarchia della gestione dei rifiuti da parte degli Enti locali, attraverso l'individuazione di un solo indice, denominato Indice di Sostenibilità, che meglio di altri rappresenta l'obiettivo principale alla base delle normative vigenti, ovvero il contenimento dell'impatto ambientale.

L'analisi dei dati, riferiti alla produzione rifiuti dell'anno 2019 come riportata nel Catasto Rifiuti di Ispra, di fatto, conferma quanto già evidenziato in altri studi, ovvero che Comuni, provincie e regioni del Nord Italia, in particolare l'area di Treviso, presentano le migliori performance nazionali.

Tuttavia alcune aree del Sud Italia, come la regione Basilicata, le provincie di Nuoro e Benevento, la città di Nuoro ed altre, presentano valori dell'Indice di Sostenibilità molto performanti, dovuti principalmente (ma non solo) ad una bassa produzione di rifiuti urbani.

Bibliografia

- [1] **Valentini A., Belfiore L.**, “*La certificazione, ai sensi della UNI EN ISO 14064-2, della metodologia Carbon Wasteprint, il primo metodo di calcolo della CO₂ emessa dalle utenze nella produzione dei rifiuti*”. Ecomondo 2018 - Fiera e seminari del recupero e riciclaggio di materie ed energia, Rimini
- [2] **Catasto Nazionale Rifiuti, ISPRA** (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), *www.catasto-rifiuti.isprambiente.it*
- [3] **Valentini A.**, “*Futuri sviluppi e potenzialità della tariffa puntuale*”. Quaderni Operate N.1, Fondazione OPERATE, 2019
- [4] **USEPA (U.S. Environmental Protection Agency)**, “*Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM)*”. ICF International, 2016
- [5] **WRAP (Waste and Resources Action Programme)**, “*A methodology for quantifying the environmental and economic impacts of reuse*”. Final Report, 2011, www.wrap.org.uk

La tariffa puntuale in base alla CO₂ prodotta nel Comune di Terre Roveresche (PU)

*Andrea Valentini, Studio Associato Wastelab, wastelab.andrea@gmail.com;
Luca Belfiore, Altraleonia srl, Mauro Sanzani, CO.SE.A. Consorzi Servizi Ambientali*

Riassunto

Lo studio descrive l'applicazione della tariffa puntuale applicata nel Comune di Terre Roveresche, calcolata in base della CO₂ prodotta dalle utenze, misurando i conferimenti di indifferenziato, organico e carta. I parametri alla base del calcolo ed i risultati sono confrontati con la simulazione dell'applicazione della tariffa puntuale secondo la metodologia standard utilizzata in Italia, ovvero la misurazione dell'indifferenziato. Tale confronto evidenzia (1) una maggiore efficacia, in termini di leva economica, della tariffa puntuale in base alla CO₂ prodotta, conseguente ad una quota della componente a misura del 33,7% contro il 12,1% per la tariffa standard, ma soprattutto, (2) che la tariffa standard comporta errori sul circa il 20% delle utenze, premiando quelle che presentano comportamenti meno virtuosi e viceversa.

Summary

The study describes the application of the PAYT applied in the Municipality of Terre Roveresche, calculated on the basis of the CO₂ produced by users, measuring the provision of unsorted waste, organic and paper. The parameters underlying the calculation and the results are compared with the simulation of the application of the PAYT according to the standard methodology used in Italy, ie the measurement of the unsorted waste. This comparison highlights (1) a greater effectiveness, in terms of economic leverage, of the punctual tariff based on CO₂ produced, consequent to a share of the measured component of 33.7% against 12.1% for the standard PAYT, but above all, (2) that the standard PAYT involves errors on about 20% of users, rewarding those who exhibit less virtuous behavior and vice versa.

1. Introduzione

La tariffazione puntuale, intesa come l'intero processo costituito dalla misurazione dei rifiuti, commisurazione e bollettazione, rappresenta uno strumento particolarmente efficace per indirizzare i comportamenti dei cittadini/utenti nel raggiungimento dei traguardi, sempre più ambiziosi, prefissati dalla recente disciplina europea, conosciuta con il termine di "Economia Circolare".

Dall'applicazione del principio europeo "chi inquina paga" discende che il costo del servizio rifiuti deve essere ripartito tra i cittadini in modo che chi contribuisce in misura maggiore alla produzione dei rifiuti, ed al conseguente impatto, è anche chiamato a contribuire in misura maggiore al costo della loro gestione e del loro smaltimento.

Secondo la rilevazione IFEL - Fondazione ANCI [1], i Comuni che nel 2019 applicano un sistema di tariffazione puntuale dei rifiuti urbani, in Italia, sono 900, per una popolazione

complessiva di 6.647.142 abitanti, pari rispettivamente a circa l'11,4% del totale dei Comuni e l'11,2% della popolazione nazionale.

In Italia, la modalità prevalente di applicazione della tariffa puntuale si basa sulla misurazione del solo rifiuto indifferenziato. Tale scelta ha due cause principali:

1) una **storica**, poiché negli anni '90, quando si avvia il percorso ed costruire i primi modelli di tariffa puntuale, la percentuale di rifiuti indifferenziati era superiore all'80% e, quindi, si riteneva che la misurazione del rifiuto indifferenziato fosse sufficiente, da sola, a rappresentare il comportamento, virtuoso o meno, dell'utenza relativo all'intera gestione dei rifiuti;

2) una **tecnica**, in quanto la tariffa può essere sviluppata secondo due modelli principali:

I. *proporzionale ai comportamenti non virtuosi*, ovvero di tipo "**progressivo**", come per esempio avviene oggi per la misurazione del rifiuto indifferenziato, in cui l'articolazione tariffaria viene calibrata per applicare un valore più alto del prelievo agli utenti non virtuosi;

II. *proporzionale ai comportamenti virtuosi* ovvero di tipo "**premiale**", come avviene per esempio per le azioni sui rifiuti differenziati, riconoscendo un beneficio a chi si comporta meglio rispetto ad un livello minimo di comportamento prefissato.

Il sistema attuale, tuttavia, ha mostrato negli anni diverse criticità.

Prima criticità. La tariffa puntuale con misurazione della sola frazione indifferenziata, si presta bene all'obiettivo di ridurre il rifiuto indifferenziato, mentre non è scontato il contributo all'obiettivo di ridurre la produzione dei rifiuti; i due obiettivi non sono evidentemente la stessa cosa. La tariffa puntuale con la misurazione della sola frazione indifferenziata, infatti, non permette di orientare gli utenti verso comportamenti, misure e soluzioni che comportano una minore produzione di rifiuti e, quindi, di fornire segnali di prezzo pienamente coerenti con la gerarchia dei rifiuti [2].

Seconda criticità. I costi di raccolta e trattamento della frazione indifferenziata, gli unici attribuibili alla componente "puntuale" dei piani economici di gestione dei rifiuti con tale sistema di tariffazione, rappresentano, oggi, solo una parte minoritaria dei costi del servizio; infatti, da una analisi dei piani economici e finanziari (PEF) dei singoli Comuni, emerge che, in media, tale quota si attesta al 31% (di cui il 14% per "raccolta e trasporto rifiuti indifferenziati" e 17% per "trattamento e smaltimento rifiuti indifferenziati"), a fronte di un ulteriore 31% assorbito da raccolta e trattamento delle frazioni differenziate, e di un 38% di costi fissi; inoltre, l'applicazione della tariffa puntuale comporta fisiologicamente un'ulteriore riduzione del rifiuto indifferenziato conferito da parte dell'utenza, incrementando tale criticità [2].

Terza criticità. L'applicazione del modello progressivo applicato al solo rifiuto indifferenziato stimola comportamenti elusivi ed illegali inducendo alcuni utenti a disfarsi di tale rifiuto con modalità non conformi, ovviamente con lo scopo di pagare il meno possibile, come ad esempio il trasferimento del rifiuto in altri Comuni (c.d. "emigrazione") od in altri contenitori, l'abbandono sul territorio, ecc.; per questo motivo il sistema, quasi sempre, si accompagna al concetto di **svuotamenti minimi** comunque addebitati all'utente a prescindere dagli effettivi conferimenti [3]. Ne nasce una evidente contraddizione:

- da una parte, l'esigenza di assicurare la copertura dei costi, spinge per conferimenti minimi elevati, per limitare il contributo offerto dai conferimenti aggiuntivi, per loro natura aleatori e soggetti ai comportamenti elusivi;
- dall'altra, l'esigenza di stimolare e incentivare comportamenti virtuosi negli utenti, chiamerebbe un numero di conferimenti minimi il più basso possibile.

Quarta criticità. Per ovviare all'ultima criticità indicata, il sistema di tipo "progressivo", riferito al solo rifiuto indifferenziato, è stato spesso integrato con sistemi di tipo "premiale", indipendenti dal primo, che stimolassero l'utenza, attraverso uno sconto in tariffa, a conferire, per esempio, rifiuti riciclabili secchi (carta, plastica, vetro e metalli) al Centro Comunale di

Raccolta. Paradossalmente i sistemi di tipo premiale, tendono ad incentivare il cittadino a produrre una maggiore quantità di rifiuto (sebbene riciclabile), in pieno contrasto con gli indirizzi e i principi che mirano alla riduzione della produzione di rifiuti.

Uno dei documenti più recenti a livello europeo sul tema tariffa puntuale, è quello realizzato, nel 2019, nell'ambito dell'Action 12 - Circular Economy's, EU Urban Agenda Partnership, "Pay As You Throw (PAYT) Toolkit for European Cities" [4], che descrive le caratteristiche metodologiche per l'applicazione della tariffa puntuale, da applicarsi negli Stati Membri dell'Unione Europea, secondo *tre modelli a livello crescente di performance*:

1) modello "**Minimo**" che prevede la quantificazione del solo rifiuto indifferenziato, cioè del rifiuto destinato a essere smaltito; ad integrazione, può essere prevista la possibilità di applicare altri servizi a tariffa puntuale, quali il ritiro ingombranti o altre tipologie di servizi/rifiuti;

2) modello "**Best Practice**", che prevede di contabilizzare un numero maggiore di rifiuti conferiti dalle utenze, possibilmente con sistemi informatizzati (rifiuto indifferenziato, frazione organica, frazione cellulosa, vetro, plastica, metalli, ingombranti, scarto verde, ecc.), rapportata alla quantità misurata di rifiuti conferiti al pubblico servizio; ad ogni tipologia di rifiuto viene associato un valore unitario espresso, per esempio, in €/kg ovvero in €/lt, che determina la relativa componente a misura;

3) modello "**Advanced Best Practice**" in cui si prevede di migliorare il modello "Best Practice" considerando che la produzione di rifiuto, nelle sue diverse forme, determina un impatto ambientale esprimibile, per esempio, in termini di CO₂ prodotta o di consumo energetico od in base ad altri parametri; l'impatto ambientale generato da ogni utenza nella gestione dei propri rifiuti, verrebbe, quindi, semplicemente computato sulla base delle quantità di rifiuto conferite dalla stessa utenza al sistema di raccolta moltiplicate per i relativi fattori di emissione, espressi, ad esempio, in kgCO₂/kg_{rifiuto}.

2. Il modello di tariffa puntuale approvato nel Comune di Terre Roveresche

Nel 2019, il Comune di Terre Roveresche, avvia il percorso di attivazione della tariffa puntuale (di seguito anche TARIP), analizzando le esperienze sviluppatesi sia in Italia che in Europa scegliendo il modello "**advanced**" previsto dalle citate Linee Guida pubblicate nell'ambito della *EU Urban Agenda Partnership* [4].

Il 30 settembre 2020, con Delibera di Consiglio Comunale n. 50, poi modificata con Delibera di Consiglio Comunale n 45 del 5 luglio 2021 per recepire le modifiche apportate dal D.Lgs. 116/2020, il Comune di Terre Roveresche (PU) ha approvato il regolamento per la disciplina della tassa rifiuti che esplicita il calcolo della quota puntuale sulla base delle emissioni di CO₂ prodotta dalle singole utenze.

In sintesi, la nuova tariffa puntuale del Comune di Terre Roveresche, prevede:

- 1) di contabilizzare più frazioni di rifiuto conferite dalle utenze (indifferenziato, organico e carta),
- 2) associare a queste un fattore di emissione per determinare l'impatto equivalente espresso in quantità di CO₂ prodotta dalla stessa utenza,
- 3) calcolare la quota misurata in base alla CO₂ prodotta dalla singola utenza.

Per analizzare l'effetto nell'applicazione della tariffa puntuale approvata dal Comune di Terre Roveresche, lo studio confronta i risultati secondo due modelli di tariffa diversi:

- a. la metodologia approvata dal Comune di Terre Roveresche, coerente con il modello "**advanced**" e riferita alla contabilizzazione della CO₂ equivalente prodotta dalle utenze del territorio computata in base alla misurazione dei conferimenti dei rifiuti indifferenziati, della frazione organica e della carta, da parte delle utenze nell'anno 2020;
- b. la metodologia standard, coerente con il modello "**minimo**", computata in base alla misurazione dei conferimenti dei rifiuti indifferenziati, da parte delle utenze nell'anno 2020.

I parametri di calcolo della tariffa puntuale del Comune di Terre Roveresche per l'anno 2021 sono riportati nella *Delibera di Consiglio Comunale n.47 del 05.07.21*.

In tabella 1 si riporta la ripartizione costi tra quota fissa, variabile calcolata e variabile a misura, da cui si evince come la quota destinata a misura secondo il modello “*advanced*”, corrisponde al **33,7%** dei costi complessivi, mentre secondo il modello “*minimo*”, corrisponde al **12,1%** dei costi complessivi.

I costi fissi e variabili calcolati sono ridistribuiti, per entrambi i modelli, tra utenze domestiche (75,2%) e utenze non domestiche (24,8%).

Voce	Modello “advanced”	Modello “minimo”
Costi Fissi	€ 208.004,92	€ 208.004,92
Costi Variabili Calcolati	€ 267.859,49	€ 422.573,11
Costi Variabili a Misura	€ 241.558,26	€ 86.844,64
Totale Costi	€ 717.422,67	€ 717.422,67

Tab. 1 – Schema ripartizione dei costi nel modello “advanced” e nel modello “minimo” della tariffa puntuale del Comune di Terre Roveresche

Il valore dei Costi Variabili a Misura alle Utenze è calcolato sommando i costi di trattamento e/o recupero dei rifiuti oggetto di misurazione e la quota, pari al 75%, dei rispettivi costi di raccolta.

Il modello “minimo” prevede anche, come avveniva per la TARI, l'applicazione della riduzione sulla quota variabile calcolata prevista dal Comune di Terre Roveresche per le utenze che praticano il compostaggio domestico, mentre nel modello “advanced”, misurando il rifiuto organico conferito dall'utenza, tale riduzione non è applicata in quanto già compresa nella quota puntuale.

In tabella 2 si riportano i parametri di calcolo per l'applicazione della quota misurata nella tariffa puntuale; nel modello “minimo” si considerano solo quelli riferiti al rifiuto indifferenziato e relativi a produzione e peso specifico.

Il valore del Peso Specifico è stato determinato dividendo le quantità rendicontate per il volume dei contenitori conferiti dalle utenze.

Per il primo anno di applicazione della tariffa, il Comune, prudenzialmente, ha preferito mantenere un valore alto della soglia minima, pari al 30% (considerata per entrambi i modelli ai fini di questo studio).

Il costo di conferimento unitario, nel modello “advanced”, per tonnellata di CO₂ prodotta dalle utenze, risultante dal costo imputato come quota misurata diviso per le tonnellate di CO₂ complessive nell'anno 2020, è pari a **90,41 €/tonCO₂eq**. Mentre nel modello “minimo”, il costo di conferimento unitario per tonnellata di indifferenziato prodotta dalle utenze, risultante dal costo imputato come quota misurata diviso per le tonnellate di indifferenziato complessive nell'anno 2020, è pari a **252,83 €/ton_{IND}**.

Tipologia rifiuto	Produzione anno 2020 (kg)	Peso Specifico (kg/mc)	Fattore di Emissione (KgCO ₂ eq/kg _{rifiuto})
Indifferenziato	348.820	144,5	3,86
Frazione organica	382.610	167,9	3,48
Carta e cartone	165.380	74,4	0,06

Tab. 2 – Parametri di calcolo applicati alla quota a misura della tariffa puntuale nel Comune di Terre Roveresche

3. Risultati e discussione

L'applicazione dei due modelli ai comportamenti delle utenze del Comune di Terre Roveresche registrati nell'anno 2020 ha permesso di analizzare e confrontare alcune differenze rilevanti tra il sistema "advanced" ed il sistema "minimo", sia dal punto di vista quantitativo (entità delle variazioni tariffarie) sia qualitativo (coerenza tra comportamento virtuoso delle utenze e premialità).

Nelle figure 1 e 2 si riportano i risultati di applicazione della tariffa puntuale ad ogni utenza domestica e non, sia per il modello "advanced" che per quello "minimo". La bisettrice riportata nei grafici rappresenta il luogo dei valori aventi TARIP pari a TARI.

Dalle figure risulta evidente come la "nuvola" dei valori relativi al modello "advanced" sia decisamente più esteso rispetto al modello "minimo", evidenziando, quindi, maggiori variazioni rispetto alla tariffa presuntiva (si seguito anche TARI); la causa principale risiede nei più elevati costi attribuiti alla quota misurata della tariffa.

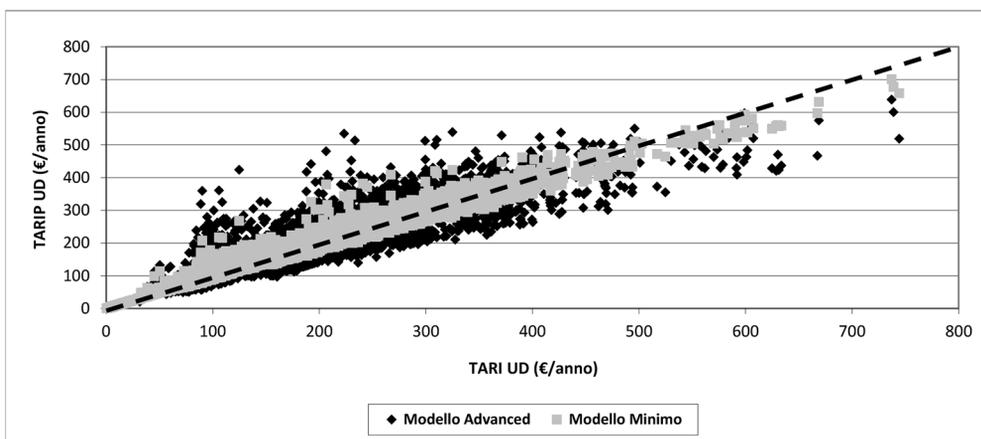


Fig. 1 – Tariffe puntuali applicate nell'anno 2020 alle singole utenze domestiche secondo i modelli "advanced" e "minimo"; confrontati con la TARI

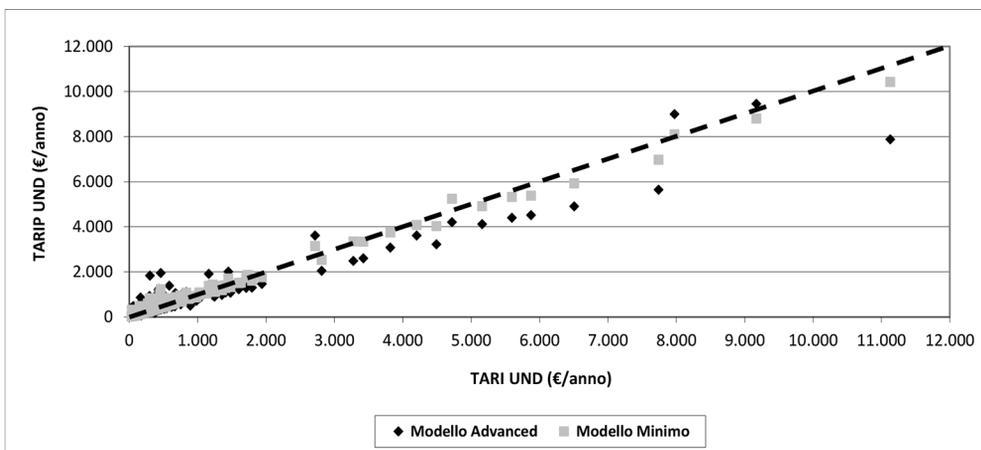


Fig. 2 – Tariffe puntuali applicate nell'anno 2020 alle singole utenze non domestiche secondo i modelli "advanced" e "minimo"; confrontati con la TARI

Tale aspetto risulta anche dall'analisi delle deviazioni standard, che risultano, per le utenze domestiche, pari al 35% per il modello "advanced" contro un valore del 14% per il modello "minimo"; per le utenze non domestiche si rileva un valore di 117% per il modello "advanced" ed un valore di 67% per il modello "minimo".

Nell'analisi della distribuzione dei costi tra le diverse categorie delle utenze domestiche, si evidenzia come le utenze con un più elevato numero di componenti presentano maggiori vantaggi nell'applicazione della tariffa puntuale, sia con il modello "advanced" che in quello "minimo", evidenziando come i coefficienti *Kb* ipotizzati nel sistema presuntivo siano eccessivamente penalizzanti per le famiglie numerose. Tuttavia, tale redistribuzione presenta valori significativamente diversi tra i due sistemi, con un range compreso tra +2,4% e -4,1% per il modello "minimo" e compreso tra +10,0% e -10,4% per il modello "advanced".

La massima riduzione della TARIP rispetto alla TARI ad una singola utenza è data dal limite posto dalla quota destinata alla componente variabile soggetta a misura, ridotta dal vincolo della soglia minima: per il modello "advanced" si ottiene una riduzione massima pari al 23,6%, mentre per il modello "minimo" si ottiene una riduzione massima pari all'8,5%. Come preventivabile, anche il massimo incremento a carico dell'utenza è maggiore per il modello "advanced" (+298,7%) rispetto al modello "minimo" (+129,9%).

In tabella 3 si confronta il risultato di riduzione/incremento rispetto alla tariffa presuntiva riferita all'anno 2020 (TARI) tra i due modelli di tariffa puntuale (TARIP).

Dalla tabella si osserva che 903 utenze, corrispondenti al 32,6%, presentano valori della TARIP, sia pel modello "minimo" che per il modello "advanced", inferiori rispetto alla tariffa presuntiva del 2020; mentre 1.284 utenze, corrispondenti al 46,3%, presentano valori superiori per entrambi i modelli. Alcune utenze, pari al 3,2%, trattandosi di pertinenze e, quindi, non essendo soggette a misurazione, non presentano variazioni.

Categoria utenze	TARIP "minimo" e "advanced" superiori alla TARI	TARIP "minimo" e "advanced" inferiori alla TARI	TARIP "minimo" inferiore alla TARI e TARIP "advanced" superiore alla TARI	TARIP "minimo" superiore alla TARI e TARIP "advanced" inferiore alla TARI	Nessuna variazione
Utenze domestiche	823	1.165	346	115	89
Utenze non domestiche	80	119	8	26	0
Totale	903	1.284	354	141	89
Totale (%)	32,6%	46,3%	12,8%	5,1%	3,2%

Tab. 3 – Numero di utenze che presentano valori della tariffa puntuale (TARIP) in aumento od in riduzione, negli scenari "advanced" e "minimo", rispetto alla tariffa presuntiva (TARI), nell'anno 2020

Tuttavia, si osserva anche che per 354 utenze, corrispondenti al 12,8%, ad un valore risultante della tariffa "minimo" inferiore rispetto alla TARI, corrisponde un valore della tariffa "advanced" superiore rispetto alla TARI; viceversa per 141 utenze, corrispondenti al 5,1%, ad un valore risultante della tariffa "minimo" superiore rispetto alla TARI, corrisponde un valore della tariffa "advanced" inferiore. Complessivamente, per il 17,9% delle utenze (circa un'utenza ogni cinque), i due sistemi di tariffa puntuale presentano un comportamento opposto rispetto al valore della TARI.

Questo significa che, quando si applica una sistema di tariffa puntuale secondo il modello “minimo”, ovvero **con la sola misurazione del rifiuto indifferenziato, si rischia di premiare utenze che presentano un comportamento meno virtuoso rispetto ad una ipotetica media dei comportamenti e, viceversa, penalizzare utenze che presentano un comportamento più virtuoso.**

Il dettaglio per categorie di utenze evidenzia come le famiglie più penalizzate siano quello intermedie, da *due componenti* (24,4% di errore) a *tre componenti* (23,9% di errore), mentre utenze *single* (11,9% di errore) e quelle con *sei o più componenti* (11,6% di errore) presentano i valori inferiori. Tra le utenze non domestiche, considerando solo le categorie che presentano almeno un numero significativo di 10 utenze, è necessario segnalare il risultato della *Categoria 24 (Bar, caffè, pasticceria)* con il 41,7% di errore. Quindi, **ove la presenza del rifiuto organico è maggiore, è più probabile che il modello “minimo” possa commettere un errore di valutazione del comportamento dell’utenza.**

Si ritiene, infine, utile evidenziare il costo che l’utenza deve attendersi ogni qual volta il gestore dei servizi svuota un contenitore esposto. Come esempio il calcolo è sviluppato solo per i contenitori monoutenza (mastelli).

In tabella 4 si riporta, rispettivamente per il rifiuto indifferenziato (per ognuno dei due modelli), la frazione organica e la carta, il valore del costo di conferimento.

Rifiuto/modello	Volume (litri)	Peso (kg)	Produzione CO ₂ (kgCO ₂ ,eq)	Costo (€/svuotamento)
Indifferenziato “advanced”	40	5,8	22,3	2,02 €
Indifferenziato “minimo”	40	5,8	np	1,46 €
Organico “advanced”	25	4,2	14,6	1,32 €
Carta “advanced”	40	3,0	0,2	0,02 €

Tab. 4 – Costo di conferimento di un mastello per tipologia di rifiuto in base al modello utilizzato

4. Conclusioni

Nel settembre 2020 il Comune di Terre Roveresche (PU) ha approvato il nuovo regolamento della tariffa puntuale che determina la quota a misura, per la prima volta, in base alla CO₂ prodotta dalle utenze nella gestione dei propri rifiuti.

Questo studio ha confrontato il risultato delle misure svolte nell’anno 2020 sui conferimenti delle utenze del territorio, calcolando la tariffa puntuale alle utenze sia con lo scenario approvato dal Comune, denominato modello “advanced”, sia con lo scenario prevalente in Italia (misurazione del solo rifiuto indifferenziato), denominato modello “minimo”.

I risultati hanno, da una parte, confermato quanto ci si attendeva, ovvero **il vantaggio del modello “advanced” in termini di leva economica** e, quindi, di maggiore stimolo agli utenti verso comportamenti virtuosi; dall’altra, hanno evidenziato che **il modello “minimo”, limitandosi alla misurazione di una sola frazione di rifiuto, non riesce a rappresentare in modo adeguato e completo il comportamento delle utenze sull’intera filiera e, quindi, può determinare errori rilevanti, premiando utenze meno virtuose o penalizzando utenze più virtuose.**

Lo studio della nuova tariffa puntuale applicata nel Comune di Terre Roveresche ha dimostrato che tali errori avvengono mediamente su un’utenza ogni cinque, confermando la necessità

di adeguare i sistemi di tariffa puntuale in Italia secondo modelli che meglio rappresentino il complesso comportamento delle utenze.

In difetto, il rischio è che la tariffa puntuale, oltre a diventare strumento inefficace rispetto agli obiettivi che vorrebbe raggiungere, perderebbe rapidamente di credibilità da parte dell'utenza, con evidenti gravi ripercussioni su tutto il sistema di gestione rifiuti.

Bibliografia

[1] **Rapporto IFEL** “*La diffusione della tariffazione puntuale in Italia nel 2019*”, 2021, Dossier e Manuali IFEL Fondazione ANCI

[2] **Laboratorio REF Ricerche**, “*La Tariffa Puntuale: un’opportunità da gestire*”, Rifiuti n.123, 2019, Laboratorio SPL Collana Ambiente

[3] **Rapporto IFEL** “*Guida alla tariffazione puntuale dei rifiuti urbani*”, 2019, Dossier e Manuali IFEL Fondazione ANCI

[4] **Action 12 - Circular Economy’s EU URBAN AGENDA PARTNERSHIP**, “Pay As You Throw (PAYT) Toolkit for European Cities”, 2019

WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION

BIOWASTE: XXIII CONFERENZA SUL COMPOSTAGGIO E DIGESTIONE ANAEROBICA. SESSIONE TECNICA

La sessione presenta ricerche e casi-studio relativi alle tematiche connesse al riciclo dei rifiuti a matrice organica: gli argomenti includono aspetti economici, la caratterizzazione delle matrici in ingresso, l'ottimizzazione dei processi del riciclo sotto il profilo dell'economia circolare, l'impiego dei fertilizzanti organici, del biometano e degli altri prodotti generabili dalla valorizzazione dei rifiuti.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Consorzio Italiano Compostatori (CIC)**

Presidenti di sessione:

- Massimo Centemero, *Consorzio Italiano Compostatori*
- Alberto Confalonieri, *Comitato Tecnico CIC*

Le tariffe degli impianti di trattamento rifiuti urbani: gli effetti della prossima regolazione Arera

*Giorgio Ghiringhelli ghiringhelli@arsambiente.it, Elisa Amodeo, ARS ambiente Srl,
Gallarate (VA)
Giuseppe Sbarbaro, Paolo Pagani, Marco Signorini, UTILITEAM Srl, Milano*

Riassunto

Il settore dei rifiuti urbani si presenta come un settore complesso, caratterizzato da un'elevata frammentazione e dall'assenza di condizioni infrastrutturali e organizzative omogenee nel Paese. Le tariffe degli impianti di trattamento sono state determinate, fino ad ora, differentemente secondo diverse opzioni: libero mercato (ad es. Lombardia), metodo tariffario regionale (ad es. Emilia Romagna), metodo tariffario EGA o altri metodi. Con la Deliberazione 3 agosto 2021, 363/2021/R/RIF "Approvazione del metodo tariffario rifiuti (MTR-2) per il secondo periodo regolatorio 2022-2025", a seguito di due procedimenti di consultazione, l'Autorità ha precisato la regolazione cui saranno sottoposti i gestori di alcuni impianti di recupero (inceneritori, impianti di compostaggio/digestione anaerobica e TM/TMB) e gli impianti di smaltimento (discariche) che trattano rifiuti di origine urbana. Arera ha quindi introdotto un metodo di determinazione delle tariffe che contempla modalità specifiche per gli impianti - che saranno anche classificati nelle categorie "minimi", cioè indispensabili e sottoposti a pianificazione dei flussi, e "aggiuntivi" - con potenziali significative differenze in termini di tariffe da applicare e l'introduzione - novità assoluta per il settore - di meccanismi perequativi che terranno conto della gerarchia per gestione dei rifiuti e delle performance ambientali degli stessi.

Summary

The urban waste sector is a complex sector, characterized by high fragmentation and the absence of homogeneous infrastructural and organizational conditions in the country. Up to now, the tariffs of the treatment plants have been determined differently according to different options: free market (eg Lombardy), regional tariff method (eg Emilia Romagna), EGA tariff method or other methods. With the Resolution of 3 August 2021, 363/2021 / R / RIF "Approval of the waste tariff method (MTR-2) for the second regulatory period 2022-2025", following two consultation procedures, the Authority specified the regulation to which the managers of some recovery plants (incinerators, composting / anaerobic digestion and TM / TMB plants) and disposal plants (landfills) that treat urban waste will be subjected. Arera has therefore introduced a method for determining the tariffs that contemplates specific procedures for the plants - which will also be classified in the "minimum" categories, that is, indispensable and subject to flow planning, and "additional" - with potential significant differences in terms of tariffs to be applied and the introduction - an absolute novelty for the sector - of equalization mechanisms that will take into account the hierarchy for waste management and the environmental performance of the same.

1. Introduzione

La gestione integrata dei rifiuti urbani si compone di diverse fasi operative che possiamo rappresentare come una filiera interconnessa [1].

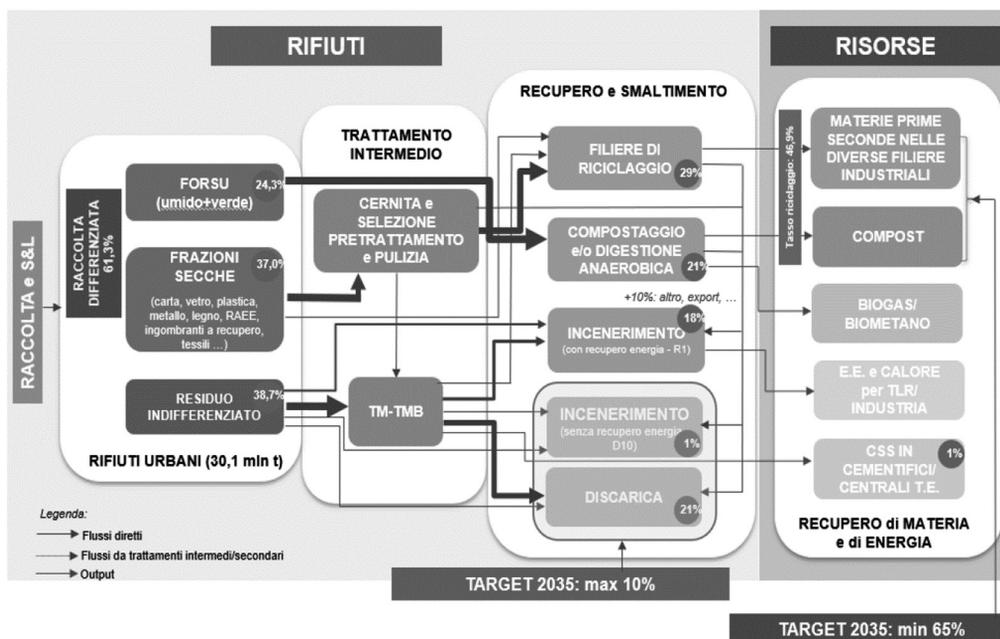


Fig. 1 – Rappresentazione della filiera interconnessa della gestione rifiuti (Arera, 2021)

Il settore dei rifiuti urbani si presenta come un settore complesso, caratterizzato da un'elevata frammentazione del servizio lungo la filiera e dall'assenza di condizioni infrastrutturali e organizzative non omogenee tra le diverse aree geografiche del Paese. Ai problemi storici del settore si sommano le nuove sfide lanciate dall'evoluzione del contesto normativo unionale e nazionale (con il recepimento del Pacchetto UE sull'Economia Circolare e la conseguente riforma del TUA – Testo Unico Ambientale) e dal derivante sviluppo di nuovi modelli economici per cogliere queste sfide, oltre che il più recente Piano Nazionale Ripresa e Resilienza (PNRR) [2]. Questi problemi si riflettono sulle tariffe al cancello degli impianti di trattamento che, determinate diversamente (libero mercato, tariffe regionali o di EGA, etc.), presentano elevate variabilità non giustificabili sulla base delle prestazioni tecnico-ambientali degli stessi.

Impianto	Prezzo di conferimento minimo (€/ton)	Prezzo di conferimento massimo (€/ton)	Prezzo di conferimento medio (€/ton)
Inceneritore	66	193	100
Discarica	9	187	85
TM/TMB	27	169	126

Tab 1 – Le tariffe al cancello degli impianti di smaltimento e recupero (ARERA, 2020)

2. Relazione

La Legge 27 dicembre 2017, n. 205 attribuisce all'Autorità – contestualmente ridenominata in Autorità di regolazione per energia, reti e ambiente (ARERA) – specifiche competenze anche

in materia di rifiuti urbani a partire dal 2018. Occorre ricordare che la regolazione di ARERA si fonda su 3 pilastri tra loro strettamente correlati: tariffe, qualità e *unbundling* [3].

Tra le materie assegnate ad ARERA in tema di regolazione delle fasi a valle della gestione rifiuti (impianti di trattamento) risultano particolarmente significativi la “fissazione dei criteri per la definizione delle tariffe di accesso agli impianti di trattamento” e l’”approvazione delle tariffe definite, ai sensi della legislazione vigente, dall’ente di governo dell’ambito”.

Con la Deliberazione 3 agosto 2021, 363/2021/R/RIF “Approvazione del metodo tariffario rifiuti (MTR-2) per il secondo periodo regolatorio 2022-2025” [5], a seguito di due procedimenti di consultazione [6,7], l’Autorità ha precisato come intende sottoporre a regolazione i gestori di alcuni impianti di recupero (termovalorizzazione, compostaggio e TM/TMB) e gli impianti di smaltimento (discariche) che trattano rifiuti di origine urbana, indipendentemente dalla classificazione (EER) degli stessi, mentre sarà escluso il segmento della gestione delle frazioni differenziate, diversa da quella organica, in quanto caratterizzato dall’assenza di vincoli alla libera circolazione dei rifiuti, dalla previsione di obblighi EPR e dalla rilevanza dei mercati di sbocco per i materiali oggetto di recupero.

Gli obiettivi specifici di ARERA sono quindi:

- sostenere gli obiettivi di preparazione per il riutilizzo e riciclo e di riduzione del conferimento in discarica stabiliti dal D.Lgs. 116/2020;
- garantire il fabbisogno impiantistico per il trattamento delle frazioni differenziate (rifiuto organico) e indifferenziate;
- ridefinire il fabbisogno impiantistico nazionale mediante l’aggiornamento delle stime sui fabbisogni (d.P.C.M. 7 marzo 2016 e 10 agosto 2016, in attuazione dell’art. 14 del D.L. 12 settembre 2014, c.d. “Sblocca Italia”) grazie al Programma Nazionale di Gestione dei Rifiuti (PNGR);
- favorire la libera circolazione delle frazioni differenziate destinate a riciclaggio e a recupero,
- garantire i principi di autosufficienza e prossimità.

ARERA è quindi chiamata a definire:

- 1) I costi riconosciuti che devono trovare copertura dalle entrate tariffarie (classificazione e criteri di loro determinazione);
- 2) L’articolazione tariffaria (struttura e valori);
- 3) Le modalità applicative della tariffa.

2.1 Impianti sottoposti alla regolazione tariffaria

Gli impianti sottoposti a regolazione tariffaria (inceneritori, discariche e impianti di trattamento delle frazioni organiche e TMB/TM) vengono quindi suddivisi in macro-categorie gestionali secondo una sequenza logica schematicamente rappresentata in Fig. 2.

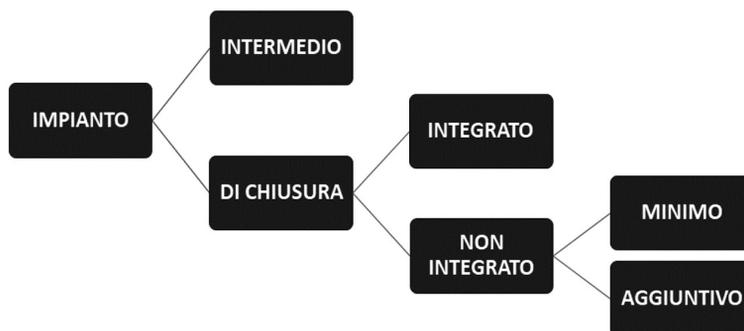


Fig. 2 – Sequenza logica per l’individuazione della classificazione degli impianti di trattamento secondo il MTR-2 (Utiliteam, 2021)

La prima chiave dicotomica permette di separare gli impianti intermedi (TM/TMB) da tutti gli altri impianti definiti come di chiusura ciclo (compostaggio/digestione anaerobica, inceneritori con recupero energetico, discariche e inceneritori senza recupero energetico).

La seconda chiave permette di separare gli impianti non integrati da quelli integrati: “*Gestore integrato è l’operatore incaricato del servizio integrato di gestione dei rifiuti. L’operatore integrato è identificato come il gestore di uno o più dei servizi a monte che compongono il ciclo dei rifiuti e che (gestendo anche uno o più dei servizi a valle) sia tenuto a stratificare i propri impianti di trattamento di chiusura del ciclo secondo la regolazione pro tempore vigente*”.

L’operatore non integrato, infine, può esercire impianti classificati come minimi o aggiuntivi. Il loro status di «minimi» o «aggiuntivi» dipende dalla valutazione del livello di efficacia dell’eventuale esistenza di pressione competitiva nel contribuire alla promozione di efficienza allocativa. Come illustrato da ARERA, in assenza di un intervento governativo (atteso con il PNGR) spetta alle Regioni la scelta di individuare gli impianti presenti sul territorio eleggibili alla regolazione delle tariffe al cancello secondo la metodologia ARERA (impianti “minimi”). Gli impianti aggiuntivi saranno identificati per differenza rispetto a quelli integrati e minimi. Nello schema seguente è possibile cogliere in una visione d’insieme i soggetti gestori sottoposti alla regolazione secondo diversi criteri e gradazioni.

		Tipi di filiera	Impianti di chiusura integrati	Impianti di chiusura ciclo - minimi	Impianti di chiusura ciclo - aggiuntivi
Grado di integrazione	Gestore integrato		Regolazione tariffaria <i>tout court</i> con incentivazione (tramite perequazione) in funzione della gerarchia		
	Gestore non integrato	Compostaggio/digestione anaerobica		Regolazione tariffe/costi e perequazione, con incentivi a favore di chi conferisce	No regolazione tariffaria <i>tout court</i> , ma obblighi di trasparenza sulle condizioni di accesso
		Incenerimento (con recupero energia - R1)		Regolazione tariffe/costi e perequazione, con incentivi limitati a favore di chi conferisce	No regolazione tariffaria <i>tout court</i> , ma obblighi di trasparenza sulle condizioni di accesso
		Discarica/Incenerimento (senza recupero energia - D10)		Regolazione tariffe/costi e perequazione, con disincentivi per chi conferisce	No regolazione tariffaria <i>tout court</i> , ma obblighi di trasparenza sulle condizioni di accesso e disincentivi per chi conferisce

Tab. 2 – Matrice degli impianti per la regolazione tariffaria (Arera, 2021)

2.2 Struttura delle tariffe degli impianti

Oggetto della regolazione tariffaria sono congiuntamente:

- i costi riconosciuti che devono trovare copertura dalle entrate tariffarie (classificazione e criteri di determinazione);
- l'articolazione tariffaria (struttura e valori);
- modalità applicative della tariffa.



Fig. 3 – Costi riconosciuti, e che devono trovare copertura dalle entrate tariffarie (Utiliteam, 2021)

Il Tasso di remunerazione del capitale investito netto (WACC=Weighted Average Cost of Capital) sarà determinato tenendo conto del TIWACC, in fase di aggiornamento nell'ambito dei futuri procedimenti e sarà differenziato per i gestori di impianti di chiusura del ciclo «minimi» rispetto ai gestori del servizio (βasset compreso tra 0,45 e 0,50 anziché tra 0,35 e 0,45). In continuità con il precedente periodo regolatorio, viene maggiorato dell'1% per gli investimenti realizzati a partire dall'anno 2017, per tenere conto del lag regolatorio.

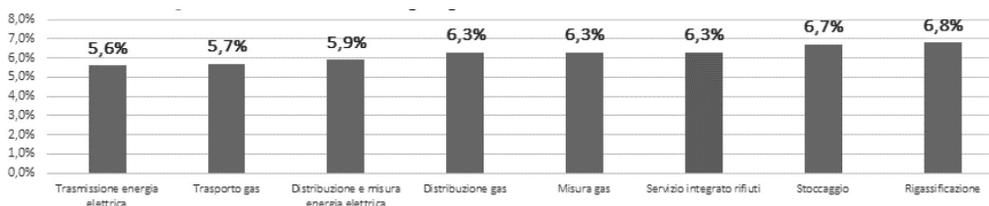


Fig. 4 – Valori del WACC in vigore per le diverse attività dei settori energia elettrica e gas (Utiliteam, 2021)

L'Autorità prevede che in ciascun anno $\alpha = \{2022, 2023, 2024, 2025\}$, il gestore dell'impianto di chiusura del ciclo "minimo" applichi la stessa struttura dei corrispettivi praticata nel 2021, aggiornandola tenuto conto di un moltiplicatore tariffario, τ_α , determinato sulla base dei costi totali dell'impianto (ossia il vincolo ai ricavi dell'impianto, VRI_α) ammissibili al riconoscimento in tariffa ai sensi del MTR-2, nonché di valutazioni connesse alla prossimità dei flussi in ingresso.

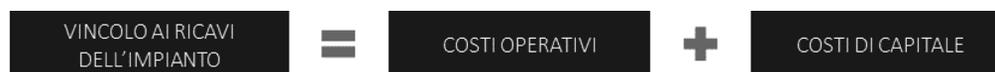


Fig. 5 – Rappresentazione schematica del vincolo sui ricavi (VRI) delle tariffe degli impianti (Utiliteam, 2021)

Per ciascun anno $\alpha = \{2022, 2023, 2024, 2025\}$ il vincolo ai ricavi dell'impianto, VRI_α , è dato dalla somma dei costi riconosciuti, e che devono trovare copertura dalle entrate tariffarie, per il suddetto anno come risultanti dal pertinente piano economico finanziario quadriennale. Uno specifico coefficiente (τ_α) agisce specificatamente sui flussi assoggettati a regolazione in modo distinto a seconda della prossimità facendo sì che, in questo modo, partendo dalla si-

tuazione corrente, i conferitori di prossimità vengono avvantaggiati e quindi sono incentivati a conferire ad impianti vicini. Al contrario i conferimenti non di prossimità sono penalizzati e quindi scoraggiati.

Il MTR-2 prevede un vincolo alla variazione annua del moltiplicatore che non può eccedere il 4%.

2.3 *Perequazione mediante componenti ambientali*

Per gli impianti gestiti da operatori integrati è introdotta una componente ambientale ($C_{amb} = C_{rec} + C_{inc} + C_{smal}$) positiva (o negativa), che il gestore integrato dovrà versare (o ricevere) alla (dalla) Cassa per i servizi energetici e ambientali (CSEA), in ragione delle esternalità negative (o positive) derivanti dallo smaltimento (o recupero/trattamento) dei rifiuti conferiti. Relativamente agli impianti di chiusura del ciclo “minimi”, è prevista invece una regolazione dei costi riconosciuti e delle tariffe caratterizzata da incentivazioni/penalizzazioni, a parziale compensazione/aggravio dei corrispettivi di conferimento, coerenti con la menzionata gerarchia per la gestione dei rifiuti, ovvero:

- incentivi a favore di chi conferisce agli impianti di compostaggio/digestione anaerobica (C_{rec});
- incentivi limitati a favore di chi conferisce agli impianti di incenerimento con recupero di energia (C_{inc});
- disincentivi per chi conferisce in discarica o in impianti di incenerimento senza recupero di energia (C_{smal}).

Verrà quindi istituito un sistema perequativo, da attivare presso CSEA, che assicuri la copertura dei costi efficienti per la gestione degli impianti secondo il sistema di incentivi/disincentivi precedentemente descritti.

3. Conclusioni

Le emergenze rifiuti, l'eccessivo ricorso alla discarica, le carenze impiantistiche di impianti di recupero e la distribuzione geografica non omogenea degli impianti sono insieme responsabili di un freno allo sviluppo dell'economia circolare. Gran parte di queste disfunzioni sono imputabili alla mancanza o non corretto funzionamento di un sistema di prezzi nel ciclo dei rifiuti urbani ovvero alla mancanza di regolazione complessiva del sistema.

L'Autorità ha definito il metodo tariffario rifiuti per il secondo periodo regolatorio (MTR-2), provvedendo all'aggiornamento e all'integrazione dell'attuale sistema di regole nonché alla fissazione dei criteri per la determinazione delle tariffe di accesso agli impianti di trattamento. Il regolatore ha scelto di affrontare un tema così complesso e articolato adottando un approccio asimmetrico, che si adatta agli assetti normativi e di governance locali e che preserva gli esiti di mercato, laddove ritenuti soddisfacenti. In assenza di un intervento governativo spetta alla Regione la scelta (o la mancata scelta) di individuare gli impianti presenti sul territorio eleggibili alla regolazione delle tariffe al cancello secondo la metodologia ARERA (impianti “minimi”): si tratta indubbiamente di una forma di responsabilizzazione in capo alle Regioni, chiamate ad uno sforzo di valutazione e di verifica, ed eventualmente di validazione tariffaria, coerente con il ruolo di pianificatore codificato dal legislatore nel 152/06 [7].

La regolazione è un potente motore del cambiamento in grado di avere effetti di scenario e assetto del mercato, oltre che guidare i modelli di business verso prospettive di economia circolare. Ai gestori è richiesto quindi un cambiamento che è sia di natura culturale, strategico e organizzativo/gestionale. I possibili approcci possono essere di opposizione alla riforma e rifiuto del cambiamento oppure, più efficacemente a giudizio degli autori, di cambiamento strategico e conseguimento di nuove opportunità nel nuovo quadro regolato.

Bibliografia

- [1] **L. Bardelli**, “MTR-2: La nuova regolazione tariffaria dei rifiuti per il periodo 2022- 2025”, ARERA, Milano, 14 luglio 2021;
- [2] **REF Ricerche**, Rifiuti urbani e regolazione economica: il ruolo delle regioni, Rifiuti N. 115, marzo 2019;
- [3] **Ghiringhelli G., Sbarbaro G., Pagani P.**, *La nuova regolazione nel settore rifiuti. Attività e impatto dell’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA)*, L’Ambiente n. 6/2018;
- [4] **ARERA**, “*Primi orientamenti per la definizione del metodo tariffario rifiuti per il secondo periodo regolatorio (MTR-2)*”, DCO 196/2021/R/rif;
- [5] **ARERA**, “*Definizione del Metodo Tariffario Rifiuti per il secondo periodo regolatorio (MTR-2). Orientamenti finali*”, DCO 282/2021/R/rif;
- [6] **ARERA**, “*Approvazione del metodo tariffario rifiuti (MTR-2) per il secondo periodo regolatorio 2022-2025*”, Deliberazione 363/2021/R/RIF.
- [7] **REF Ricerche**, MTR-2 e tariffe “al cancello” degli impianti: un cambio di passo, Rifiuti N. 186, luglio 2021.

Anaerobic digestion concepts for wastewater sludge treatment in dispersed settlements

*Outi Laatikainen outi.laatikainen@kamk.fi, Antti Rimpiläinen, Antti Kuoppala,
Ella Lukkari, Tatiana Samarina
Kajaani University of Applied Sciences, Kajaani*

Summary

This study presents alternative anaerobic digestion concepts for sewage sludge treatment in dispersed settlements. Reactor concept should be compatible with very low annual production volume (2000tn). Proposed concepts are evaluated based on 1) technical compatibility with given raw material matrix and 2) resource efficiency issues including water balance, energy balance and nutrient circulation.

Riassunto

Questo articolo presenta concetti alternativi di digestione anaerobica per il trattamento dei fanghi di depurazione in insediamenti dispersi. Il concetto di reattore dovrebbe essere compatibile con un volume di produzione annuale molto basso (2000 tonnellate). I concetti proposti saranno valutati sulla base di 1) compatibilità tecnica con una determinata matrice di materie prime e 2) problemi di efficienza delle risorse, compreso il bilancio idrico, il bilancio energetico e il riciclaggio dei nutrienti.

1. Introduction

Finding ecologically and economically sound concepts for anaerobic wastewater sludge digestion in dispersed settlements is a challenging task. Profitable business often requires massive material flows, but with dispersed settlement solutions transportation requirements may significantly decrease the ecological effectiveness. Meeting the ambitious carbon neutrality goals of the Finnish Government (2019) requires alternative solutions for energy production, biogas being one of them. Furthermore, EU BAT guidelines have set anaerobic digestion as a BAT solution for sewage sludge treatment [1,2].

This case study introduces alternative concepts for small-volume wastewater sludge treatment in dispersed region of Kainuu in North-Eastern Finland. Existing digestion sites are located up to 200 kilometers away from the target region, which calls for a massive need of fossil fuels for sludge transportation. The municipality of Puolanka invited tenders for a sludge treatment and piloting plant adjacent to the wastewater treatment plant (WWTP) of the municipality. The tender was a part of a larger bioeconomy investment programme in the region.

The municipality is investing in small-scale biogas reactor with two production lines. The first production line is designed for sewage sludges and the second production line is dedicated to agricultural materials, which are compatible with organic farming. This article is focused only on the sewage sludge treatment production line.

Companies were invited to suggest alternative concepts for wastewater sludge treatment with

advanced resource efficiency. No pre-requirements for process type were set. Four different concepts were suggested within the given budgetary frame. Main features of the alternative solutions are reviewed in this study.

2. Alternative concepts

The annual volume of the proposed pilot reactor is 2000tn, which covers the regional needs for sewage sludge treatment with needed supplement agents. Raw material matrix is composed on sewage sludge 75% and supplementing agents 25% (biowaste, gardening residues, manure, food industry residues) [3,4].

The aims for the pilot reactor performance include better water balance, less transportation needs and more outcoming products into local use (energy, digestate, nutrients). The pilot will replace approximately 1100 MWh of fossil fuel in the local district heating plant. The expected savings of fossil fuels in sludge transportation is approximately 7000-8000l annually compared to current situation.

Sewage sludge is a relatively challenging raw material for anaerobic digestion in case some other process method than wet digestion is considered. In processes with higher dry matter content, viscosity causes challenges for both process devices and gas flow in the reactor. Potential sticking of the feed on different surfaces in the process needs to be controlled as well as address the challenges it might cause related to the gas in the reactor. These viscosity and elasticity properties need to be modified with added substrate that have different structural properties in relation to the original feed. Wood based materials are considered for this [3,4].

The main driver for the investment is to provide a reference for anaerobic digestion concept for dispersed settlements. From this perspective, maximizing gas production volume is less important than environmental effectiveness. To ensure process performance and adequate gas formation, grease trap sludge as well as wood-based and gardening residue fractions will be added in raw material feed. [3,4]

2.1 Wet digestion process with nutrient recovery

Represents a traditional wet digestion concept with added nutrient recovery from digestate water. Due to low TS content, gas formation is good and viscosity problems are not an issue.

2.2 Solid-state fermentation process

Represents an innovative concept with rotating horizontal reactor, which allows precise adjustment possibilities for temperature during the process. Reactor type is suitable for raw material feeds with high dry matter content. Solution is provided by Eneferm.

2.3 Dry digestion process with innovative mixture I

Represents a reactor, in which outer structures are similar to wet digestion reactor, but the material feed and mixture system has been designed in innovative way to achieve adequate robustness for treating raw material with higher dry matter content. Solution is provided by Doranova.

2.4 Dry digestion process with innovative mixture II

Represents a reactor, in which the mixture is carried out with external device installations with effective pumps. No instrumentation is required inside the reactor in order to guarantee easy and cost-effective maintenance (reactor doesn't need to be emptied for maintenance).

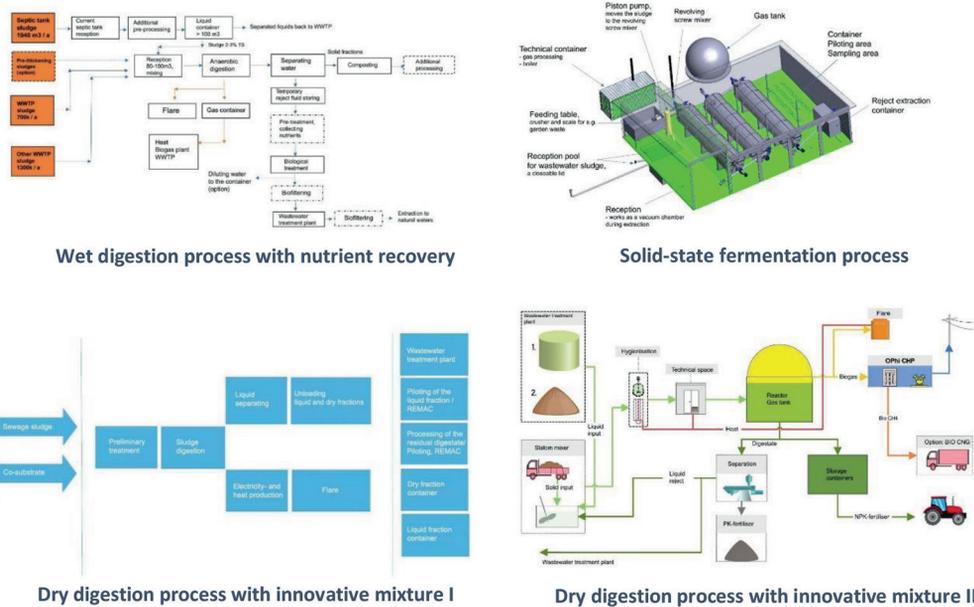


Fig. 1 – Anaerobic digestion concepts for wastewater sludge treatment in dispersed settlements

2.5 Comparison of anaerobic digestion solutions

Resource efficiency was selected as the main criterion when setting the criteria for evaluating different solutions. Solution providers were given the possibility to choose and describe their target impact for resources such as electricity, water intensity, raw material compilation, effect on CO₂ emissions, digestate use cases (both within the investment at hand and concerning possible further investments). Other evaluated factors were earlier references, technical performance according to 3rd party evaluation and cost-efficiency according to given budgetary frame (1,7 MEUR).

	Wet digestion with nutrient recovery	Solid-state fermentation	Dry digestion I	Dry digestion II
Water balance	Requires added water in the process with given raw material matrix.	No need for additional water in predefined material feed. Optimal water balance.	No need for additional water in predefined material feed. Optimal water balance.	Semi-remarkable need for additional water.
Mass / material balance	Remarkably low need for supportive material feed → optimal mass balance in case liquid fraction can be recycled.	Process requires supportive material feed for decreased moisture. This increases the treated mass volumes.	Process method tolerates variation in dry matter contents → no need for precise adjusting.	Material needs to be premixed before feeding into reactor, which might require a small amount of added supportive material.

Segue

	Wet digestion with nutrient recovery	Solid-state fermentation	Dry digestion I	Dry digestion II
Energy balance	Low energy use in the process due to higher water content and lower mass density.	Low energy use during the process due to innovative mechanical design.	Higher energy consumption during the process due to higher mass density. Energy balance optimization for whole chain is possible.	Low energy consumption due to mass mixture with pumps.
Circular economy viewpoints and technical feasibility	Well-known and technically solid process. Nutrient recovery methods for liquid fractions suggested (requires additional investments).	Solution is robust for foreign bodies, which might occur in target material feed.	Solution doesn't require pre-mixing/ homogenic material feed before reactor input.	Mass is sprinkled, not mixed. System compatibility is solidly proofed with agricultural materials.
Economic feasibility	Good energy efficiency during the process relates to economically feasible process. Increased digestate transportation needs and liquid fraction management weaken the economic feasibility.	Low energy need during the process relates to low costs. Mass balance issues with local raw material matrix relates to lower economic feasibility.	Higher energy demand during the process is compensated with minimized demand of digestate transportation and liquid fraction treatment.	Concept has innovative features in order to lower maintenance costs.
References	Existing reference for similar process.	Pilot-scale reference in smaller scale existing.	Operating reference on similar process.	Reference existing for different raw material matrix.

Tab. 1 – Comparison of anaerobic digestion solutions

3. Conclusions

Option No1, wet digestion, was evaluated technically compatible for raw material feed in case additional water is fed in the process. Due to process method requiring higher water content than other options, evaluation score concerning resource efficiency from water balance perspective was rated lower. Energy need for mixture is low and gas formation potential is good, since sewage sludge viscosity problems are not expected. Need for additional water relates to increased need for digestate transportation or local liquid fraction management. Solution provider suggests further investments for nutrient uptake as further development and investment initiatives. Option No1 would be suitable and resource efficient in case the incoming material flow has smaller amount of TS and higher water content than in the study case. Additional nutrient uptake suggestion may provide remarkable improvements for existing wet digestion sites.

Option No2, horizontal solid-state fermenting process, was evaluated as a compatible option for target raw material feed in case the percentage of added dry material fractions is increased. This need lowered the evaluation score for resource efficiency concerning mass balance. In target region, the set-up would have been requiring separate hall to cover all structures, since the rotating mechanism for horizontal cylinder might not tolerate icing during arctic winter period. Also, solution provider could only offer operating reference in remarkably smaller scale than required, which lowered evaluation score for references. Option No2 can be seen as a promising concept for cases, in which precise process temperature adjustment possibilities gives added value, dry matter content is high and foreign bodies might appear in material feed.

Option No3, dry digestion process with innovative mixture 1, was evaluated as a compatible option for target raw material feed, since the process is designed for respective material composition. Innovations concerning mechanical mixer properties allow higher dry matter content and system robustness is proofed with existing references. Option No3 can be seen as a well compatible concept for target case.

Option No4, dry digestion process with innovative mixture 2, was evaluated as a possibly compatible option for raw material feed, but system performance robustness from viscosity perspective is not solidly proofed with existing references. The suggested method with external assemblies poses a very interesting option for easier maintenance, but references were only available for different raw material feed (agricultural waste). Mixture is carried out with pumps and expert evaluation showed hesitation concerning the compatibility of raw material viscosity and suggested mixing method.

Acknowledgements

Writing of this paper has been made possible through REMAC project, which has been funded under the Karelia CBC programme (project number: KA11000). The authors would like to thank Ilkka Kovalainen from Honkainfra Oy for valuable comments regarding the paper.

References

- [1] **Finnish Government.** Finnish Government Programme. 3.1. Carbon neutral Finland that protects biodiversity (valtioneuvosto.fi) retrieved 1.9.2021
- [2] **European Commission.** Establishing best available techniques (BAT) conclusions for waste treatment, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council.
- [3] **I. Rocamora, S. T. Wagland, R. Villa, E. W. Simpson, O. Fernández and Y. Bajón-Fernández.** Dry anaerobic digestion of organic waste: A review of operational parameters and their impact on process performance.
- [4] **T. Mönkäre, V. Kinnunen, E. Tampio, S. Ervasti, E. Lehtonen, R. Kettunen, S. Rasi and J. Rintala.** Ravinnevisio: Selvitys Pirkanmaan puhdistamolietteidien ja biojätteiden ravinteista ja niiden potentiaalisesta käytöstä.

ZEOWINE ZEOLite and WINERy waste as innovative product for wine production

Davide Manzi, dmanzi@dn360.it, DN360, Pisa; G. Masciandaro, CNR IRET; S. Doni, CNR IRET; C. Macci, CNR IRET; C. Masini, DN360; G. Mattii, UNIFI; E. Cataldo, UNIFI.

Riassunto

Il progetto LIFE ZEOWINE è un progetto dimostrativo volto a migliorare la protezione e la gestione del suolo, la salute delle piante e la qualità delle produzioni nel settore vitivinicolo, comprese le produzioni biologiche e biodinamiche, attraverso l'utilizzo di un innovativo prodotto ammendante, denominato "ZEOWINE", originato dal processo di compostaggio dei rifiuti verdi della filiera vitivinicola con zeoliti clinoptiloliti.

Il progetto LIFE ZEOWINE, giunto alla fine del terzo anno di attività, mostra come le zeoliti ed il compost abbiano effetti sinergici nel miglioramento della qualità dei terreni, delle piante e delle uve prodotte; il miglioramento delle proprietà del suolo è valutato sia in termini di sequestro del carbonio, che di fertilità chimica e biologica, protezione dall'erosione e dalla capacità di incrementare la ritenzione idrica; nelle piante sono state valutate le proprietà fisiologiche in termini di tolleranza agli stress abiotici, assorbimento dei nutrienti e crescita dell'apparato radicale mentre, sulle uve è stato valutato l'effetto dei trattamenti sul contenuto di metaboliti secondari indispensabili nella sintesi delle sostanze aromatiche che determinano il sapore del vino prodotto.

Il Progetto LIFE ZEOWINE intende dare un contributo sostanziale allo sviluppo dell'economia circolare mostrando come l'utilizzo del protocollo di compostaggio sviluppato rappresenti una soluzione ideale per la gestione dei rifiuti originati dalla filiera vitivinicola portando un incremento in termini di qualità chimica, fisica e biologica all'ambiente suolo. I risultati presentati testimoniano come il compost ZEOWINE rappresenti un'evoluzione del processo di compostaggio dei rifiuti verdi del settore vitivinicolo che si concretizza con il miglioramento della qualità agronomica del compost prodotto ed in un utilizzo più razionale dei nutrienti che andrebbero altrimenti persi per lisciviazione o volatilizzazione con possibili effetti nocivi sull'ambiente.

Summary

The LIFE ZEOWINE project is a demonstration project aimed at improving soil protection and management, plant health and the quality of production in the wine sector, including organic and biodynamic productions, through the use of an innovative amending product, called "ZEOWINE", originated from the composting process of green waste from the wine production chain with clinoptilolite zeolites.

The project, now at the end of the third year, shows the synergistic effects of zeolites and compost in improving the quality of the soils themselves, plants and grapes produced; the improvement of soil properties is defined in terms of carbon sequestration, chemical and biological fertility, protection from erosion and water retention capacity; in plants the physiological properties are measured in terms of tolerance to abiotic stress, absorption of nutrients and growth of the root system whereas on the grapes the effect of the treatments on the content of secondary metabolites

indispensable in the synthesis of the aromatic substances that determine the flavor of the wine produced was evaluated.

The LIFE ZEOWINE Project intends to have a substantial contribution to the development of the circular economy by showing how the use of the composting protocol developed represents an ideal solution for the management of waste originated from the wine production chain bringing an increase in terms of physical, chemical and biological quality of the soil environment. The results that will be presented, testify how ZEOWINE compost represents an evolution of the composting process of green waste from the wine sector which is reflected in the improvement of the agronomic quality of the compost produced and in the more rational use of nutrients that would otherwise be lost by leaching or evaporation with possible harmful effects on the environment.

1. Introduzione

A causa della crescente pressione imposta ai suoli agricoli e alla conseguente diminuzione della fertilità, lo sviluppo di strategie di gestione in grado di aumentare la qualità e la produttività dei suoli è diventata una priorità comune [1]. In particolare, i vigneti mediterranei sono esposti a cali di fertilità dovuti alle continue lavorazioni per mantenere i suoli produttivi e alle contaminazioni dovute a ripetute applicazioni di rame necessario a combattere malattie della vite come la peronospora [2].

In particolare, la perdita di biodiversità del suolo gioca un ruolo fondamentale nel mantenimento della fertilità del suolo compromettendone irreversibilmente lo stato di salute e manifestando i suoi effetti sulle colture. Il progetto ZEOWINE propone il compostaggio degli scarti della filiera vitivinicola con il minerale zeolite clinoptilolite al fine di ottenere molteplici obiettivi:

- Il miglioramento della qualità dei suoli vitati in termini di contenuto di sostanza organica, biodiversità, capacità di ritenzione idrica e disponibilità di risorse minerali;
- La riduzione della mobilità del rame e quindi la riduzione del rischio di trasferire l'inquinante in altri comparti ambientali;
- La definizione e la diffusione di protocolli standard per l'applicazione di ZEOWINE nelle varie fasi del ciclo produttivo della vite;
- L'incremento della sostenibilità e della competitività del settore vitivinicolo rendendo più efficienti sia il consumo di nutrienti da parte delle piante che le risorse idriche a disposizione dei suoli, chiudendo il ciclo produttivo dei materiali di scarto e garantendo una maggiore stabilità delle rese e della qualità delle uve;
- Il miglioramento della tutela della salute dei consumatori attraverso migliori condizioni di crescita e sviluppo delle produzioni.

2. Relazione

Il progetto ZEOWINE dimostra come i materiali di scarto provenienti dalla filiera del vino sottoposti a compostaggio con la zeolite clinoptilolite apportino nuova vita al suolo del vigneto.

La clinoptilolite utilizzata, caratterizzata da una purezza in zeolite superiore al 90% e con granulometria 1-2,5 mm è stata utilizzata per formare quattro diversi cumuli di compostaggio caratterizzati come segue:

- Cumuli di controllo composti esclusivamente da vinacce e raspi e dal peso totale di circa 10 ton;
- Cumuli di ZEOWINE con integrazione delle zeoliti in proporzioni di peso pari a 1:10 e peso totale di 10 ton;
- Cumuli di ZEOWINE con integrazione delle zeoliti in proporzioni di peso pari a 1:2,5 e peso totale di 10 ton.

I cumuli di compostaggio hanno subito rivoltamenti periodici (almeno una volta al mese) al fine di garantire i livelli ottimali di aerazione. Nel corso del processo di compostaggio è stata mantenuta l'umidità dei cumuli a valori di circa il 50%. Temperatura e umidità sono state registrate quotidianamente fino al termine della fase termofila, successivamente ogni settimana. All'inizio del compostaggio, al termine della fase termofila e al termine del processo di compostaggio, sono stati raccolti campioni compositi per ogni cumulo.

I campioni sono stati essiccati all'aria, setacciati (2 mm) e conservati a temperatura ambiente fino all'esecuzione delle determinazioni analitiche di carattere fisico, chimico, biochimico, tossicologico ed idrologico.

Al termine della fase di maturazione del compost i prodotti ottenuti sono stati applicati a due vigneti, uno nuovo (non ancora in produzione, cultivar Sanforte) e un vigneto produttivo (cultivar Sangiovese) situati in Toscana (Italia) ed integrati ai suoli con erpicatura ad una profondità di circa 30 centimetri (rizosfera).

In ogni vigneto sono stati allestiti in triplice copia i seguenti trattamenti:

- Compost commerciale alla concentrazione di 20 t/ha;
- Zeolite clinoptilolite in quantità pari a 10 t/ha;
- ZEOWINE 1:10 (p/p) alla dose di 30 t/ha;
- ZEOWINE 1:2,5 (p/p) alla dose di 30 t/ha.

Successivamente alle integrazioni al suolo e per i due anni successivi, in primavera e dopo ogni vendemmia, sono stati prelevati tre campioni compositi di terreno da ciascuna delle tre sottoparcelle di ogni trattamento, tra i filari nello strato di suolo a 0-30 cm di profondità.

2.1 Compost ZEOWINE

La caratterizzazione chimica delle varie tipologie di compost ottenute ha dimostrato come il compost ZEOWINE mostri caratteristiche compatibili per la classificazione del Prodotto come Ammendante Compostato Verde secondo quanto disposto dal D.Lgs 75/2010. Da rilevare come dal punto di vista ecotossicologico (Test di Germinazione) i valori assunti dal compost ZEOWINE, in entrambe le tipologie prodotte, siano superiori al 100% indicando una totale assenza di tossicità per lo sviluppo delle colture.

		COMPOST COMMERCIALE ammendante compostato misto	COMPOST con soli SCARTI di filiera	1 zeolite : 10 scarti (p/p) (ZEOWINE 1:10)	1 zeolite : 2,5 scarti (p/p) (ZEOWINE 1:2,5)	D. lgs. No. 75/2010
pH		8,6	7,4	8,0	8,3	6-8,8
EC	dS m ⁻¹	1,8	1,5	0,4	0,2	
CSC	Cmole kg ⁻¹	41	36	44	46	
TOC	C %	33	26	27	26	> 20
TN	TN%	3,5	1,1	1,3	1,5	
C/N		9	24	21	18	<50
Carbonio umico	C%	6,1	10,3	10,4	11,8	> 2,5
TK	%	0,75	0,56	0,80	1,19	
TP	%	0,13	0,12	0,17	0,14	
Cu	mgCu kg ⁻¹	49	66	57	44	<230
Indice di germinazione	%	115	82	117	142	>60%

Fig. 1 – Confronto tra valori di un Compost commerciale, compost derivante da scarti della filiera vitivinicola, ZEOWINE 1:2,5 (p/p), ZEOWINE 1:10 (p/p) ed i valori previsti dal Dlgs 75/2010 per l'Ammendante Compostato Verde.

2.2 Effetti sul suolo

Gli effetti dei vari trattamenti previsti dal Progetto ZEOWINE sul suolo sono stati valutati mediante caratterizzazione chimica, fisica e biologica del suolo nei tre anni di sperimentazione.

In particolare si osserva come la sinergia di zeoliti e compost abbia effetti positivi sulla Sostanza Organica, particolarmente per il trattamento con ZEOWINE 1:10 (p/p).

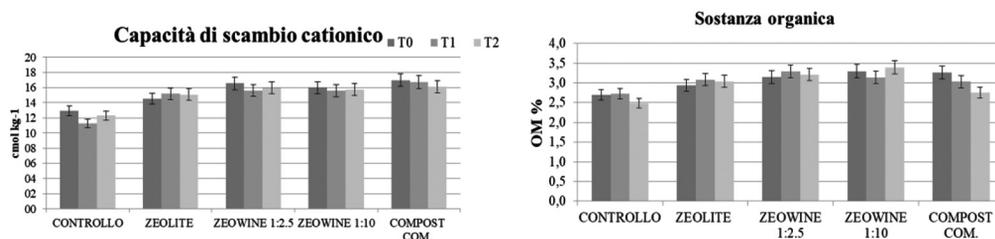


Fig. 2 – Risultati degli effetti dell'applicazione al suolo di ZEOWINE sulla Capacità di Scambio Cationico e sulla Sostanza Organica

Anche i principali nutrienti del suolo hanno mostrato, nei tre campionamenti effettuati, un significativo incremento a seguito del trattamento con il compost ZEOWINE. In particolare l'aumento di N e P, può essere spiegato dall'effetto della principale caratteristica delle zeoliti clinoptiloliti, quale l'elevata Capacità di Scambio Cationico, proprietà che consente di ridurre la perdita di nutrienti apportati dal compost degli scarti verdi della filiera del vino e di ottimizzare l'efficienza di fertilizzazione.

Questo ha effetti notevoli anche dal punto di vista ambientale visto che vengono limitate le perdite di nutrienti per dilavamento che potrebbero avere effetti nocivi sulle falde sottostanti.

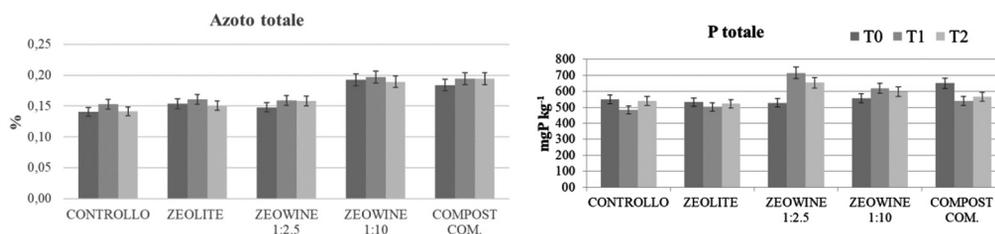


Fig. 3 – Risultati dell'andamento di Azoto totale e Fosforo totale durante la sperimentazione

La stabilità degli aggregati di un suolo rappresenta la capacità di resistenza delle strutture presenti alle forze meccaniche, fisiche o chimiche che possano portare alla perdita della sua integrità strutturale. In tutti i trattamenti ed in particolare nel trattamento con le sole zeoliti si osserva come i terreni del vigneto assumano una maggiore stabilità rispetto al controllo.

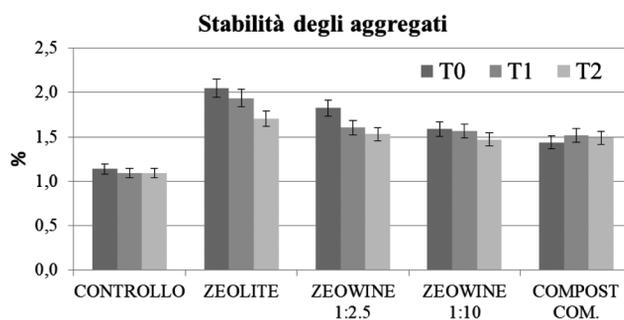


Fig. 4 – Analisi sulla Stabilità degli Aggregati nel suolo

Il condizionamento dell'ambiente chimico fisico del suolo si riflette in un concreto incremento delle attività biologiche che in esso si sviluppano. Nello specifico vengono qui riportati i valori assunti da due enzimi, la butirrato esterasi e la β -glucosidasi. Il primo dà un'informazione relativa all'attività microbica totale, mentre la β -glucosidasi, essendo un enzima legato al ciclo del Carbonio, fornisce indicazioni sui processi di mineralizzazione del suolo. Dai risultati ottenuti si nota come ZEOWINE abbia fornito un contributo essenziale all'incremento dell'attività biologica del suolo a tutti i tempi di campionamento.

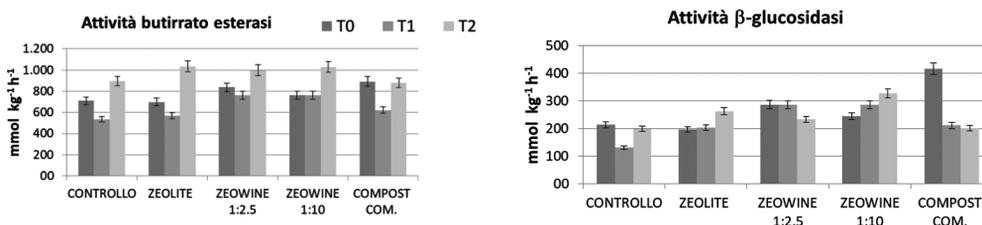


Fig. 5 – Attività enzimatiche, risultati relativi alla Butirrato esterasi e alla β glucosidasi

2.3 Biodiversità - Indice QBS-ar

L'indice QBS-ar valuta la qualità biologica di un suolo attraverso l'analisi di tutti i gruppi di microartropodi presenti nel terreno che vengono utilizzati come bioindicatori [3]. Tali microrganismi risultano infatti sensibili ai mutamenti delle condizioni ambientali del suolo mostrando conseguenti modifiche delle loro caratteristiche biologiche in grado di consentire loro un migliore adattamento all'ambiente. L'indice QBS-ar si basa sull'assunto che i gruppi di microartropodi particolarmente adattati alla vita edafica sono presenti se l'ecosistema suolo non è disturbato da attività antropiche. La presenza o l'assenza degli organismi più adattati assume quindi il ruolo di indicatore del livello di disturbo subito dal suolo.

Nei tre anni di progetto è stato possibile valutare come lo ZEOWINE 1:10 (p/p) risulti il trattamento più efficace nell'innalzare il valore dell'Indice QBS-ar dimostrandone l'efficacia nello stabilire condizioni ideali per il mantenimento e l'incremento dell'attività biologica del suolo.

2.4 Effetti sulla pianta

Le rilevazioni sulle piante dei vari trattamenti, eseguite dall'istituto DAGRI dell'Università di Firenze; hanno valutato diversi parametri tra cui la fotosintesi netta, l'efficienza di utilizzo dell'acqua e gli antociani totali presenti nelle uve. Dai risultati ottenuti si osserva come ZEOWINE sia in grado di accelerare la maturazione delle piante aumentandone le prestazioni

e costituendo un'ottima soluzione contro le situazioni di stress idrico presenti in vigna. Nei trattamenti con zeoliti e con ZEOWINE negli acini prodotti è stato riscontrato un incremento nelle concentrazioni degli antociani, pigmenti responsabili del colore rosso del vino e precursori di altri pigmenti più stabili e complessi che contribuiscono al colore ed agli aromi tipici dei vini.

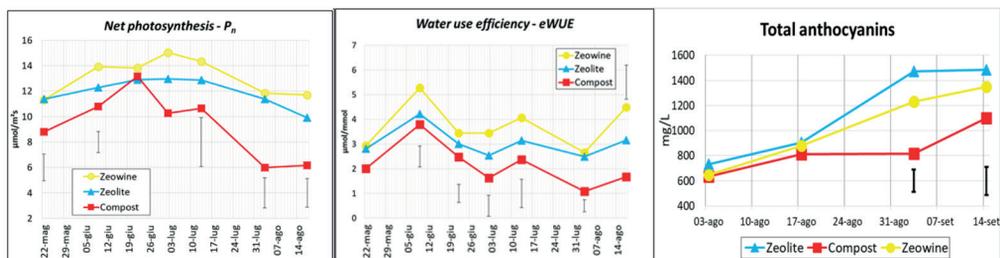


Fig. 6 – Analisi della Fotosintesi netta, dell'Efficienza sul consumo idrico delle viti e degli Antociani totali presenti sugli acini

3. Conclusioni

Il sistema di gestione degli scarti verdi provenienti dalla filiera vitivinicola proposto dal progetto ZEOWINE rappresenta un'innovazione nel processo di compostaggio in un'ottica di economia circolare e consente di ottenere un ammendante con migliori caratteristiche agronomiche rispetto al compost senza zeolite. Il compost a base di scarti verdi e zeoliti (ZEOWINE) rappresenta uno strumento efficace per ridurre la dipendenza da fertilizzanti minerali negli impianti di vigneto e per migliorare la fertilità agronomica e biologica dei suoli vitati.

Bibliografia

- [1] **Scotti R et al.**, Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2015, vol.15, n.2, pp.333-352. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000031>
- [2] **Falzon, J.**, "Sustainable management of the main two Maltese indigenous grape varieties for winemaking" (2013). Masters Theses. 200. <https://commons.lib.jmu.edu/master201019/200>
- [3] **Parisi V et al.**, Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy, 2005, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Elsevier.

Acea smart Comp e il compost a km 0

*Enrico Miletto enrico.miletto@aceaspa.it, Alessandro Filippi, Giancarlo Cecchini,
Flavio Cammilozzi, Acea Elabiori S.p.A., Roma*

Riassunto

La Waste Transition propone il cambio di paradigma di gestione del rifiuto, dal grande impianto industriale alla rete di impianti delocalizzati. L'implementazione di un sistema di gestione delocalizzato è possibile solo facendo ricorso alle compostiere elettromeccaniche, di dimensioni compatte, dotate di una logica "smart" in grado di automatizzare la gestione e garantire un elevato standard qualitativo del prodotto in uscita. Acea Smart Comp è il Global Service che elimina il problema della gestione del rifiuto dove viene installato l'impianto. Dalla Control room Acea sono monitorati il processo da remoto e migliorate le performance dell'impianto, sulla base di algoritmi evoluti supportati dal Machine Learning (ML) e l'Artificial Intelligence (AI) che elaborano i dati acquisiti dalla sensoristica evoluta integrata nella macchina. Il Network virtuoso conta un crescente numero di installazioni sul territorio sia nazionale che internazionale coinvolgendo importanti istituzioni come l'Arma dei Carabinieri che ha adottato una soluzione delocalizzata per la gestione dello scarto organico della Caserma.

Summary

Waste Transition proposes the change of waste management paradigm, by the big industrial plant to the delocalized plants network. A delocalized management system is only possible by a network of small size electromechanical composters equipped with a "smart" logic to have an automatic management and to guarantee a high quality standard of the outgoing product. Acea Smart Comp is the Global Service that eliminates the problem of waste management where the system is installed. Into the Acea Control room, the process is monitored remotely and plant performance is improved, thanks to the advanced algorithms of Machine Learning (ML) and Artificial Intelligence (AI) which analyse the data acquired by the internal advanced sensors. The virtuous Network has a growing number of installations on both national and international territory, involving important institutions such as the Carabinieri, which has adopted a delocalized solution for the management of the barracks' organic waste.

1. Introduzione

L'Europa ha adottato negli ultimi anni un piano d'azione per contribuire ad accelerare la transizione verso un'economia circolare e promuovere una crescita sostenibile. Sul tema dei rifiuti organici la soluzione più consolidata per il recupero virtuoso di materia e il sequestro della CO₂ è il compostaggio. Quest'ultimo è un processo biologico aerobico, controllato dall'uomo per massimizzarne l'efficienza, che produce una miscela di sostanze umificate, il compost, che può essere utilizzato come ammendante per usi agronomici o per florovivaismo. La frazione organica è il principale componente su cui intervenire perché, dalla stima dell'ISPRA sulla media del periodo 2008 – 2018, rappresenta il 35,5% dei rifiuti totali prodotti in Italia [1]. Questa matrice potrebbe essere valorizzata in ammendante compostato misto (ACM) se avesse un utilizzo diffuso nella filiera agricola e in quella florovivaistica. Il problema principale risiede nella capacità di selezionare adeguatamente il rifiuto alla fonte e standardizzare la qualità del prodotto in uscita.

La soluzione proposta si basa sul concetto innovativo di Waste Transition ovvero la realizzazione di una sempre più fitta rete di piccoli impianti che consenta di scardinare l'attuale sistema di gestione basato su una logica accentrativa, quella del grande impianto industriale. L'implementazione di un sistema di gestione delocalizzato è possibile solo facendo ricorso ad apparecchiature di dimensioni compatte, dotate di una logica "smart" e telecontrollate.

Smart Comp è la soluzione proposta da Acea come global service eliminando il problema della gestione del rifiuto organico. Dalla Control room Acea sono monitorati il processo da remoto e migliorate le performance dell'impianto, sulla base di algoritmi evoluti supportati dal Machine Learning (ML) e l'Artificial Intelligence (AI) che elaborano i dati acquisiti in tempo reale dalla sensoristica evoluta integrata nell'apparecchiatura.

2. Relazione

Il progetto Acea Smart Comp, realizzato in collaborazione con l'ENEA e l'Università della Toscana, supera il vecchio paradigma gestionale, basato sulla centralizzazione del trattamento, costituendo così una rete di impianti di compostaggio di minori dimensioni ma sempre automatizzati e monitorati. L'utilizzo di una rete di piccoli e medi impianti, pone la problematica del monitoraggio del processo di compostaggio e dei parametri utilizzabili per il controllo di qualità. Difatti l'utilizzo di ACM (da solo o in terricci) in produzioni food e no-food, è possibile solo se il prodotto finale avrà composizione e caratteristiche standard tali da poterlo confrontare con i fertilizzanti di altra natura e garantire così l'utilizzatore. Oltre alla parametrizzazione e al monitoraggio del processo (temperatura, umidità, respirazione, produzione di metano, etc.) è importante individuare con certezza e indipendentemente dalle matrici, il punto di maturazione, raggiunto il quale la componente fitotossica è negligenza, così come le emissioni odorogene, e le caratteristiche del prodotto, come mostrato in Tabella 1, sono compatibili per il suo uso in produzioni food e no-food. Le procedure e le logiche di operatività adottate da Acea garantiscono una compatibilità con gli standard di prodotto attesi, basandosi sia sull'analisi merceologica della matrice da trattare, per valutare gli eventuali correzioni di bilanciamento, sia sul mantenimento dei parametri di processo all'interno del range ottimale.

Parametro	Compost da scarti alimentari
Umidità (% t.q.)	40-55
N (% s.s.)	1.79
P (come P ₂ O ₅) (% s.s.)	1.38
K (come K ₂ O) (% s.s.)	1.26
Carbonio org. (TOC) (% s.s.)	25
pH	8.15
Conducibilità (CES) (μS cm ⁻¹)	3730
SV (% s.s.)	49.48
Mg (% come MgO)	1.53
Mn (mg kg ⁻¹ s.s.)	294.32
Fe (mg kg ⁻¹ s.s.)	13600
Densità apparente (g l ⁻¹)	400
Porosità totale (% vol/vol)	81.32
Acqua disponibile (% vol/vol)	15.84

Tab. 1 – Caratteristiche agronomiche medie relative all'ammendante compostato misto [2]

Un altro aspetto da considerare e che assume importanza rilevante nei piccoli impianti, è quello relativo alla facilità di gestione del processo e alla eliminazione o mitigazione di tutti quei fattori che possano ostacolare l'adozione del sistema stesso. L'automatizzazione e la solidità delle apparecchiature devono consentire all'utente di approvvigionare la macchina con la frazione organica e poi semplicemente recuperare il compost pronto per l'uso, senza interventi intermedi sul processo o finali sulla maturazione del compost, tutti aspetti che disincentiverebbero l'adozione del sistema.

2.1 Il compostaggio diffuso

La Waste Transition del rifiuto organico ha come caposaldo la diffusione della pratica del compostaggio sul territorio. La rete di piccoli impianti offrirà maggiore accettabilità sociale, minore vulnerabilità e minori costi per la società, eludendo qualsiasi forma di contestazione della comunità locale che non rischia così di ritrovarsi l'area degradata da un contesto, quello del grande impianto che, seppur virtuoso, rimane decisamente industriale.

Il rifiuto viene selezionato alla fonte e trattato direttamente sul luogo di produzione. Gli utenti coinvolti sono ridotti in numero rispetto alle dinamiche dispersive dei grandi impianti e per questo più responsabilizzati nell'attività di conferimento. Inoltre, fermo restando il supporto tecnologico delle apparecchiature, gli utenti acquisiscono autonomia nella produzione di ammendante pronto per l'uso e proveniente dalla loro filiera del rifiuto da loro stessi controllata. Il valore aggiunto di questo nuovo modello è l'eliminazione dell'ingente ricorso alla movimentazione di rifiuti, dovuti alle fasi di raccolta e trasporto, dal produttore del rifiuto all'impianto di trattamento, abbattendo così anche i costi e gli impatti ambientali (Fig. 1).

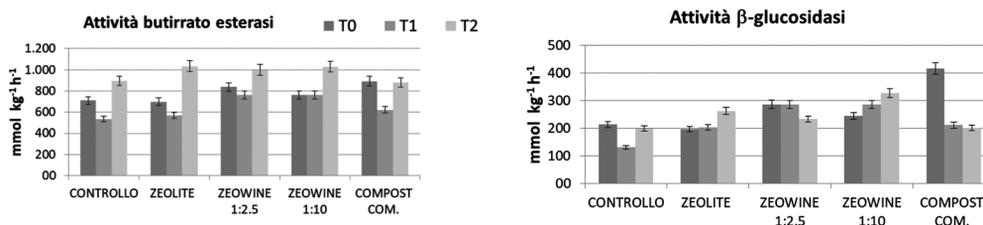


Fig. 1 – Il modello gestionale del compostaggio diffuso Acea Smart Comp

La normativa italiana sta incentivando la diffusione di questa forma di compostaggio promulgando nuovi decreti e aggiornando quelli già in vigore. Già dal 2015, infatti, esistono ben 3 forme di compostaggio di piccola taglia, come mostrato nella Tabella 2, che contribuiscono alla diffusione semplificata della soluzione.

	Autocompostaggio	Compostaggio di comunità	Compostaggio locale
Descrizione	<ul style="list-style-type: none"> • Utenza singola • Produttore rifiuto = Utilizzatore compost • Non è consentita la vendita • Solo autoconferimento del rifiuto 	<ul style="list-style-type: none"> • Utenza collettiva (nel raggio massimo di 1 km di distanza) • Produttori rifiuto = Utilizzatore compost • Non è consentita la vendita • Solo autoconferimento del rifiuto 	<ul style="list-style-type: none"> • Utenza singola o multipla • Produttore rifiuto ≠ Utilizzatore compost • Consentita la vendita • Possibilità di raccolta e conferimento da parte di terzi
Limite trattamento del rifiuto (t/a)	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun limite 	<ul style="list-style-type: none"> • 130 ton/anno 	<ul style="list-style-type: none"> • 80 ton/anno
Utilizzo del compost	<ul style="list-style-type: none"> • Nelle aree verdi in sito 	<ul style="list-style-type: none"> • Nelle aree verdi nel Comune in disponibilità giuridica delle Utenze 	<ul style="list-style-type: none"> • In agricoltura, pascoli, florovivaistica, ecc, anche da parte di soggetti terzi
Requisiti o condizioni richieste	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicazione di inizio attività al Comune • Nessun requisito per la qualità 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicazione di inizio attività al Comune • Requisiti e parametri per la qualità ai sensi del D.M. 266/2016 	<ul style="list-style-type: none"> • Autorizzazione con procedura semplificata ai sensi dell'Art. 214 c.7-bis del D.Lgs. 152/06 • Requisiti e parametri per la qualità ai sensi del D.Lgs. 75/2010

Tab. 2 – La normativa italiana a supporto della delocalizzazione del trattamento

2.2 La tecnologia “smart”

Negli ultimi anni, è emersa una nuova tendenza nelle tecnologie di produzione, generalmente denominata Industry 4.0, che consente di raggiungere un livello più elevato di efficienza operativa e produttività attraverso sistemi automatizzati e interconnessi [3]. Ciò è dovuto alla combinazione dei concetti tecnologici del cyber-fisico e Internet of Things (IoT), un nuovo paradigma secondo il quale gli oggetti, ma anche gli esseri viventi, possono trasferire dati identificati univocamente a Internet senza l’interazione degli esseri umani [4]. L’IoT si è evoluto dalla convergenza di tecnologie wireless, sistemi microelettromeccanici (MEMS) e Internet. L’industria 4.0 ha effettivamente portato un importante passo avanti nel campo del monitoraggio dei processi industriali e si ritiene quindi che rappresenti un nuovo stadio, equivalente a una “quarta rivoluzione industriale”, da cui prende il nome. Il trasferimento di tali tecnologie anche nel campo del monitoraggio ambientale e biologico potrebbe portare ad enormi vantaggi tra cui la possibilità di ampliare notevolmente la quantità di punti di misurazione e la trasmissione dei dati in cloud in tempo reale.

In quest’ottica è stato sviluppato il sensore multi-parametrico, integrato nel processo di produzione del compost in modo continuo e con capacità di trasmissione dei dati in cloud e allo stesso tempo possibilità di controllo di processo della macchina stessa. La centralina integrata negli impianti gestiti da Acea, misura sia i gas interstiziali rilevanti per il controllo del processo (CO₂, CH₄ e O₂), sia la temperatura e l’umidità assoluta ed invia il segnale tramite una piattaforma di edge computing al telecontrollo Acea, come mostrato in Figura 2.

Il sistema multi-parametrico innovativo di Acea, sviluppato per il monitoraggio del processo di produzione, consiste in un sistema integrato di:

- Sistema di campionamento del gas interstiziale,
- Sensori di analisi di temperatura e umidità,
- Sistema pneumatico per la gestione del gas,
- Cella di misura dei gas,
- Gestione dei dati con microprocessore.



Fig. 2 – Esempio dashboard di telecontrollo SCADA Acea Smart Comp

Acea Smart Comp ha investito soprattutto sull'idea di servizio “smart” per cui, partendo da analizzatori evoluti integrati, ha sviluppato un sistema PLC che rende completamente automatica l'apparecchiatura secondo le migliori logiche di funzionamento sperimentate.

La centralina multiparametrica si propone, quindi, come supporto sostanziale per la gestione degli impianti di compostaggio, monitorando le condizioni in cui i microrganismi attuano la degradazione del rifiuto. La stessa, inoltre, è supportata da piattaforme IoT di analisi evolute che migliorano le performance dell'impianto, sulla base di algoritmi supportati dal Machine Learning (ML) e l'Artificial Intelligence (AI). Tutti gli impianti, telecontrollati da piattaforma SCADA, realizzata da Acea in ambiente Wonderware, contribuiranno ad inviare dati e popolare il database dei parametri di processo. Questo processo è quello che virtuosamente porterà a logiche di funzionamento sempre più raffinate e capaci di standardizzare la qualità del prodotto.

2.3 Il caso di studio Arma dei Carabinieri

Acea Spa e Arma dei Carabinieri hanno sottoscritto in data 18/12/2020 un Accordo finalizzato ad approfondire possibili ipotesi di collaborazione per lo sviluppo di progetti condivisi e interconnessi, con particolare riguardo ai settori dell'innovazione tecnologica e della circular economy, in termini di sostenibilità. L'Accordo è stato reso esecutivo con una prima installazione di una compostiera elettromeccanica “smart” presso l'area ecologica della caserma Salvo D'Aquisto a Roma (Fig. 3), con lo scopo di trattare le circa 40 tonnellate annue di scarti organici prodotti dalla mensa e dal servizio bar e ristorazione presenti all'interno della Caserma.



Fig. 3 – Installazione di Acea Smart Comp della Caserma Salvo D'Acquisto.

In data 05/05/2021 è stato avviato l'impianto Smart Comp con il rifiuto organico differenziato nelle cucine, raccolto in buste di bioplastica compostabile da 30 L e conferito giornalmente in bidoni carrellati da 120 L. Il rifiuto umido è stato corretto con l'integrazione di materiale strutturante ligneo-cellulosico, nello specifico pellet di abete, nella misura idonea a bilanciare i nutrienti e l'umidità all'interno del macchinario.

Dopo una fase di avviamento di 30 giorni per portare progressivamente il macchinario a regime, sono continuati i regolari conferimenti fino ad ottenere il primo prodotto in uscita, campionato come compost fresco.

La composizione del compost in uscita dalla compostiera dell'Arma dei Carabinieri è stato affinato per ulteriori 32 giorni in contenitori aerati statici (Fig. 4) per ultimare il ciclo di maturazione raggiungendo degli ottimi standard qualitativi. La composizione paragonabile ad un compost 'modello' ci conferma un prodotto di qualità con buone caratteristiche agronomiche quando utilizzato come ammendante del suolo o in miscela con altri componenti (torba, inerti etc.) per la preparazione di mix di crescita (Tabella 3).

Parametri		Compost fresco 28 giugno 2021	Compost maturo 30 luglio 2021
pH in CaCl ₂		7,6	7,3
umidità	%	59,7	40,8
Salinità	dS/m	2,1	3,07
Ceneri	% ss	17,0	26,35
Carbonio organico totale	% ss	44,2	44,7
Azoto totale	% ss	1,50	2,25
Azoto inorganico	% ss	0,26	0,39

Segue

Parametri		Compost fresco 28 giugno 2021	Compost maturo 30 luglio 2021
Rapporto C/N	-	29,54	19,85
Carbonio umico e fulvico	% ss	8,2	9,9
Grado di umificazione	DH %	70,0	79,1
Potassio totale	% ss	0,74	2,01
Fosforo totale	% ss	0,3	0,8
Cadmio	mg/kg ss	0,7	0,7
Rame	mg/kg ss	51,0	56,4
Nichel	mg/kg ss	23,3	16,9
Piombo	mg/kg ss	12,8	11,0
Zinco	mg/kg ss	245,0	203,0
Cromo VI	mg/kg ss	<0,10	<0,10
Cromo	mg/kg ss	45,9	25,4
Inerti litoidi	% ss	<0,1	<0,1
Materiali plastici vetro e metalli >= 2 mm	% ss	<0,1	<0,1
Materiali plastici vetro e metalli >= 5 mm	% ss	<0,1	<0,1

Tab. 3 – Caratteristiche agronomiche di base del compost della Caserma Salvo D'Acquisto



Fig. 4 – Compost in maturazione presso la Caserma Salvo D'Acquisto.

I risultati ottenuti all'Arma dei Carabinieri giustificano le buone performance di crescita ottenute con l'utilizzo del compost prodotto dalla Smart Comp installata nella Sede Centrale Acea.

Lo studio effettuato dal dipartimento DIBAF dell'Università della Tuscia ha analizzato la crescita delle piante di crescione (*Lepidium sativum*) su compost Acea, in confronto con un mix commerciale (Brill3®) composto da torba bionda e nera e concimazione NPK. I risultati hanno evidenziato come mix di torba/compost Acea al 25/75 e 50/50 garantiscono uno sviluppo in peso fresco e secco delle piante paragonabile se non superiore a quello del mix commerciale e in assenza di concimazione NPK (Figura 5).

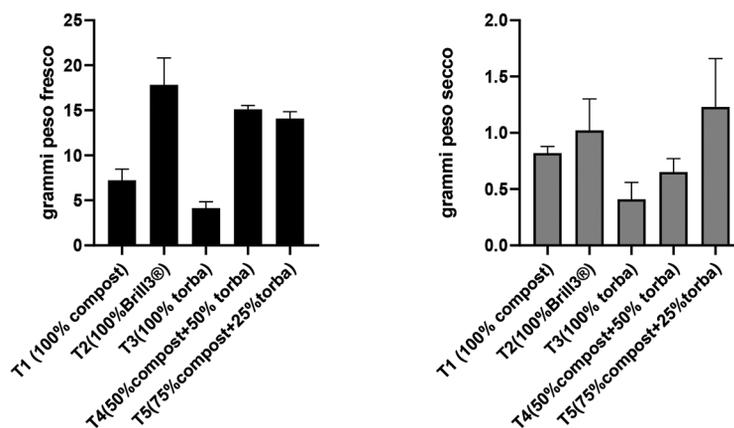


Fig. 5 – Crescita espressa in peso fresco e secco del crescione (*Lepidium sativum*) su terriccio commerciale (Brill3®) e diverse composizioni torba/compost Acea.

3. Conclusioni

La soluzione proposta da Acea è un servizio, scalabile in molte realtà italiane ed europee, che unisce l'esperienza consolidata degli impianti di compostaggio, con i risultati più promettenti della Ricerca scientifica in ambito di sensoristica, con gli sviluppi tecnologici dell'industria 4.0 e dell'IoT. Questo mix innovativo è stato stimolato in Azienda dalla linea tracciata dalla Commissione Europea in tema di raccolta differenziata e recupero di materia nel processo di chiusura del ciclo dei rifiuti (“closing the loop”) e da tutti gli obiettivi sfidanti che i vari Stati membri dovranno recepire nei prossimi anni.

Il progetto, realizzato in collaborazione con ENEA e con Università della Tuscia, garantisce una minore produzione di rifiuti e un consistente risparmio sui costi di gestione per tutto il sistema di waste management nazionale e per la filiera di recupero della singola utenza.

Il piano industriale di Acea prevede di installare 150 SmartComp entro il 2024 al fine di implementare un modello delocalizzato e condiviso di gestione dei rifiuti pari a quella di un impianto tradizionale necessario per una città di 150mila abitanti, la cosiddetta waste transition.

Si ringraziano di seguito l'Arma dei Carabinieri, ENEA e l'Università della Tuscia per il prezioso contributo documentale, tecnico e scientifico apportato per la redazione del presente articolo e per lo sviluppo del progetto Acea Smart Comp nel suo insieme.

Bibliografia

[1] ISPRA, “Rapporto Rifiuti Urbani – Edizione 2019”

[2] ANPA, “Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità” manuali e linee guida 7/2002

[3] Roblek et al., “A Complex View of Industry 4.0”, SAGE Open, 2016.

[4] Misra et al, Security Challenges and Approaches in Internet of Things, Springer International Publishing, 2017.

Studio sulla stabilità dei digestati da impianti di trattamento della FORSU

*Erika Sinisgalli, e.sinisgalli@crpa.it, Mariangela Soldano, Mirco Garuti, Sergio Piccinini
Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA Lab, Sezione Ambiente ed Energia - Reggio Emilia*

Riassunto

Il presente lavoro si focalizza sull'analisi dei parametri di stabilità di digestati provenienti da impianti di trattamento della frazione organica di rifiuti solidi urbani (FORSU). Lo studio è stato commissionato dal Consorzio Italiano Compostatori (CIC) il quale ha anche fornito i digestati in triplicato per ciascuno degli impianti di trattamento oggetto di esame. Gli impianti presentano sia il comparto di digestione anaerobica sia il comparto di compostaggio aerobico. Le analisi dei principali parametri chimico-fisici sono state svolte per valutare e caratterizzare questa tipologia di matrice da un punto di vista agronomico; per i criteri di stabilità sono stati messi a confronto i risultati ottenuti dalle due metodologie indicate nel Reg. UE 2019/1009, ovvero la misura del potenziale residuo di biogas (test RBP - Residual Biogas Potential) e la misura del tasso di assorbimento di ossigeno (test OUR - Oxygen Uptake Rate).

Summary

The present work is focused on the analysis of the stability criteria of digestates deriving from the treatment of the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). The study has been commissioned by the Italian Composting Consortium (CIC), which also provided the seven digestates samples in triplicate from the corresponding biogas plants. Every biogas plant presents both the anaerobic digestion section and the aerobic composting section. The main physico-chemical analysis have been done to characterize the matrices from an agronomical point of view; for the stability criteria, results from the two methods indicated in the Reg. CE 2019/1009, i.e. Residual Biogas Potential- RBP test and Oxygen Uptake Rate – OUR test, have been compared.

1. Introduzione

Il Regolamento (UE) 2019/1009 [1] entrerà in vigore a partire dal 16 luglio 2022 e aprirà il mercato unico per i prodotti fertilizzanti che attualmente non sono disciplinati da norme di armonizzazione, ad esempio i fertilizzanti organici e organo-minerali, gli ammendanti, gli inibitori, i biostimolanti delle piante, i substrati di coltivazione e le miscele. Un prodotto fertilizzante dell'Unione Europea deve essere composto esclusivamente da materiali che rispettino le prescrizioni di una o più delle Categorie di materiali costituenti (CMC), le quali tendono a valutare la conformità del prodotto e del processo produttivo. Il digestato ottenuto attraverso digestione anaerobica derivante dalla raccolta differenziata di rifiuti organici (FORSU) appartiene alla categoria “CMC 5: digestato diverso da quello di colture fresche” e, secondo il Regolamento, esso deve soddisfare almeno uno dei criteri di stabilità di seguito indicati:

- il tasso di assorbimento dell'ossigeno (*Oxygen Uptake Rate*, OUR); indicatore del grado di decomposizione della materia organica biodegradabile durante un periodo di tempo determinato; *criterio*: un massimo di **25 mmol O₂/kg di sostanza organica/h**;
- il potenziale di produzione di biogas residuo (*Residual Biogas Potential*, RBP); indicatore

del gas rilasciato da un digestato in un periodo di 28 giorni e misurato in base ai solidi volatili contenuti nel campione; *criterio*: un massimo di **0,25 l di biogas/g di solidi volatili**.

Nel presente studio, commissionato dal Consorzio Italiano Compostatori (CIC) sono stati analizzati e messi a confronto i risultati delle analisi di entrambi i criteri di stabilità effettuate su campioni di digestato provenienti da impianti di trattamento della frazione organica di rifiuti urbani (FORSU), valutandone il rispetto dei limiti precisati nel Regolamento (UE) 2019/1009. I campioni sono stati forniti da impianti integrati di digestione anaerobica e compostaggio aerobico consorziati CIC. A completamento del quadro, è stata condotta una caratterizzazione dei parametri chimici e dei macroelementi principali, quali solidi totali, solidi volatili, azoto, fosforo e potassio, al fine di inquadrare questa tipologia di matrice da un punto di vista agronomico; infine, sono state fatte delle correlazioni considerando alcuni dei parametri di processo degli impianti presso i quali sono stati prelevati i digestati oggetto dell'indagine.

2. Relazione

2.1 Materiali e metodi

Il CIC ha fornito sette campioni di digestato, ciascuno dei quali derivante da un impianto di trattamento della FORSU; i campioni sono stati conferiti in triplicato ai fini di una corretta validazione statistica. Sono state fornite altresì delle indicazioni in merito ai parametri di processo degli impianti, tra cui la sostanza secca al carico in alimentazione, la temperatura di processo, il tempo di ritenzione idraulica, la ricetta di alimentazione del digestore anaerobico e la preparazione per la fase di compostaggio aerobico.

L'analisi del **tasso di assorbimento di ossigeno (OUR – Oxygen Uptake Rate)** è stata effettuata secondo la metodica standard UNI EN 16087-1:2020 [2] che descrive la determinazione dell'attività biologica aerobica dei substrati di coltivazione e ammendanti o dei loro costituenti. La procedura prevede la misura della velocità di consumo di ossigeno da parte del materiale in esame sospeso in acqua e posto in un contenitore a chiusura ermetica. Il tasso di consumo di ossigeno viene determinato tramite la misurazione della variazione di pressione nello spazio di testa del contenitore. La prova viene eseguita ad una temperatura di 30 °C e il dato analitico esprime il quantitativo di ossigeno assorbito per chilo di sostanza organica nell'unità di tempo ($\text{mmolO}_2/\text{kgSV}/\text{h}$). Il test OUR costituisce un'indicazione del grado di decomposizione della sostanza organica biodegradabile in un determinato periodo di tempo. In linea generale, a maggiori livelli di stabilità del materiale corrispondono minori livelli di degradazione aerobica e quindi valori di OUR più bassi.

La misura del **potenziale metanigeno residuo (RBP - Residual Biogas Potential)** è stata effettuata con il sistema sviluppato da CRPA Lab adattando il metodo del potenziale biochimico di metanazione per le biomasse (BMP – Biochemical Methane Potential) UNI EN ISO 11734:2004 [3]. Il test RBP è condotto in mesofilia alla temperatura di 38°C e viene avviato utilizzando un inoculo batterico pre-incubato alle stesse condizioni del test e contenente una microflora batterica diversificata; al fine di garantire il giusto apporto di nutrienti viene aggiunta una soluzione di micro e macroelementi. Il test ha una durata pari a 28 giorni ed il risultato finale è espresso come produzione specifica di biogas ($\text{Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{tSV}$) o di metano ($\text{Nm}^3\text{CH}_4/\text{tSV}$) se analizzata anche la qualità del gas prodotto durante il test in termini di percentuale di CH_4 e CO_2 .

2.2 Risultati e discussione

Di seguito riportati in Tabella 1 i valori medi e le deviazioni standard relativi alla caratterizzazione chimica ed agronomica dei digestati. I parametri analizzati sono: solidi totali (ST),

solidi volatili (SV), azoto totale Kjeldahl (NTK), azoto ammoniacale (N-NH₄⁺), potassio (K) e fosforo (P) totali.

I digestati analizzati presentano dei valori di OUR compresi tra 18,2 e 55,4 mmolO₂ / kgSV h ed un valore di RBP compreso tra 75,4 e 195,6 Nm³_{biogas} / tSV (corrispondenti a 49,6 e 120,7 Nm³CH₄ / tSV) come mostrato in Tabella 2. Il 100% dei digestati analizzati rientra nei limiti di stabilità previsti dal Regolamento (UE) 2019/1009 per il potenziale di produzione residuo, mentre il 57% dei campioni rientra nei limiti previsti per il test di assorbimento di ossigeno.

Campione		ST	SV	NTK	N-NH ₄ ⁺	K	P
		%	%ST	%ST	%NTK	%ST	%ST
DIG 01	Media	23,12	65,43	-	-	-	-
	Dev Std	0,94	1,16	-	-	-	-
DIG 02	Media	38,25	65,02	2,51	26,19	0,93	0,78
	Dev Std	0,66	0,70	0,13	3,20	0,10	0,06
DIG 03	Media	22,98	60,79	3,81	40,15	2,31	0,59
	Dev Std	0,83	4,42	0,23	2,72	0,05	0,04
DIG 04	Media	17,40	48,17	3,96	42,14	4,11	0,71
	Dev Std	0,51	1,13	0,27	5,34	0,18	0,02
DIG 05	Media	23,80	60,99	3,53	38,08	2,00	0,94
	Dev Std	0,52	3,81	0,40	1,35	0,23	0,05
DIG 06	Media	25,50	56,81	2,73	50,55	4,28	0,77
	Dev Std	0,26	1,15	0,16	5,66	0,21	0,10
DIG 07	Media	28,44	61,23	4,05	27,65	1,50	0,73
	Dev Std	0,67	0,38	0,20	1,11	0,05	0,04
MIN		17,4	48,2	2,5	26,2	0,9	0,6
MAX		38,3	65,4	4,0	51,6	4,3	0,9

Tab. 1 – Tabella riassuntiva dei parametri chimici ed agronomici dei campioni di digestato da FORSU: valori medi e deviazioni standard

Campione		ST	SV	OUR	RBP	
		%	%ST	mmolO ₂ /kg SV h	Nm ³ CH ₄ /tSV	Nm ³ _{biogas} /tSV
DIG 01	Media	23,12	65,43	53,9	120,7	195,6
	Dev Std	0,94	1,16	2,9	7,9	13,4
DIG 02	Media	38,25	65,02	22,0	91,2	138,9
	Dev Std	0,66	0,70	1,7	4,3	6,0
DIG 03	Media	22,98	60,79	18,2	49,6	75,4
	Dev Std	0,83	4,42	2,5	3,3	7,1
DIG 04	Media	17,40	48,17	22,0	119,3	182,6
	Dev Std	0,51	1,13	1,0	3,2	8,2
DIG 05	Media	23,80	60,99	55,4	89,9	123,1
	Dev Std	0,52	3,81	2,8	6,1	8,7

Segue

Campione		ST	SV	OUR	RBP	
		%	%ST	$mmolO_2/kg SV h$	Nm^3CH_4/tSV	Nm^3_{biogas}/tSV
DIG 06	Media	25,50	56,81	30,3	69,5	109,3
	Dev Std	0,26	1,15	1,2	5,3	5,8
DIG 07	Media	28,44	61,23	25,1	78,7	126,5
	Dev Std	0,67	0,38	3,1	10,6	16,8
MIN		17,4	48,2	18,2	49,6	75,4
MAX		38,3	65,4	55,4	120,7	195,6

Tab. 2 – Tabella riassuntiva dei parametri di stabilità OUR ed RBP dei campioni di digestato da FORSU: valori medi e deviazioni standard.

Ammendanti e substrati di coltivazione che hanno raggiunto un corretto stadio di maturazione, hanno subito delle trasformazioni nelle caratteristiche fisico-chimiche e biologiche, con perdita di putrescibilità accompagnata da parziale mineralizzazione e umificazione ^[4]; un materiale stabile e maturo deve avere, di conseguenza, dei valori di OUR bassi in quanto il consumo di ossigeno da parte della microflora aerobia è lento e limitato dalla complessità della materia organica residua. Per cui, da un buon materiale fertilizzante, che presenta una bassa o nulla quantità di materiale fermentescibile, ci si aspetta altresì poca materia organica trasformabile in biogas e quindi una certa relazione tra i valori di OUR e RBP. Dai risultati ottenuti dai campioni di digestato analizzati non si evidenziano correlazioni significative tra OUR e RBP; la FORSU è una matrice eterogenea per definizione, dalle caratteristiche chimico-fisiche di difficile prevedibilità e la cui composizione varia a seconda del luogo di produzione e della stagionalità ^[5]. In alcuni campioni è stata evidenziata una rilevante presenza di materiale inerte (plastiche, sassi, vetri ed impurità in generale) nonché quantità di strutturante legnoso in rapporti variegati; la presenza più o meno preponderante di strutturante contribuisce all'aumento della percentuale di solidi volatili sui solidi totali (espressa dal rapporto SV/ST), ma non contribuisce al tasso di consumo dell'ossigeno né al potenziale residuo di biogas.

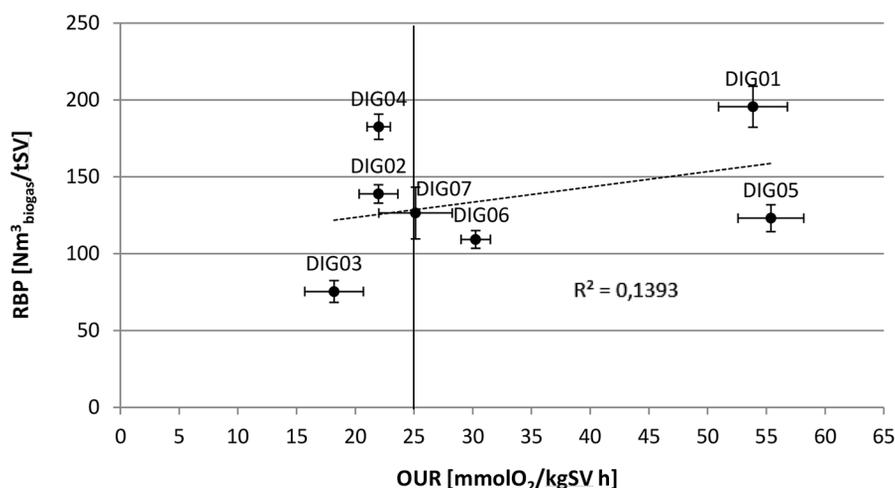


Fig. 1 – Il grafico mette in luce la correlazione tra RBP- ed OUR. La barra evidenziata nel grafico delimita il limite di stabilità previsto per l'OUR di $25 mmolO_2 / kgSV / h$. Il limite di stabilità per l'RBP è invece di $0,25 l_{biogas} / gSV$, definito dal grafico stesso.

Nel grafico in Figura 1, nella parte sinistra rispetto alla barra si trovano i digestati che rientrano nel criterio di stabilità previsto dal Regolamento per l'analisi OUR; nella parte destra si trovano invece i digestati al di fuori di questo. Solo uno dei campioni analizzati (DIG07) si trova al limite di stabilità per il tasso di assorbimento di ossigeno. Tutti i digestati analizzati invece rientrano nei limiti previsti per l'analisi RBP.

Tra tutte le informazioni aggiuntive relative agli impianti da cui derivano i digestati oggetto del presente studio, è stato evidenziato un nesso tra i tempi di ritenzione all'interno del fermentatore ed il valore di OUR (Figura 2). A maggiori tempi di ritenzione idraulica corrispondono infatti valori di OUR più bassi, secondo un andamento esponenziale decrescente; quando si superano i 20 giorni di ritenzione nel fermentatore, il materiale uscente risulta essere più stabilizzato. In Figura 2 viene mostrata la correlazione individuata escludendo un possibile outlier (in grigio, DIG05: questo campione non si mostra idoneo all'applicabilità del test OUR in quanto contiene più del 20% di materiale con diametro maggiore di 10 mm). Escludendo il campione outlier, il valore di R^2 della curva è pari a 0,837; includendolo, l' R^2 si abbassa a 0,7208 (come riportato in Figura 2) il quale risulta comunque un buon valore.

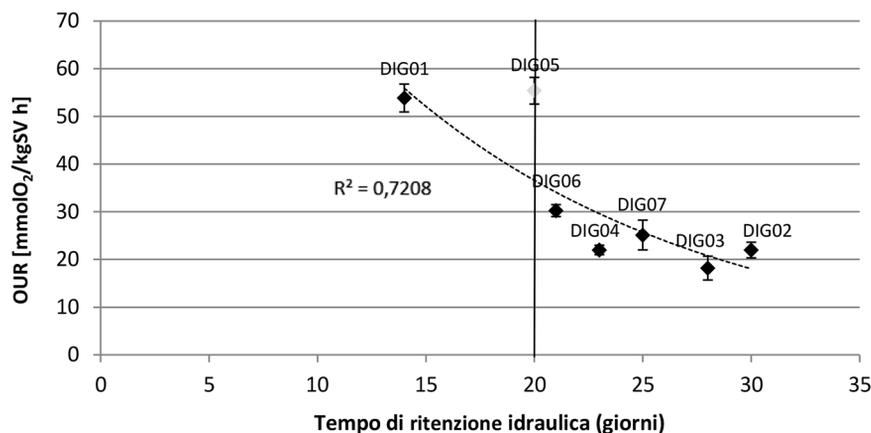


Fig. 2 – Correlazione tra tempo di ritenzione idraulica e tasso di assorbimento di ossigeno. Per l'OUR sono stati considerati i valori medi dei triplicati. Sono altresì mostrate le barre di errore con la deviazione standard. Il campione DIG05 è mostrato in grigio in quanto più del 20% del materiale di tale campione contiene particelle con diametro > 10 mm ed è quindi considerato non adatto all'applicabilità del test OUR secondo la norma UNI EN 16087:1-2020.

Durante il processo di digestione anaerobica un incremento di acidità organica e uno sbilanciamento dell'equilibrio microbiologico può essere evidenziato rapidamente mediante analisi chimiche rapide come la determinazione del rapporto tra acidità totale ed alcalinità totale (analisi FOS/TAC). Per il controllo degli impianti si è soliti seguire un trend di questi valori al fine di garantire una certa continuità di produzione e stabilità di processo e per prevenire interruzioni nella produzione di biogas. In generale il fatto che un FOS/TAC mostri valori superiori a 0,4-0,5 indica che il materiale mandato in alimentazione ha subito una prima idrolisi, ma la sostanza organica non è stata convertita efficientemente in biogas/biometano, ed è quindi plausibile attendersi un digestato poco «stabilizzato». Per quantificare questa situazione di inefficienza di conversione in metano del sistema biologico, si esegue il test RBP della durata di 28 giorni. La correlazione tra il parametro chimico FOS/TAC (veloce e rapido nella

determinazione) e il potenziale di biogas residuo RBP (parametro biochimico) è mostrata nel grafico in Figura 3. Valori di FOS/TAC <1 fanno ipotizzare che il digestato possa rientrare nei limiti di stabilità del Reg. (UE) 1009/2019, seppur questo non assicuri un buon equilibrio biologico sul lato digestione anaerobica.

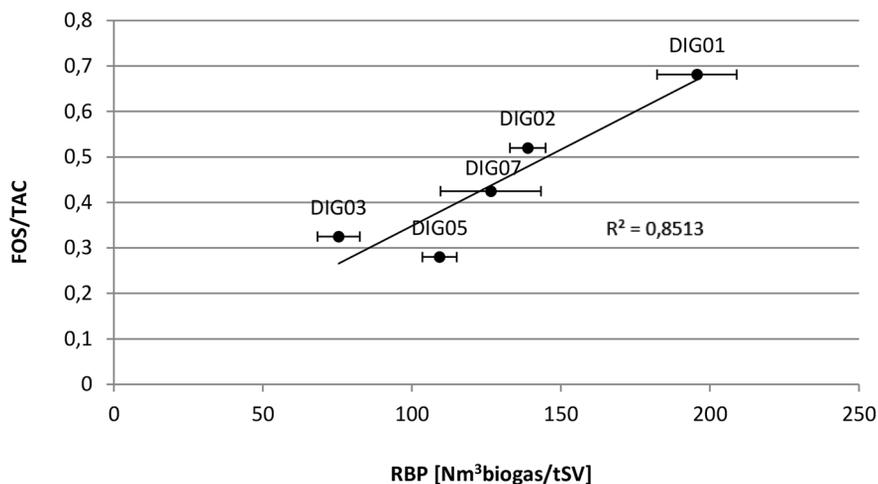


Fig. 3 – Il grafico mette in luce la correlazione di tipo lineare tra i valori medi di RBP e FOS/TAC per 5 dei 7 digestati analizzati nel presente studio. È riportato in figura anche il valore di R^2 .

La correlazione mostrata in Figura 3 è di tipo lineare e presenta un buon valore di R^2 (0,8513); sono stati esclusi 2 dei 7 digestati analizzati nel presente studio poiché leggermente fuori dal trend.

Alla luce di questa correlazione, è possibile pensare al FOS/TAC come metodica analitica rapida per delle indagini campionarie.

3. Conclusioni

L'indagine commissionata dal Consorzio Italiano Compostatori (CIC) prevede lo studio dei criteri di stabilità previsti dal nuovo Reg. (UE) 2019/1009 per digestati di categoria CMC5 provenienti da impianti di trattamento della FORSU. I criteri analizzati sono **OUR** – *Oxygen Uptake Rate* e **RBP** – *Residual Biogas Potential*. È stata inoltre effettuata una caratterizzazione agronomica dei digestati valutando i principali parametri chimici (solidi totali, solidi volatili, azoto totale Kjeldahl, azoto ammoniacale, fosforo e potassio). I risultati ottenuti nelle prove precedentemente descritte portano alle seguenti conclusioni:

- i digestati analizzati provengono da impianti integrati anaerobici ed aerobici alimentati a FORSU; presentano un tenore di solidi totali tra 17-38 % ed un contenuto di solidi volatili tra 48-65 %ST;
- i valori di azoto totale si attestano tra i 2,5 - 4,0 %ST con azoto ammoniacale compreso tra 26,2 - 50,6 %NTK; il valore di potassio è compreso in un intervallo di 0,9-4,3 %ST ed il fosforo tra 0,6 - 0,9 %ST;
- **il 100 % dei digestati analizzati rientra nei limiti di stabilità previsti dal Reg. 2019/1009 per il parametro RBP ($< 0,25 l_{biogas} / gSV$) mentre solo il 57 % dei campioni di digestato da FORSU rientra nei limiti per il test OUR ($< 25 mmolO_2 / kgSV / h$);**
- è stata trovata una correlazione tra il tempo di ritenzione idraulica (HRT) e il tasso di assor-

bimento di ossigeno (OUR): maggiori sono i tempi di ritenzione per la digestione anaerobica e maggiormente il digestato in uscita risulta stabilizzato, il che si traduce in una più bassa attività di respirazione della microflora aerobia.

Come prospettive future, poiché è stata trovata una buona correlazione tra RBP e FOS/TAC, si può ipotizzare l'uso di quest'ultima metodica analitica rapida ed economica come pre-test per indagini campionarie. Ulteriori correlazioni tra parametri di processo, tipologia di matrici utilizzate, sostanza secca in ingresso, rapporto SV/ST e layout impiantistico dovranno essere riviste ed approfondite alla luce di un maggiore e più significativo numero di campioni analizzati.

Bibliografia

- [1] Regolamento (UE) 2019/1009 del Parlamento europeo e del Consiglio, 5 giugno 2019
- [2] UNI EN 16087-1:2020; Ammendanti e substrati di coltivazione - Determinazione dell'attività biologica aerobica - Parte 1: Tasso di assorbimento dell'ossigeno (OUR)
- [3] UNI EN ISO 11734:2004; Qualità dell'acqua - Valutazione della biodegradabilità anaerobica ultima di composti organici in fanghi digeriti - Metodo per misurazione della produzione di biogas;
- [4] V. Caimi, M. Centemero, E. Favoino, A.M. Lanz, L. Cortellini, Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità; Manuali e linee guida 7/2002, ANPA - Unità Normativa Tecnica;
- [5] L. Alibardi, R. Cossu, Composition variability of the organic fraction of municipal solid waste and effects on hydrogen and methane production potentials, Waste Management, Volume 36, 2015, Pages 147-155.

CIRCULAR ECONOMY VALUE CHAINS: REINFORCE SYSTEMS AND CLUSTERS

IL CONTRIBUTO ED IL POTENZIALE DELLA SIMBIOSI INDUSTRIALE PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

La transizione ecologica che il nostro Paese, ma non solo, ha posto al centro dell'agenda di governo, impone la riprogettazione di processi di produzione, dei sistemi di distribuzione e dei modelli di consumo. In questo contesto è fondamentale che il sistema-Paese sappia promuovere e favorire l'innovazione metodologica e tecnologica anche attraverso l'implementazione sistemica della simbiosi industriale lungo la *value chain* e tra *value chain*. La sessione presenta lo stato dell'arte e recenti sviluppi in questo campo.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, SUN (Symbiosis Users Network)**

Presidenti di sessione:

- Laura Cutaia, *ENEA – Presidente SUN*
- Andrea Vignali, *Giornalista di Presa Diretta*

Come la digitalizzazione può favorire processi collaborativi per la gestione dei rifiuti in ottica di economia circolare

Simone Grasso, simone.grasso@cyrkl.com, Cyrkl, Catania

Riassunto

La simbiosi industriale rappresenta una strategia chiave per la transizione verso l'economia circolare. Uno dei potenziali ostacoli alla creazione di forme di simbiosi industriale risulta essere la difficoltà nel trovare quelle aziende che offrano o domandino i materiali di scarto che si vuole riutilizzare, rigenerare o riciclare. Così come mostrato dai dati messi a disposizione da Cyrkl, la digitalizzazione della domanda e dell'offerta di questi materiali può facilitare l'incontro tra aziende e, conseguentemente, collaborazioni a lungo termine. All'interno della relazione vengono mostrati i dati inerenti alle registrazioni avvenute in Repubblica Ceca, nel periodo 2020-2021, sulla piattaforma Waste2Resource Marketplace e quelli inerenti ai prodotti scambiati e connessioni effettuate tra aziende. Infine, si suggerisce come rapportare lo studio al contesto nazionale italiano.

Summary

The industrial symbiosis represents a key strategy for the circular economy. The establishment of collaborations among industries for regenerating, reusing, or recycling a specific material can be hindered by the difficulty of finding companies which are offering or demanding that precise material. The analysis is conducted on the data provided by Cyrkl. It shows how the industrial symbiosis can be promoted through digital platforms for the trade of wastes, since it helps companies to find the proper partners. In this study, data about the number of registrations occurred in Czech Republic, between January 2020 and July 2021, on the digital marketplace Waste2Resources are shown, as well as data about products sold and connections among companies. Finally, suggestions to analyse the case study in comparison with the Italian context are provided.

Keywords: *digitalizzazione, simbiosi industriale, marketplace digitale, economia circolare*

1. Introduzione

Negli ultimi anni si sta registrando un aumento della produzione dei rifiuti che, così come riportato dal rapporto annuale sui rifiuti redatto dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), in Italia, tra il 2018 e il 2019 è pari al 7,3%, per un totale di circa 154 milioni di tonnellate prodotte [1]. Questo rende sempre più urgente l'introduzione e la diffusione di un sistema di gestione dei rifiuti circolare all'interno dei settori produttivi, finalizzato alla riduzione, riutilizzo e riciclo dei rifiuti e all'allungamento della vita delle risorse. Come conseguenza dell'aumento dell'indice di costo di gestione (raccolta, trattamento e smaltimento) dei rifiuti e di trattamento dei materiali, riportato dall'ISTAT per il periodo 2018-2019 [2], è comune riscontrare un aumento per le stesse voci nei bilanci aziendali. Inoltre, sebbene quasi il 70% dei rifiuti speciali venga ormai riutilizzato o riciclato, vi sono ancora notevoli percentuali di materiali che vengono smaltiti in discarica (7%) o inceneriti (1,7%)

[1]. L'economia circolare si propone come soluzione sia al problema ambientale che al problema economico connesso alla sovrapproduzione di rifiuti.

Tra le principali azioni del Piano Nazionale Transizione 4.0, promosso dal Ministero dello Sviluppo Economico, vi è la digitalizzazione delle imprese italiane. Infatti, secondo l'indice di digitalizzazione dell'economia e della società (Digital Economy and Society Index – DESI 2020), tramite il quale la Commissione Europea monitora la performance digitale dei paesi membri dell'UE, nell'anno 2019 l'Italia si è collocata al quart'ultimo posto, davanti a Romania, Grecia e Bulgaria [3]. Questo risultato mostra un'evidente necessità di investimento e sviluppo nella digitalizzazione delle aziende, che influenzi tutte le fasi del processo produttivo e di fine vita del prodotto.

La digitalizzazione e la gestione circolare dei rifiuti sono temi centrali in questo studio che ha lo scopo di analizzare come la presenza di strumenti digitali possa favorire la creazione di nuove forme di simbiosi industriale tra le aziende italiane per il riutilizzo e il riciclo dei rifiuti e dei materiali, partendo dall'analisi del caso studio di Cyrkl – piattaforma online per lo scambio di rifiuti, sviluppatasi originariamente in Repubblica Ceca – e traendo da essa delle conclusioni per la transizione ecologica italiana.

La simbiosi industriale viene definita come quel processo di scambio di risorse tra due o più industrie dissimili e rappresenta uno strumento innovativo per la chiusura dei cicli delle risorse [4]. Sottoprodotti, scarti, residui, rifiuti, ma anche conoscenze e servizi, vengono scambiati tra diverse aziende affinché si raggiungano mutui benefici economici e impatti ambientali positivi. In senso più ampio, si possono intendere forme di cooperazione interaziendale tutti gli scambi che avvengono tra aziende, anche di diverse dimensioni, in forma continuativa o sporadica, per il riutilizzo o riciclo dei materiali. Da un punto di vista economico, le aziende che destinano i propri scarti verso un'altra industria, favorendone la permanenza in circolo dei materiali, possono sperimentare risparmi nei costi di gestione dei rifiuti. Allo stesso modo le aziende che ricevono materiali residui e rifiuti, avviandoli al riciclo o riutilizzandone le componenti, possono ottenere materie prime di buona qualità a prezzi più contenuti, abbassando i propri costi di produzione. Da un punto di vista ambientale, prevenirne la creazione di rifiuti, l'incenerimento o lo smaltimento in discarica e favorire il riutilizzo e riciclo dei materiali contrasta l'attuale processo di sovrapproduzione dei rifiuti. Inoltre, il riutilizzo dei materiali contribuisce a una minore estrazione delle risorse e a minori emissioni di gas serra, pienamente in linea con i principi dell'economia circolare.

Uno dei potenziali ostacoli alla creazione di forme di simbiosi industriale risulta essere la difficoltà nel trovare quelle specifiche aziende che possano riutilizzare gli scarti prodotti all'interno dei propri cicli produttivi. D'altro canto, è difficile trovare aziende che offrano le materie prime seconde di cui si necessita. La principale ragione non risiede nella mancanza di offerta o domanda di questi materiali, ma invece nella difficoltà riscontrata nel connettersi con tali aziende, le quali non sempre operano in prossimità della propria azienda, ma in altre aree del territorio nazionale o nei paesi limitrofi, o non si conoscono. Uno dei principali risultati di alcuni strumenti digitali è proprio quello di accorciare le distanze, consentendo un incontro virtuale tra soggetti che avrebbero altrimenti avuto minori probabilità di incrociarsi. Rispondono a questa esigenza le diverse piattaforme online esistenti per lo scambio di rifiuti. Esse si propongono, infatti, di facilitare l'incontro tra domanda e offerta per scarti, sottoprodotti, sfridi di lavorazione, macchinari usati e rifiuti, fungendo da strumento utilizzabile dalle aziende per implementare nei propri processi i principi dell'economia circolare e della simbiosi industriale.

2. Relazione

2.1 Cenni metodologici

Al fine di mostrare come la presenza di strumenti digitali, quali un marketplace online per lo scambio di rifiuti, possano facilitare la simbiosi industriale e lo scambio di risorse, si è scelto di utilizzare la metodologia del caso studio. I dati raccolti da Cyrkl, relativi all'uso della piattaforma di scambio di rifiuti Waste2Resource Marketplace da parte delle aziende registratesi in tutt'Europa e, nello specifico, in Repubblica Ceca, sono descritti al fine di mettere in luce due principali fenomeni che hanno favorito lo sviluppo di questa pratica e che potrebbero verificarsi in Italia. La natura di questo studio è prettamente descrittiva, sebbene sia finalizzata a porre le basi per un'analisi più approfondita della replicabilità di tali strumenti nel contesto italiano e una futura triangolazione dei dati, finalizzata a verificare se in Italia si manifestino gli stessi risultati e a comprendere le eventuali ragioni delle differenze. Un confronto tra diverse piattaforme di scambio può essere anche perseguito al fine di comprendere se le ragioni dello sviluppo di forme di simbiosi industriale tra le aziende riguardino il contesto esterno o interno all'azienda che la gestisce. Il disegno di ricerca di questo studio è specifico per ciascuno dei due fenomeni analizzati.

Nel paragrafo 2.2, in merito alla predisposizione delle aziende all'uso delle piattaforme digitali, si considerano i dati relativi al numero di registrazioni avvenute sulla piattaforma, in Repubblica Ceca, tra gennaio 2020 e luglio 2021. Nonostante l'azienda operi attivamente in diversi paesi europei, si è scelto di limitare lo studio ad un unico paese per comprendere al meglio i possibili fattori che hanno favorito questo sviluppo e al fine di valutare la replicabilità di tale strumento digitale anche in altri paesi, come l'Italia. Nel paragrafo 2.3, invece, si considerano i dati relativi al numero di prodotti offerti, in tutti i paesi europei in cui la piattaforma è attiva, nel periodo tra febbraio 2019 e luglio 2021. Tale scelta deriva dal fatto che gli scambi di materiali si sono registrati sia all'interno degli stessi territori nazionali che tra paesi limitrofi. Infatti, limitando l'analisi degli scambi a un unico territorio nazionale si darebbe una visione parziale delle connessioni che strumenti digitali di questo tipo consentono di raggiungere. Poiché la piattaforma offre ai propri utenti la possibilità di inserire offerte di diverse categorie di prodotto, diversi materiali e, soprattutto, di diverse quantità, i dati raccolti sono stati previamente analizzati e riorganizzati, al fine di assicurare che i risultati siano attendibili, tramite l'esclusione di outliers e offerte con quantità offerte veramente ridotte. Quattro fasce di prodotti sono state distinte e la fascia con valori bassi, calcolata conferendo un valore a ciascuna categoria di prodotti e rapportandolo con la quantità offerta di tale prodotto, è stata esclusa per assicurare una maggiore affidabilità dei valori mostrati. I risultati in merito ai materiali maggiormente scambiati sono, infine, discussi in relazione al contesto italiano.

2.2 Predisposizione delle aziende all'uso di piattaforme digitali online per lo scambio di rifiuti

Secondo l'indice DESI, la Repubblica Ceca, nel 2019, si è collocata al diciottesimo posto per performance digitale dell'economia e società, mostrando valori più elevati dell'Italia in aspetti quali a) l'uso dei servizi internet e b) integrazione delle tecnologie digitali [3], rendendolo di fatto un terreno leggermente più fertile allo sviluppo di soluzioni tecnologiche digitali. La convenienza economica per le aziende che decidono di attuare pratiche di economia circolare deriva dal fatto che i rifiuti vengono valorizzati e i circuiti chiusi consentono una maggiore redditività delle materie prime e protezione rispetto alla fluttuazione del prezzo delle risorse per le imprese manifatturiere [5]. Nel caso italiano, tra i vari fattori, l'aumento della quantità di rifiuti speciali prodotti, le carenze impiantistiche in alcune regioni e la chiusura all'export verso paesi emergenti hanno, infatti, contribuito all'aumento dei costi delle imprese per la gestione dei rifiuti [6]. Seppur vero che alcune aziende siano mosse dall'interesse di trovare

soluzioni minormente impattanti sull'ambiente, il possibile beneficio ambientale non risulta essere un fattore di per sé incentivante all'uso di piattaforme digitali per lo scambio di rifiuti, il quale viene invece inteso come un apprezzabile conseguenza di un processo economicamente conveniente. Rendere profittevole la scelta a minor impatto ambientale è, di fatto, un fattore trainante dell'economia circolare. La possibilità di promuovere la gestione dei rifiuti tramite un sistema di scambio in Repubblica Ceca è stata inserita anche nel documento redatto dall'OCSE nel 2018, in merito alla performance ambientale del paese [7].

In questo contesto, si è verificato un crescente interesse delle imprese ceche verso quest'opportunità. Si riporta che 2479 aziende, registrandosi sulla piattaforma di Cyrkl in Repubblica Ceca, così come visibile nella Fig.1, hanno manifestato un'attitudine positiva verso la ricerca di soluzioni digitali che consentissero un risparmio nella gestione dei rifiuti e nell'acquisto di materie prime e, conseguentemente, verso una gestione circolare dei rifiuti effettuata in collaborazione con partner commerciali nazionali ed esteri. Infatti, l'aumento dei costi di gestione dei rifiuti e del costo delle materie prime stimola la ricerca di soluzioni alternative, aumentando la domanda per materie prime seconde e, conseguentemente, l'offerta di residui e rifiuti. Una maggiore digitalizzazione facilita la ricerca delle materie prime seconde adatte al proprio processo produttivo o di una collocazione ottimale per i propri scarti. Le piattaforme di scambio in paesi simili all'Italia riscontrano un interesse crescente delle aziende e si propongono come facilitatori del processo di creazione di forme di simbiosi industriale. Poiché l'Italia vive una fase di transizione industriale che promuove lo sviluppo di pratiche che assicurino maggiori livelli di digitalizzazione e circolarità delle risorse, si può assumere che vi possa essere un aumento di interesse verso questo genere di strumenti anche tra le aziende italiane. Per avere una visione completa di questo fenomeno, tuttavia, sarebbe necessario condurre uno studio sulle aziende italiane, alle quali chiedere la propria predisposizione verso l'uso di marketplace per lo scambio di materiali e dalle quali cogliere i possibili fattori stimolanti o le possibili barriere allo sviluppo. Inoltre, un'analisi più approfondita del contesto socioeconomico, normativo e geografico italiano risulta necessaria per completare un'analisi di replicabilità in Italia.

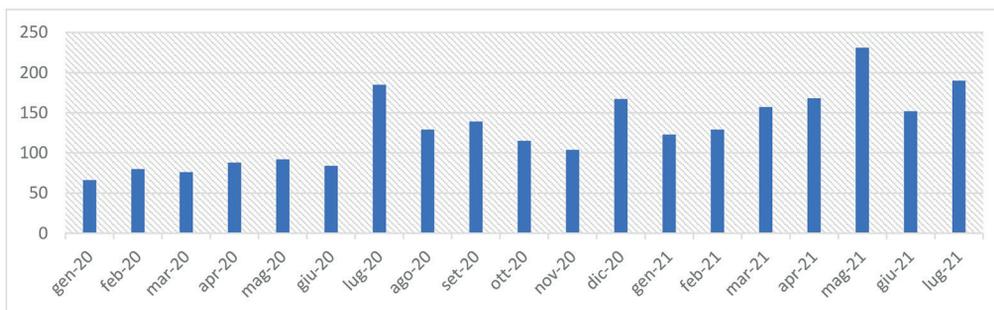


Fig. 1 – Registrazioni mensili su Cyrkl – Elaborazione personale su dati messi a disposizione da Cyrkl

2.3 Analisi dei materiali scambiati

Come anticipato nel paragrafo 2.1, i seguenti dati si riferiscono a un periodo più ampio e non sono limitati ai confini nazionali di un unico paese. Tipologia e volumi di rifiuti prodotti, infatti, differiscono in ciascun paese in base a diversi fattori quali, ad esempio, il diverso tessuto industriale o la presenza di adeguati impianti e tecnologie per lo smaltimento. Questo implica che esiste la possibilità che la domanda per i propri materiali di scarto non provenga esclusivamente dal proprio paese, ma che vi siano invece aziende estere interessate al ritiro e riuso di quei materiali. La convenienza economica va valutata caso per caso in base al valore

unitario del materiale, le quantità scambiate e i costi di trasporto. Futuri studi possono analizzare quest'aspetto per comprendere entro quale raggio di distanza l'acquisto di determinate categorie di materiali secondari risultino ancora convenienti. Da un punto di vista normativo, a livello europeo, il regolamento (CE) n.1013/2006 del parlamento europeo e del consiglio regolamenta il trasporto transfrontaliero di rifiuti [8]. Uno dei punti chiave di questo regolamento è quello di assicurare simili livelli di rigorosità delle norme ambientali in materie di recupero dei rifiuti tra i diversi paesi europei. I prodotti considerati in quest'analisi, tuttavia, non rientrano esclusivamente nella categoria di rifiuti, ma sono in parte anche sottoprodotti, materiali riciclati e macchinari.

Il seguente paragrafo intende fornire informazioni in merito ai tipi di materiali maggiormente scambiati e comprendere i fattori per cui certe categorie di prodotti presentano percentuali di scambio maggiori di altre. I prodotti offerti in questo periodo di tempo, dopo essere stati elaborati come spiegato nel paragrafo 2.1, sono stati rappresentati all'interno della Fig. 2. Ogni colonna del grafico mostra la percentuale di connessione di ciascun materiale. Ogni categoria di materiale mostra tre differenti livelli qualitativi delle offerte: medio, alto, molto alto. Per connessione s'intende il fatto che qualche altra azienda ha mostrato interesse verso il prodotto offerto sulla piattaforma e ha cominciato un dialogo con l'azienda offerente per tale prodotto. Quando le due aziende sono riuscite a raggiungere un accordo relativo al trasporto, prezzo, condizioni e autorizzazioni, esse conducono lo scambio, il quale può essere *una-tantum* oppure può essere di tipo continuativo. Generalmente, le aziende, infatti, pubblicano un'unica offerta per il quale richiedono un accordo che preveda il ritiro con una certa periodicità. I rapporti continuativi che si creano in seguito all'incontro virtuale di queste aziende rappresentano le forme di cooperazione digitale per l'economia circolare più virtuose.

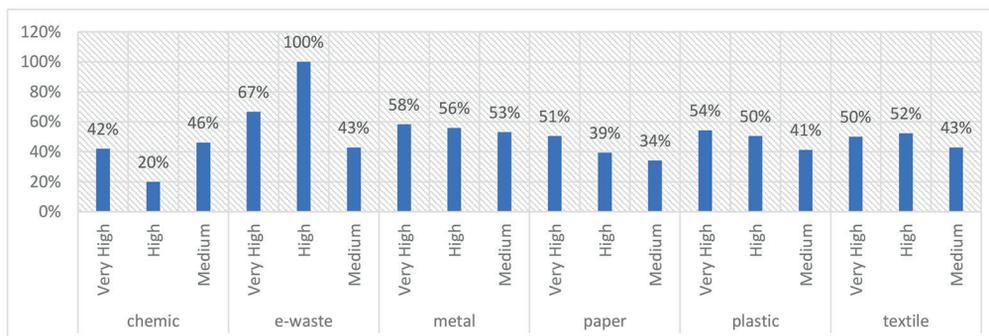


Fig. 2 – Percentuali di prodotti connessi per categoria e valore dell'offerta - Elaborazione personale su dati messi a disposizione da Cyrkl

All'interno della Fig. 2 è possibile notare come le categorie di prodotti per cui sono state registrate più connessioni sono quelle inerenti: a) alle sostanze chimiche; b) ai rifiuti elettrici ed elettronici; c) ai metalli; d) alla carta; e) alla plastica; e f) al tessile. Ciascuna di queste categorie presenta valide opportunità di riuso e riciclo, come evidenziato dai dati. Tra le sei categorie, metalli e rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) presentano le percentuali di connessione migliori. Nel primo caso, le motivazioni si possono riscontrare nel valore dei metalli secondari nel mercato del riuso e del riciclo, nelle proprietà di questi materiali che consentono di essere largamente recuperati e nella presenza di aziende e impianti preparati a tali processi. Nel secondo caso, invece, i RAEE sono rifiuti ricchi di materie prime seconde che possono essere riutilizzate, il che di per sé spiega l'interesse delle aziende verso questi materiali. Complessivamente, si può affermare che questi materiali abbiamo maggiori

possibilità di essere scambiati tramite piattaforme digitali, proprio perché presentano un valore intrinseco che li rende maggiormente adatti al riuso e riciclo. Diversi processi, strumenti e pratiche stanno recentemente stimolando la crescita della percentuale di riuso e riciclo di queste categorie di materiali, rispetto alla totalità prodotta. La possibilità di trovare nuovi fornitori e acquirenti in via digitale è una di queste.

Tra le categorie di prodotti complessivamente meno connesse su Cyrkl Waste2Resource Marketplace, figurano quelle a) dei rifiuti organici, con una percentuale del 17%; b) del settore edilizio (16%); c) dei macchinari (11%); d) del legno (34%) ed e) del vetro (30%). In quest'ultimo caso, è peculiare notare che le offerte di valore molto alto sono state connesse nel 57% dei casi, mostrando che l'interesse delle aziende acquirenti cresce proporzionalmente al crescere della quantità dell'offerta stessa. Le ragioni specifiche per cui questi prodotti hanno riscontrato meno interesse da parte delle aziende acquirenti vanno ricercate in diversi aspetti. Anzitutto, sicché le aziende appartenenti a diversi settori hanno diverse predisposizioni a cercare clienti e fornitori per gli scarti online, oltre che una diversa conoscenza dei benefici economici e ambientali di tale scelta, va considerato che l'insieme di aziende registrate a questo genere di piattaforme non rappresenta in maniera precisa il tessuto industriale del paese di riferimento. Altre discriminanti sono nuovamente a) il valore del materiale sul mercato e b) le possibilità di recupero di tale categoria di materiali. In alcuni casi, dato il valore unitario particolarmente ridotto dei materiali, la possibilità discriminante è invece la quantità totale offerta. I fattori che incidono su una maggiore o una minore propensione all'incontro digitale per il commercio di alcune specifiche categorie di materiali sono stati evidenziati in questo paragrafo. Alcuni di essi prescindono dal contesto nazionale e riguardano maggiormente l'aspetto dello scambio online. Questi risultati, spesso inerenti al valore dei materiali e alle possibilità di recupero, riciclo e riuso, è plausibile che presentino le stesse percentuali nel contesto nazionale italiano. Ad esempio, data la difficoltà nel separare i diversi materiali derivanti da processi di costruzione e demolizione, ci si aspetta simili percentuali incontro tra aziende nei diversi contesti nazionali. Così come ci si aspetta che le categorie mostrate all'interno della Figura 2 possano presentare livelli di connessione altrettanto elevati anche in Italia. Pertanto, qualora si vogliano valutare le potenzialità di sviluppo di tali strumenti digitali per la simbiosi industriali in Italia, tali considerazioni possono essere utili per stimare quali percentuali di materiali potrebbero di fatto venire scambiati in ciascuna categoria. Alcune categorie di prodotti, tuttavia, sono influenzate da fattori che variano in base alle regolamentazioni esistenti, ai fattori culturali e socioeconomici, al tessuto industriale e alla presenza di aziende in grado di riutilizzarli o riciclarli. Pertanto, in questi casi, è necessario condurre un'analisi più approfondita del contesto nazionale. In un futuro studio, tale analisi, infine, può essere comparata ai risultati raccolti da Cyrkl, al fine di avere una comprensione più completa delle possibilità circolari per ciascuna categoria e delle differenze esistenti tra il contesto italiano e quello europeo in genere.

3. Conclusioni

I diversi spunti per futuri studi inseriti all'interno della relazione mostrano come questa tematica possa e debba essere ancora ulteriormente approfondita. Conoscere come la digitalizzazione può favorire processi collaborativi per la gestione dei rifiuti in ottica di economia circolare è fondamentale in un periodo storico in cui le aziende attraversano un processo di transizione sia digitale che ecologica. Le opportunità che l'economia circolare offre per combattere problemi ambientali, quali la sovrapproduzione dei rifiuti, l'eccessiva estrazione di materie prime e le emissioni di gas serra relative a questi processi, offrendo al contempo delle possibili fonti di risparmio o di ricavo, sono ben note agli operatori del settore. Trasmettere queste informazioni nella maniera adeguata alle aziende e fornire gli strumenti sia per mettere

in atto questi principi che per trovare partner commerciali con cui collaborare risulta fondamentale.

Il caso mostrato mette in luce due punti fondamentali. Il primo riguarda il fatto che le aziende hanno mostrato una predisposizione positiva e crescente all'uso della piattaforma considerata, dimostrando che questo genere di strumenti può assolvere la funzione di facilitare l'incontro e la cooperazione interaziendale. Le aziende ceche prese in considerazione hanno evidenziato la necessità di trovare degli acquirenti o offerenti per specifici materiali, mostrando di fatto la necessità di supporto per implementare l'economia circolare nei propri processi. Si assume che al crescere del livello di digitalizzazione delle aziende italiane e al crescente bisogno di trovare soluzioni circolari per la gestione dei propri scarti, anche in Italia si possa manifestare un simile interesse per tali strumenti. Futuri studi possono analizzare in maniera più dettagliata i possibili fattori incentivanti e disincentivanti in Italia. Il secondo punto riguarda i materiali maggiormente e minormente scambiati a livello europeo. In base ai dati mostrati all'interno di questo studio, ci si può aspettare che la presenza di marketplace digitali per lo scambio di materiali possano assicurare anche in Italia che, rispetto al totale di prodotti offerti online, il 41% dei prodotti chimici, il 65% di RAEE, il 56% di metalli, il 41% di carta, il 49% di plastica e il 50% di scarti tessili possano trovare un'azienda interessata al riutilizzo. In alcuni casi, dato che le variabili ad influenzare le percentuali di riutilizzo sono meno legate al contesto nazionale, queste percentuali rispecchiano già le reali possibilità di incontro anche in Italia. In altre categorie, queste percentuali invece possono variare in base al contesto nazionale, che è altrettanto necessario analizzare nel caso specifico dell'Italia. In conclusione, l'economia circolare propone un cambiamento sistemico dei processi produttivi, che può avvenire internamente alle singole aziende o facendo rete tra industrie. La digitalizzazione può favorire tale cambiamento.

Bibliografia

- [1] **ISPRA (2021)**: Rapporto Rifiuti Speciali. Edizione 2021.
- [2] **ISTAT (2020)**: Indici dei costi di gestione dei rifiuti - Anno 2019. Nota Informativa.
- [3] **European Commission (2020)**: Digital Economy and Society Index (DESI) 2020. Thematic chapters.
- [4] **Cutaia, Laura; Morabito, Roberto (2012)**: Ruolo della Simbiosi industriale per la green economy. In: Energia, Ambiente e Innovazione.
- [5] **European Commission (2020)**: Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Per un'Europa più pulita e più competitiva. Bruxelles (COM (2020) 98).
- [6] **Berardi, Donato; Novellis, Fedele de; Pergolizzi, Antonio; Valle, Nicolò (2020)**: Gestione dei rifiuti. Per le imprese costi in aumento. In: Laboratorio ref.ricerche n. Rifiuti N°143.
- [7] **OECD (2018)**: OECD Environmental Performance Reviews. Czech Republic 2018. OECD (OECD Environmental Performance Reviews).
- [8] **Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea (14.06.2006)**: REGOLAMENTO (CE) N. 1013/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 14 giugno 2006 relativo alle spedizioni di rifiuti.

Tecnologie di Industria 4.0 e Simbiosi Industriale: stato dell'arte e recenti sviluppi

*Sara Pelusi sara.pelusi@studenti.unich.it, Raffaella Taddeo, Alberto Simboli
Università degli studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara*

Riassunto

L'articolo, tramite una rassegna della letteratura scientifica, intende investigare le attuali aree di interazione tra gli studi inerenti alla Simbiosi Industriale e le tecnologie messe a disposizione dal framework di Industria 4.0 al fine di evidenziarne opportunità, criticità e potenziali sviluppi.

Summary

The article, through a literature review, aims to investigate the current areas of interaction between the studies concerning Industrial Symbiosis and the Industry 4.0 technologies in order to highlight opportunities, criticalities and potential developments.

Keywords: Analisi bibliografica; Simbiosi Industriale; Industria 4.0; Controllo automatico; Automazione; Blockchain.

1. Introduzione

Di recente, negli studi legati alla Simbiosi Industriale (SI) [1], viene riconosciuta sempre maggiore importanza alla disponibilità di dati ed informazioni di qualità per lo sviluppo sia metodologico che applicativo di tali approcci, qualità che è strettamente connessa alle caratteristiche dei dati stessi (es. attendibilità, accuratezza, disponibilità, tempestività). Pertanto, trova sempre più spazio il ricorso a tecnologie informatiche di rilevazione, raccolta e analisi di dati al fine di proporre soluzioni sempre più efficaci, nei diversi contesti applicativi, da quelli micro (prodotti, processi, singole imprese), a quelli meso (filiera, cluster, network) e macro (sistemi territoriali, regioni).

Industria 4.0 nasce come un framework caratterizzato dall'applicazione diffusa di nuove tecnologie produttive (di automazione ed informatizzazione) per migliorare la produttività degli impianti e soprattutto per aumentare il livello di interazione e integrazione tra le varie parti del sistema produttivo, a vari livelli: tra gli elementi presenti nella produzione, ovvero operatore, macchine e strumenti; tra le aziende e con le strutture esterne (cliente/fornitore, hub, gestione dei rifiuti, ecc.). Un concetto importante nel framework di Industria 4.0 è quello di sostenibilità, intesa nelle tre dimensioni tipiche, ovvero ambientale, economica e sociale, e riferita al mondo produttivo nella sua interezza, raggiungibile grazie ad una maggiore efficienza nell'uso di risorse materiche ed energetiche. In ambito di SI, le tecnologie abilitanti di Industria 4.0, oltre agli innegabili vantaggi collegati alla rilevazione e condivisione dei dati (rese possibili, ad esempio, attraverso strumenti di input-output analysis, o matching) sono studiate in relazione agli effetti ambientali di forme evolute di interazione (collaborative data sharing, social networking) fino ad arrivare ai sistemi olonico-virtuali.

2. Relazione

2.1 Metodo

Il metodo utilizzato nella presente ricerca consta di due momenti. In una prima fase è stata condotta un'analisi bibliografica su un orizzonte temporale che va dal 2000 al 2021, scelto per verificare gli sviluppi industriali del nuovo millennio, utilizzando "Discovery" [2], "JStore" [3], "ResearchGate" [4] e "Scopus" [5], come banche dati e come fonti di articoli scientifici. La ricerca è stata finalizzata all'individuazione di un collegamento tra il concetto di SI e alcuni ambiti riconducibili al framework di Industria 4.0, sintetizzati da alcune keywords, quali: *Agent Based Modelling (ABS); Algorithms; Artificial Intellingence; Association-Rule Mining; Automatic Control; Automation; Big Data; Blockchain; Computer Networking; Enabling Technologies; ICT; Industry 4.0; Input-Output Data; Java Application; Machine Learning; Online Platform; Programming; Software; Urban-Industrial Symbiosis; Web Service.*

Da tale ricerca sono stati ottenuti 143 articoli, dalla cui analisi sono emersi risultati particolarmente interessanti. Di questi articoli, in una seconda fase, a seguito di un'operazione di selezione e rifinitura tramite titoli, abstract e keyword, si è deciso di approfondire quelli che evidenziavano un collegamento tra SI e rispettivamente, Industria 4.0, Automatic Control, Automation e Blockchain per capire, di volta in volta, quali sono (se presenti) i legami esistenti tra gli ambiti definiti dalle keyword e lo sviluppo di soluzioni di SI.

2.2 Risultati

Nel presente paragrafo verranno descritti i principali risultati ottenuti dall'analisi svolta, suddivisi nei quattro ambiti della ricerca così denominati: "SI e Industria 4.0", "SI e Automazione", "SI e Controllo Automatico" e "SI e Blockchain".

- SI e Industria 4.0

Dalla review della letteratura emergono un totale di 12 articoli, pubblicati in un orizzonte temporale che va dal 2016 al 2021, che rilevano l'esistenza di una relazione tra i concetti di SI e Industria 4.0. In particolare, nell'articolo di Germani et al. (2020) [6] appare evidente come, in un contesto industriale, occorra ottimizzare e stimolare la collaborazione tra risorse interne ed esterne quali le risorse materiche, energetiche e umane secondo il paradigma dell'Industria 4.0, rispettando, al tempo stesso, i vincoli dei pilastri della sostenibilità. Si individua nell'implementazione degli approcci di SI la risposta migliore, in quanto questi possono funzionare da motore e driver primario per lo sviluppo dell'economia circolare in una prospettiva di Industria 4.0. Infatti, la condivisione di risorse tra diverse aziende e l'integrazione delle informazioni lungo tutta la catena del valore – dal fornitore al consumatore – sono considerati i pilastri per lo sviluppo di Industria 4.0 [7]. È, quindi, necessario aumentare la digitalizzazione dei processi produttivi e delle filiere, facilitando le comunicazioni tra uomo, macchine e prodotti, consentendo così l'accesso in tempo reale alle informazioni, ai prodotti e alla produzione durante il loro ciclo di vita.

Nel contributo di Araujo et al. (2019) [8], viene presentato un indice di sostenibilità e di efficienza economica per una linea o un processo di produzione, che consente alle piccole e medie imprese (PMI) e ad altre società di prendere decisioni che migliorino l'efficienza economica, riducano gli impatti ambientali e aumentino il ritorno sociale positivo di alcune strategie produttive. L'utilizzo di tale indice ha l'obiettivo di favorire i cambiamenti nella struttura dei sistemi di produzione al fine di implementare i paradigmi di Industria 4.0 attraverso tecnologie facilitatrici come la simulazione e la realtà virtuale, applicati agli studi degli impatti economici, sociali e ambientali nell'organizzazione, promuovendo strategie e alternative nelle catene di produzione per minimizzare e/o mitigare i rischi ambientali e lavorativi,

e per incoraggiare la SI o la nascita di reti di eco-industrie per aumentare l'eco-efficienza e il ritorno sociale positivo legati al funzionamento dei sistemi produttivi.

Un ulteriore risultato dell'analisi svolta, ha messo in evidenza l'esistenza di un software di simulazione della linea di produzione Norlean Analyzer Operation (NOA) [9], in grado di semplificare l'utilizzo di tecnologie complesse, in cui la conoscenza tecnica dell'utente si riduce alla comprensione del proprio business e permette di modificare in modo molto semplice gli scenari che si vogliono analizzare. NOA offre all'utente una replica virtuale di una fabbrica, di una macchina o di un processo partendo dall'analisi di una grande quantità di dati di produzione che vengono trasformati in modelli statistici. Vengono, quindi, costruiti gli algoritmi che definiscono il modello di produzione, collegati al conto economico, e creato il modello di business completo di un'azienda industriale. L'obiettivo è convertire i Big Data in dati intelligenti in grado di fornire informazioni utili al processo decisionale, al fine di ottenere una previsione attendibile del funzionamento di un Sistema di produzione Sostenibile (SMS) e il suo ritorno sociale (SR).

- SI e Automazione

Tra gli articoli raccolti, 15 evidenziano un collegamento tra la keyword SI e Automazione. All'interno del contesto di imprese intelligenti, basate su una maggiore collaborazione e condivisione di informazioni, dati e una migliore comunicazione, si inserisce un esempio positivo di impiego di soluzioni automatizzate in grado di contribuire a migliori performance ambientali delle imprese stesse, ovvero il MAESTRI Total Efficiency Framework (MTEF) [10]. Collocandosi nell'ambito del progetto collaborativo MAESTRI finanziato dall'UE, e attualmente in fase di sviluppo, il suo obiettivo è il miglioramento sostenibile delle prestazioni ambientali ed economiche delle imprese industriali, fornendo come sistema di gestione una piattaforma olistica che consente una valutazione complessiva delle prestazioni di efficienza ambientale (delle risorse materiche ed energetiche), del valore e dei costi attraverso una prospettiva di ciclo di vita. MTEF sfrutta una piattaforma middleware che facilita l'automazione nel trasferimento dei dati dalle macchine, dai sistemi e dai sensori presenti nei siti industriali, agli strumenti e alle applicazioni software dell'utente finale. Consente di interconnettere perfettamente dispositivi, sistemi e sottosistemi eterogenei al fine di ottenere un grado più elevato di interazioni tra l'impresa, i sistemi di gestione e gli utenti finali. Il MTEF si basa su quattro pilastri: 1) un sistema di gestione efficace mirato al miglioramento continuo dei processi; 2) strumenti di valutazione dell'efficienza per supportare miglioramenti, strategie di ottimizzazione e supporto ai decision-makers, valutando chiaramente l'utilizzo di risorse ed energia di tutti i flussi elementari del processo e le prestazioni di eco-efficienza; 3) il paradigma della SI per ottenere valore dai rifiuti e dallo scambio di energia; 4) un'infrastruttura Internet of Things e automatizzata per supportare una facile integrazione e un migliore scambio di dati tra i sistemi e gli strumenti aziendali. L'approccio MAESTRI a supporto delle applicazioni di SI nell'impresa industriale si basa sull'ampliamento della conoscenza sui casi di SI come principale fonte di informazioni e su una metodologia graduale a supporto del percorso di identificazione e valorizzazione dei rifiuti, fino alle fasi di definizione e valorizzazione dei flussi di scambio degli stessi. Tale strumento sarà in grado di supportare e assistere le aziende che desiderino impegnarsi nell'implementare la SI nella loro attività.

- SI e Controllo Automatico

Nel caso della relazione tra SI e Controllo Automatico, la ricerca condotta ha prodotto un unico risultato, ovvero il contributo di Gao et al. (2018) [11] in cui il concetto di Controllo Automatico trova ampio spazio nell'implementazione di soluzioni di SI. In questo contesto il ruolo del Controllo Automatico può essere assimilabile a quello svolto da un "regolatore".

Nell'articolo citato, gli autori propongono una metodologia per valutare gli effetti di “disturbo” (fattori esterni, legati ad esempio ai rapporti di collaborazione, fattori tecnologici, ecc.) sulla vulnerabilità degli Eco-Parchi Industriali (EIP) e, nello specifico, è basata sulla teoria del Controllo Automatico applicata al caso studio dell'Eco-Parco Industriale di Guigang (Cina) tramite simulazione effettuata con il software Simulink [12]. I risultati della simulazione forniscono informazioni di supporto alla progettazione e ai decision-makers, nelle scelte di pianificazione della SI: in primo luogo si riscontra come l'impresa nel front-end (*impresa chiave*, o *key enterprise*) della catena industriale ecologica sia la più importante, perché è quella che influenza maggiormente la stabilità del sistema, utilizzando e trasportando la maggior parte dei flussi materici ed energetici all'interno dell'EIP (Fig.1). Tale risultato porta gli autori ad affermare la necessità di costruire l'EIP intorno alle imprese chiave, così da migliorare la stabilità del sistema. Dalla Figura 1, infatti, emerge come più il “disturbo” è localizzato all'esterno del sistema e vicino alla “impresa chiave” (K01), maggiori sono gli impatti che lo rendono più sensibile; i disturbi applicati nella posizione centrale (K04 e K05) hanno avuto un impatto meno rilevante a livello di intero EIP. Inoltre, l'impatto di K04 è inferiore a quello di K05: ciò significa che quando il disturbo insiste alla fine di una catena industriale ecologica, l'impatto sulla vulnerabilità dell'intero sistema è inferiore.

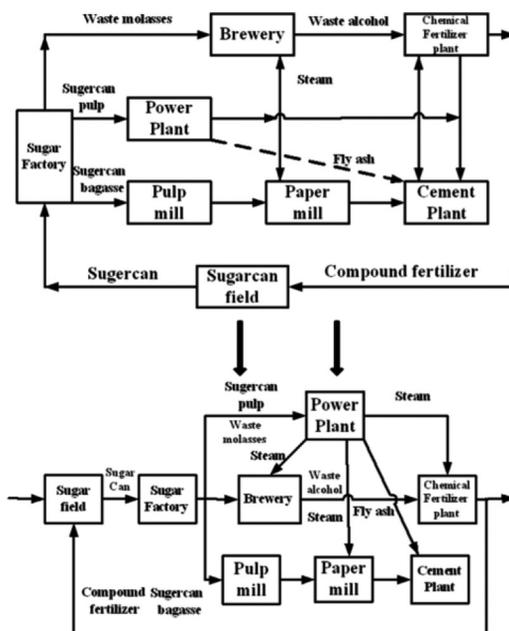


Fig. 1 – Rappresentazione grafica dell'Eco-Parco Industriale di Guigang (Cina) [12].

- SI e Blockchain

Nel caso della relazione tra SI e Blockchain la ricerca ha condotto a due articoli che mettono in evidenza il ruolo potenziale della Blockchain nello sviluppo di soluzioni di SI. Oltre ad essere la tecnologia di base per la cripto valuta, Blockchain è in grado di trasformare le catene di approvvigionamento in una varietà di settori. Ha, inoltre, il potenziale per essere applicata nell'etichettatura di prodotti e componenti per consentire la raccolta, lo smistamento, la gestione dei rifiuti e il riutilizzo dopo l'uso e fornisce un registro pubblico di tutte le transazioni che si sono verificate tra le parti. Ogni volta che si verifica una nuova transazione, il

registro pubblico viene aggiornato automaticamente e tutti ricevono una notifica immediata. La tecnologia mira principalmente ad affrontare questioni di fiducia e trasparenza tra le parti. La mancanza di condivisione tra gli attori di informazioni riservate, limita inevitabilmente il potenziale di collaborazione, e, quindi, la fiducia tra gli attori. Quando applicata alle catene di approvvigionamento, questa tecnologia può trasformare radicalmente il modo in cui i vari attori interagiscono. In vista dello sviluppo di soluzioni di SI, per gli attori coinvolti è fondamentale entrare in possesso di informazioni e dati sui flussi di scarti e di sottoprodotti, al fine di definire i) quali sono i flussi coinvolti e valutare se tali flussi coincidono con le proprie necessità, anche in termini spaziali e temporali; ii) qual è la composizione chimica di tali flussi e se tale composizione è compatibile con gli attuali processi di produzione; iii) quali sono le esigenze di trasporto e i costi potenziali. Per rispondere a tali domande, devono essere divulgati nella catena di approvvigionamento i dati operativi aziendali. Spesso, però, le informazioni che forniscono la risposta a tali domande sono confidenziali e l'accesso ai dati della catena del valore è limitata: è questo il principale ostacolo per la connessione tra le aziende.

In particolare, uno dei risultati emersi dall'analisi condotta, è rappresentato dal Bext360 [13], una start up che utilizza Blockchain, Intelligenza Artificiale e IoT per rendere digitali le catene di approvvigionamento delle materie prime globali e diffondere pratiche sostenibili per le comunità, i consumatori e l'ambiente. Nel caso specifico, vengono utilizzate le tecnologie appena citate per semplificare le operazioni di acquisto e vendita di caffè nei mercati all'ingrosso e rendere la filiera del caffè equa e trasparente. I coltivatori di caffè raccolgono i chicchi che vengono inseriti in una BextMachin. Questa macchina utilizza l'Intelligenza Artificiale e sensori per analizzare i chicchi di caffè e classificarli in base agli standard di qualità. Questi vengono, quindi, registrati sulla blockchain per tracciare e monitorare istantaneamente quale azienda agricola e quale agricoltore dovrebbe essere pagato e quanto. Gli agricoltori vengono, quindi, pagati digitalmente tramite un'applicazione mobile. Le transazioni registrate sulla blockchain e rese disponibili a tutte le parti forniscono i dati per ottimizzare le inefficienze della catena di approvvigionamento, aumentare i compensi agli agricoltori e consentire ai consumatori di capire veramente da dove provengono i loro prodotti. L'impiego della tecnologia Blockchain aumenta la trasparenza, riduce i costi di transazione per la verifica e la certificazione, garantisce contratti più affidabili e pagamenti equi lungo la catena del valore.

L'altro contributo emerso e relativo ad una maggiore trasparenza nel mercato della SI fa riferimento ad un'agenzia governativa fiamminga [14] che ha sviluppato una piattaforma di matchmaking digitale in cui attori diversi offrono/ricevono flussi di rifiuti o sottoprodotti (Fig. 2) e grazie alla quale le aziende sono in grado identificare le informazioni sui prodotti, sulla loro composizione chimica, sulle quantità offerte e sulla continuità dei flussi di rifiuti (una tantum o continuo). La piattaforma offre un'impostazione di privacy graduale, per cui le aziende possono decidere quali informazioni rendere visibili e a quali livelli.

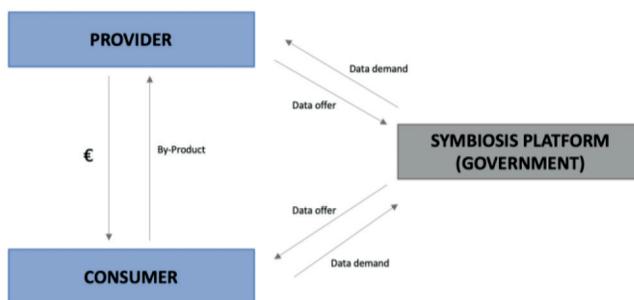


Fig. 2 – Rappresentazione dell'Ecosistema della piattaforma di matching digitale [15].

Durante l'utilizzo della piattaforma, sono stati identificati diversi problemi di fiducia e di condivisione di dati nei casi di relazioni tra imprese in concorrenza. In questi casi, le impostazioni sulla privacy sono state utilizzate al fine di garantire l'assenza di condivisione di informazioni potenzialmente sensibili tra i concorrenti.

3. Conclusioni

La riduzione delle emissioni di rifiuti e dell'uso delle risorse primarie nelle industrie ad alta intensità materica è considerata come uno dei percorsi più critici e promettenti per accelerare lo Sviluppo Sostenibile. L'Unione Europea riconosce la SI come uno dei principali strumenti per raggiungere tale obiettivo, in quanto in grado di stimolare imprese differenti a collaborare in un'ottica di sostenibilità ambientale ed economia circolare. Numerosi, infatti, sono gli effetti positivi che gli si riconoscono, come ad esempio la riduzione nella dipendenza da materie prime vergini; il crescente mercato delle materie prime seconde; la riduzione di rifiuti in discarica; condivisione di conoscenza. Le nuove opportunità offerte dalla SI si ritrovano principalmente nell'utilizzo di mercati, piattaforme e reti condivise per lo scambio di rifiuti, e che facilitano anche lo scambio di informazioni sui flussi materici ed energetici, di scarti e di rifiuti.

La ricerca condotta ha messo in evidenza come le soluzioni di SI possano essere favorite in contesti fortemente digitalizzati e automatizzati. La sfida attuale per le imprese è legata al superamento delle barriere correlate alla comunicazione e alla collaborazione attraverso la condivisione di informazioni e risorse, in grado di favorire l'integrazione, favorendo al contempo lo sviluppo di soluzioni di SI. In un contesto ad alto sviluppo tecnologico come quello rappresentato da Industria 4.0, gli operatori sono portati a specializzarsi in nuove e diverse funzioni rispetto al passato, a "dialogare" con macchine e con i sistemi complessi, e a collaborare con essi. Pertanto, solo attraverso una gestione efficace ed integrata di questi aspetti potrà essere garantita la massima produttività della fabbrica e la qualità dei prodotti finiti, e assicurare la produttività, l'efficienza e la sostenibilità in un contesto di Industria 4.0 ed economia circolare.

Bibliografia

- [1] **Chertow M. R.**, 2000. "Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy". *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 313-337.
- [2] **UDALIBRARY**, 2021. In <https://polouda.sebina.it/SebinaOpacChieti/article/la-biblioteca-digitale-di-ateneo/polo-biblioteca-digitale>. Consultato ad Aprile 2021.
- [3] **JSTOR**, 2021. In <https://www.jstor.org/>. Consultato ad Aprile 2021.
- [4] **ResearchGate**, 2021. In <https://www.researchgate.net/>. Consultato tra Aprile 2021.
- [5] **Elsevier**, 2020. In <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/content>. Consultato ad Aprile 2021.
- [6] **Germani. M., Marconi. M., Scafà. M.**, 2020. "A critical review of symbiosis approaches in the context of Industry 4.0". *Journal of Computational Design and Engineering* 7(3): 269-278.
- [7] **Stock. T., Obenaus. M., Kunz. S., Kohl. H.**, 2018. "Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential". *Process Safety and Environmental Protection* 118.
- [8] **Araujo. M., Ares. E., Naderi. M., Pelàez. G., Prieto. D.**, 2019. "Sustainable Operations Management for Industry 4.0 and its Social Return". *IFAC PapersOnline* 52-13 (2019) 457-462.
- [9] **Norlean Analyzer Operation**, 2017. In <https://norlean.com/en/naa/>. Consultato ad Aprile 2021.
- [10] **Ferrara. E., et al.**, 2017. "Toward Industry 4.0: Efficient and Sustainable Manufacturing leveraging MAESTRI Total Efficiency Framework". 4th International Conference on Sustainable Design and Manufacturing, Bologna (Italy), 26-28 Aprile 2017.
- [11] **Gao. Z., Hong. J., Tang. H., Wang. Q., Yuan. X., Zhang. L., Zuo. J.**, 2018. "Investigating vulne-

rability of ecological industrial symbiosis network based on automatic control theory”. *Environmental Science and Pollution Research* 25:27321–27333.

[12] **Simulink**, 2015. In <https://it.mathworks.com/products/simulink.html>. Consultato ad Aprile 2021.

[13] **Thiruchelvam. V., Mughisha.A.S., Shahpasand. M., Bamiah. M.**, 2017. “Blockchain-based Technology in the Coffee Supply Chain Trade: Case of Burundi Coffee”.

[14] **D’Hauwers. R., Van der Bank. J., Montakhabi. M.**, 2020. “Trust, Transparency and Security in the Sharing Economy: What is the Role of the Government?”. *Technology Innovation Management Review*.

SYSTEMIC WATER CYCLE MANAGEMENT AND VALORIZATION

APPLICAZIONI DI SUCCESSO SU LARGA SCALA DI PIANIFICAZIONE SISTEMICA, VALUTAZIONE DEL RISCHIO E PIANIFICAZIONE DELLA SICUREZZA NELL'USO E NEL RIUTILIZZO DELL'ACQUA (COMPRESI I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LA BIODIVERSITÀ)

Gli obiettivi di sviluppo sostenibile su acqua, energia, cibo e biodiversità sono al centro dell'Agenda 2030. Una maggiore sostenibilità e circolarità della gestione dell'acqua richiedono una collaborazione sistemica intersettoriale e un approccio basato sul rischio. Il nesso acqua-energia-cibo-ecosistema dovrebbe guidare le decisioni per superare l'attuale uso sproporzionato di silo. La sessione presenta contributi nell'ambito della gestione sostenibile dell'acqua e soluzioni di abbattimento di microplastiche in acqua potabile.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo Università di Bologna, Politecnico delle Marche, UTILITALIA e Istituto Superiore di Sanità, PRIMA FIT4REUSE, H2020 Digital Water City, H2020 ULTIMATE, H2020 HYDROUSA**

Presidenti di sessione:

- Attilio Toscano, *Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, Università di Bologna*
- Lucia Bonadonna, *Istituto Superiore di Sanità*
- Francesco Fatone, *Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Università Politecnica delle Marche*

The importance of reservoir and catchment balances to determine the natural inflow in a reservoir

*Matteo Dall'Amico, matteo.dallamico@waterjade.com, Francesca Carletti, Nicolò Franceschetti
Waterjade® - by MobyGIS S.r.l., Pergine Valsugana (TN)*

Summary

This paper describes a procedure to obtain the best estimate of the natural inflow discharge to a reservoir starting from observational data provided by utilities managing water reservoirs. The process follows four steps: (1) hydrological balances; (2) analysis and cleansing of provided data; (3) reservoir balances to obtain a first rough natural inflow; (4) final correction of natural inflow. The obtained signal is finally validated against the dominant meteorological forcing. This methodology aims to obtain a good-quality natural inflow that reflects the basin response to hydrological forcing and that can be later used to calibrate a prediction model.

Riassunto

In questo documento, descriviamo la procedura che, sulla base dell'esperienza maturata, permette di ottenere la migliore stima del deflusso naturale in una sezione di un corso d'acqua o di bacino a partire da dati osservativi forniti dalle aziende che utilizzano le risorse idriche. Il processo segue quattro fasi: (1) i bilanci idrologici; (2) l'analisi e pulizia dei dati forniti; (3) i bilanci sul serbatoio per ottenere un primo segnale approssimativo di portata di calibrazione; (4) l'analisi e correzione della portata di calibrazione. Il segnale così ottenuto viene infine validato rispetto alle forzanti meteorologiche dominanti. Questa metodologia consente di ottenere un segnale di portata di calibrazione di buona qualità, che rifletta la risposta del bacino alle forzanti idrologiche e che possa essere successivamente utilizzato per calibrare un modello di previsione.

1. Introduction

Global warming is impacting the hydrological cycle of the river basins by changing the patterns of precipitation and temperatures, with consequent heavy variations in the historical regimes of river discharge and reservoir level. In regions where hydrology is dominated by snow accumulation and melt, the optimization of the reservoir level depends upon runoff seasonality, which is strongly related to temperature [1]. Additionally, rising temperatures have increased the frequency of meteorological droughts [2], causing strong repercussions on renewable energies and hydropower generation [3,4].

The problem of future water supply is increasingly challenging utilities' managers. The existing forecast models depend upon simplified approaches based on historical data or rain-fall-runoff correlations, where the water cycle at the basin scale is generally overlooked. Under global warming conditions, historically based predictions are becoming obsolete and such approaches may lead to hazardous decisions.

To address the challenge posed by Climate Change, it is recommended to adopt a holistic approach in water management, considering all the water cycle components in the catchment to monitor the

initial condition, like soil moisture and snow cover, and to forecast the evolution according to the actual weather forecast. In this paper, we want to focus on the first part of the modelling chain, which is the estimation of the river flow discharge obtained by natural forcing, i.e., excluding anthropogenic disturbances like intakes or conduits. This “natural discharge” is very important as it will become the validation dataset upon which the hydrological model will be calibrated.

2. Description

2.1 Catchments

Two European catchments are selected as case studies: an Alpine (AC) and a Mediterranean catchment (MC) with similar spatial extension ($\sim 14 \text{ km}^2$). As a result of the different climatic zones, their hydrological behaviour and discharge regime are different. AC is melt-dominated, and the discharge regime is unimodal (i.e. it generally presents only one single highest value). MC is rainfall-dominated, thus showing a bimodal discharge regime (Figure 1). Both catchments are affected by human activity: AC is mostly exploited for hydropower production, whereas MC for water supply. The chosen study period goes from October 2015 to September 2018.

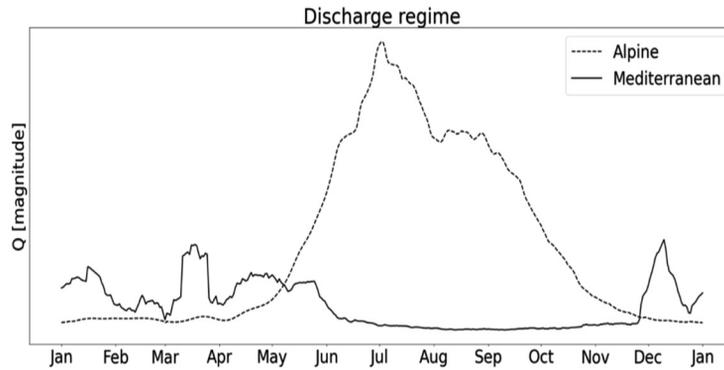


Fig. 1 – Discharge regimes for AC and MC basins.

2.2 Data

Reservoir data are presented in Figure 2.

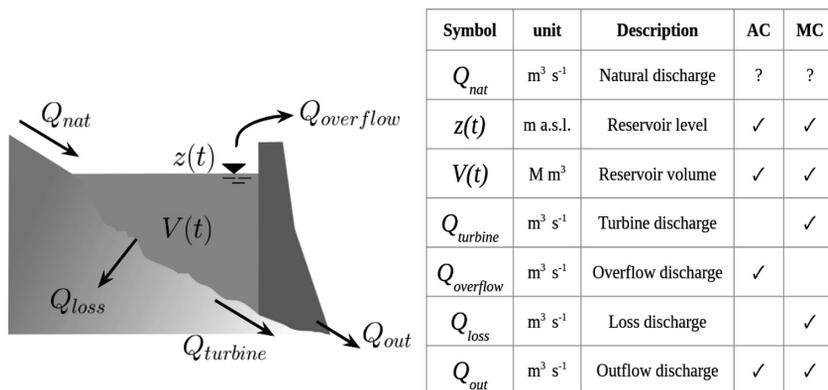


Fig.2 – Reservoir hydraulic scheme (left) and provided data for AC and MC reservoirs (right).

2.3 Methods

In this section, we illustrate the methodology employed to determine the natural inflow discharge (Q_{nat} in Figure 2), i.e., the discharge naturally flowing into the considered system, as a result of natural catchment components like precipitation, snow and infiltration.

We follow a four-step procedure: (1) a hydrological balance, to identify possible water surpluses /deficits; (2) analysis of the data provided by the utility, namely reservoir levels and withdrawals, to identify errors or inconsistencies; (3) a reservoir balance, to obtain the rough natural inflow to the reservoir; (4) analysis, check and cleansing of the obtained inflow.

2.3.1 Hydrological balance

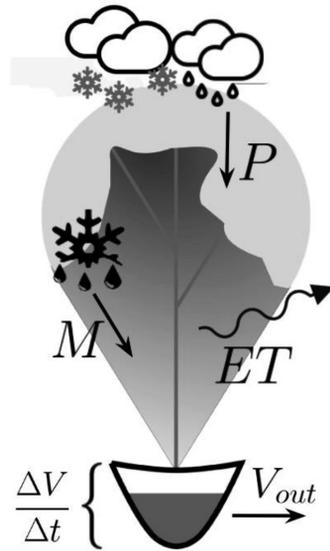


Fig.3 – Hydrological balance.

Hydrological balances are performed applying the mass conservation in Equations (1) and (2) for AC and MC catchments respectively:

$$\Delta F_{AC} = P + M - ET - V_{out} - \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1)$$

$$\Delta F_{MC} = P - ET - V_{out} - \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2)$$

Where $\Delta F_{AC,MC}$ is the water surplus/deficit term, P the total precipitation, M the total melt, ET the total evapotranspiration, the total outflow volume and $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ the reservoir storage variation (Figure 3).

Balances are performed on each hydrological year (i.e., the 12 months between October 1st of year N and September 30th of the year N+1) of the period of interest.

2.3.2 Data analysis and cleansing

As illustrated in Figure 2 (right), utilities provide data that is generally measured or (directly or indirectly) computed, at heterogeneous granularities. Measurement errors are substantially impossible to avoid [5]. The process of data analysis,

checking and cleansing serves to minimize the magnitude of such errors, or at least to interpret them by understanding their source.

Regardless of the extension of the catchment, common measurement errors sources include the instrumental/human error, the incorrect handling of missing data, the rate of change of measured quantities, the possible offset between measured correlated quantities (i.e., between reservoir level and turbine discharge). For reservoirs downstream of large catchments, the most critical aspect is the difficulty of establishing a relation between reservoir level and storage, as minimum oscillations of the former imply significant changes in the latter. Conversely, reservoirs receiving water from small catchments are more likely to be manually monitored, thus measurements being more prone to gross mistakes.

Computed data is usually provided when measurements are not available for that flow: directly computed data is obtained using formulas (e.g., overflows), whereas indirectly computed data is obtained combining other measured flows. The major issue with computed data is that the procedure itself establishes relations between measured data, thus further enhancing their associated uncertainty.

When instrumental/human errors or missing data are detected in a time series, the first attempt is to understand the error source to retrieve the measurement. If it is not possible, that measurement should be discarded and substituted with no-data. On the other hand, offset/mismatch errors should generally be handled using moving averages and/or time-series shifts.

2.3.3 Reservoir balance

The reservoir balance can be set up to determine the rough natural inflow discharge (Q_{nat}) through Equation (3). Once all the equation terms are known, the computation is straightforward.

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \pm \Delta F + Q_{nat} - Q_{turbine} - Q_{overflow} - Q_{out} - Q_{loss} \quad (3)$$

Where $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ is the storage volume rate of change; $\pm \Delta F$ the water surpluses/deficits; Q_{nat} the natural inflow to the reservoir; the remaining terms are those listed in Figure 2 (right).

2.3.4 Natural inflow discharge rough signal cleansing

Regardless of the data analysis and cleansing already performed (Section 2.3.2), the use of Equation (3) may give rise to discrepancies in the rough signal of natural inflow discharge, e.g. below-zero values or intervals. Should this occur, the first attempt is generally an *a posteriori* comparison between the obtained rough signal, meteorological forcing and the provided data, to detect possible inconsistencies and correct them. If, however, the time series are consistent with each other, moving averages and/or shifts are applied to the natural inflow discharge rough signal.

2.4 Discussion

In this section, we determine the natural inflow discharge for AC and MC according to the methodology previously described in Section 2.3.

2.4.1 Hydrological balances

Hydrological balances are computed for AC and MC with Equations (1,2). Results are given in Table 1. As ΔF (highlighted in Table 1) reaches a maximum of 10% of P , we conclude that no significant water surpluses/deficits are detected throughout the studied period.

	P [mm/year]		M [mm/year]		ET [mm/year]		V_{out} [mm/year]		ΔV [mm/year]		ΔF [mm/year]	
	AC	MC	AC	MC	AC	MC	AC	MC	AC	MC	AC	MC
2016	1326	630	780	-	380	554	1667	154	22	-12	37	-66
2017	1120	745	549	-	379	624	1567	197	-228	8	-48	-68
2018	1278	530	623	-	377	501	1506	60	85	-37	-67	6

Tab.1 – Hydrological balances for AC and MC, cumulated over the hydrological year.

2.4.2 Provided data analysis, checking and cleansing

Two major issues have been identified with storage volume data provided for AC: (1) at certain timesteps, the volume is set to 0; (2) at certain others, volume values are extremely low. This has been solved by replacing zeros with interpolated values and by multiplying low values by 1000, as this error can be traced back to a measurement conversion failure from Mm^3 to km^3 . For MC, the issue is represented by Q_{overflow} , which is not measured but computed daily through a simple weir equation. However, in the first instance, we decided not to correct this signal.

2.4.3 Reservoir balance

Reservoir balances are performed for AC and MC with Equations (4,5) to determine the rough signal of the natural inflow to the reservoir ($Q_{r,nat,AC,MC}$).

$$Q_{r,nat,AC} = \frac{\Delta V}{\Delta t} + Q_{\text{turbines}} + Q_{\text{out}} + Q_{\text{loss}} \quad (4)$$

$$Q_{r,nat,MC} = \frac{\Delta V}{\Delta t} + Q_{\text{out}} + Q_{\text{overflow}} \quad (5)$$

2.4.4 Natural inflow discharge rough signal cleansing

Both rough signals of the natural inflow discharge obtained for AC and MC are negative for certain timesteps, this behaviour was somehow expected given the possible issues illustrated in Section 2.3.2. Specifically, we believe that the issues here were (1) the offset between reservoir level and turbine discharge measurements for AC and (2) the overflow discharge being directly computed for MC. To solve the issue, for AC a two-step filter to the raw signal $Q_{r,nat,AC}$ was applied: (1) a moving average of 48 hours and (2) a moving average of a varying window, centred on the negative value, which enlarges until that value becomes positive. For MC, first, a moving average of 48 hours is applied to the term $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ before applying Equation (5), then the same function is applied to the raw signal $Q_{r,nat,MC}$. As a final step, filtered natural inflow discharges are qualitatively validated against melt and precipitation intensity. Results are shown in Figure 4.

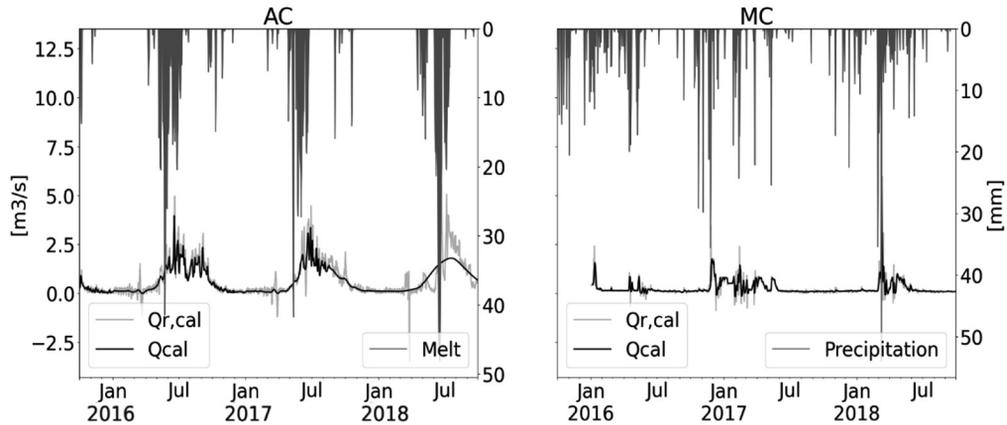


Fig.4 – Bottom: natural inflow rough (light grey) and corrected (black). Top: precipitation value.

3. Conclusions

In this paper, we described our procedure to obtain the natural inflow discharge starting from the data that is generally provided by utilities managing water reservoirs. This methodology is carried out through four steps: (1) first, hydrological balances are computed to check for possible water surpluses/detainments; (2) then, data provided by the client is checked and cleaned to minimize measurement/computational errors; (3) at this stage, balances on the reservoir can be computed, so to obtain a first, rough signal of the natural inflow discharge and (4) finally, such signal is again analyzed, corrected and qualitatively validated against the dominant meteorological forcing.

As a case study, we referred to two reservoirs placed downstream of two equally sized European catchments located within an Alpine and Mediterranean catchment with different water regimes. The procedure has been applied to both catchments to obtain the best estimate of the natural inflow in the reservoir to be later used as a validation dataset upon which to calibrate a forecast model. The results show that the inflow signal appears cleansed of initial inconsistencies and reflects well the basin's response to hydrological forcing, thus fulfilling the requirements of a good validation dataset.

References

- [1] **Barnett, T & Adam, J. & Lettenmaier, D.** (2005). Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-Dominated Regions. *Nature*. 438. 303-9. [10.1038/nature04141](https://doi.org/10.1038/nature04141).
- [2] **Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P. and Vogt, J.** (2014), World drought frequency, duration, and severity for 1951–2010. *Int. J. Climatol.*, 34: 2792-2804. <https://doi.org/10.1002/joc.3875>
- [3] **Tarroja, Brian & Chiang, Felicia & AghaKouchak, Amir & Samuelsen, Scott.** (2018). Assessing future water resource constraints on thermally based renewable energy resources in California. *Applied Energy*. 226. 49-60. [10.1016/j.apenergy.2018.05.105](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.05.105).
- [4] **Forrest, Kate & Tarroja, Brian & Chiang, Felicia & AghaKouchak, Amir & Samuelsen, Scott.** (2018). Assessing climate change impacts on California hydropower generation and ancillary services provision. *Climatic Change*. 151. [10.1007/s10584-018-2329-5](https://doi.org/10.1007/s10584-018-2329-5)
- [5] **Alan S. Morris, Reza Langari,** Chapter 3 - Measurement Uncertainty, Measurement and Instrumentation, Butterworth-Heinemann, 2012, Pages 39-102, ISBN 9780123819604. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381960-4.00003-6>

Determinazione, analisi e studio di future tecniche di abbattimento delle MPs in drinking water

Valentina Gioia, valentina.gioia@aceaspa.it (Acea Elabori-ROMA), Marco Lazzazzara: marco.lazzazzara@aceaspa.it (Acea Elabori -ROMA); Margherita Barchiesi: margherita.barchiesi@uniroma1.it (DICEA- Università La Sapienza - ROMA), Alessandro Filippi: alessandro.filippi@aceaspa.it (Acea Elabori -ROMA); Giancarlo Cecchini: giancarlo.cecchini@aceaspa.it (Acea Elabori -ROMA) Alessandro Frugis: alessandro.frugis@aceaspa.it (Acea Elabori-ROMA);

Riassunto

La pervasività delle microplastiche (MPs) e delle sostanze emergenti, unita alla necessità di adeguamento delle normative vigenti ai criteri individuati dall' ultima revisione della Direttiva Europea per le acque destinate al consumo umano, rende necessario lo sviluppo di protocolli analitici idonei per una loro valutazione e caratterizzazione. Acea Elabori, in collaborazione con Università ed Enti di ricerca istituzionali, ha avviato già da tempo un percorso di messa a terra dell'intera procedura di controllo, selezionando la tecnica strumentale, mettendo a punto la procedura di misurazione, approfondendo le fasi altamente critiche, quali il campionamento e l'eliminazione di eventuali fonti di contaminazione esterna. Queste ultime rappresentano due dei maggiori punti di attenzione individuati dalla comunità scientifica. La concretizzazione di un protocollo analitico replicabile e robusto per la valutazione delle MPs nelle diverse matrici acquose, oltre ad assicurare il loro monitoraggio puntuale negli impianti, potrà indirizzare le eventuali future soluzioni per il loro abbattimento.

Summary

The latest revision of the European Directive about drinking water has introduced new criteria for the regulation of microplastics (MPs) and contaminants of emerging concern (CECs). For this reason, new analytical protocols are required for evaluation and characterization of such pollutants. Acea Elabori, in collaboration with Universities and Institutional research organizations, is already involved in drawing up the control procedure, deepening the highly critical phases, such as sampling and elimination of any sources of external contamination. The implementation of a replicable and robust analytical protocol for the evaluation of MPs in the various aqueous matrices, as well as ensuring their timely monitoring in plants, will be able to address any future solutions for their removal.

1. Introduzione

La presenza di particelle plastiche di dimensioni micrometriche è stata ormai accertata in ogni comparto ambientale, incluse le acque da destinare al consumo umano. I dati ad oggi disponibili, tuttavia, sebbene validi in termini di *screening*, non permettono di affrontare il problema in ottica della sua comprensione e risoluzione, data la mancanza di robustezza dei protocolli analitici utilizzati. Acea Elabori, società di ricerca e innovazione del gruppo Acea, si è posta

l'obiettivo di standardizzare un metodo affidabile per l'identificazione, la quantificazione e la caratterizzazione delle microplastiche nelle matrici acquose. Il metodo sarà quindi applicato per valutare l'attuale capacità di abbattimento degli impianti di trattamento acque. I dati così ottenuti risulteranno fondamentali per valutare la necessità di *upgrade* impiantistici o di processo e selezionare le migliori tecnologie di abbattimento, al fine di garantire la conformità degli effluenti nel rispetto di eventuali limiti di legge che il legislatore intendesse imporre.

2. Relazione

2.1 Caratteristiche delle MPs in drinking water

Nel gennaio 2019, l'Agenzia Europea per le Sostanze Chimiche (European Chemical Agency, ECHA) ha fornito una definizione precisa di microplastica relativamente all'aspetto dimensionale, stabilendo un limite massimo e minimo. Secondo l'ECHA, sono microplastiche tutte "quelle particelle/fibre contenenti polimeri solidi, alle quali possono essere aggiunti additivi o altre sostanze; le particelle hanno dimensioni comprese tra $1 \text{ nm} \leq x \leq 5 \text{ mm}$ e le fibre hanno lunghezza compresa tra $3 \text{ nm} \leq x \leq 15 \text{ mm}$, con rapporto lunghezza/diametro > 3 ". [1]

La comunità scientifica concorda sul fatto che diventi particolarmente rilevante identificare MPs piccole ($< 500 \text{ }\mu\text{m}$) e molto piccole ($< 20 \text{ }\mu\text{m}$), poiché MPs inferiori a $500 \text{ }\mu\text{m}$ risulterebbero in grado di attraversare la parete intestinale e MPs inferiori a $20 \text{ }\mu\text{m}$ hanno mostrato tendenza ad accumularsi nel fegato, nei reni e nell'intestino delle cavie utilizzate per la sperimentazione [2]

Dall'analisi dei dati in letteratura emerge in particolar modo che in acque destinate al consumo umano:

- le particelle con diametro $1\text{--}10 \text{ }\mu\text{m}$ sono solitamente le più abbondanti ($>95\%$)
- la maggior parte delle MPs rinvenute in acque grezze o trattate sono composte da PET (polietilene tereftalato), PP (polipropilene) e PE (polietilene).

Le MPs possono essere descritte alla pari dei solidi generalmente presenti nell'influenza agli impianti di potabilizzazione. In funzione delle loro caratteristiche, saranno dunque parte della frazione direttamente sedimentabile, sospesa o colloidale.

2.2 Acea Elabiori: ruolo e progressi

Per la messa a punto del metodo analitico, tra le tecniche strumentali è stata selezionata la microscopia μ -Raman, che non solo risulta essere la più idonea per l'analisi di campioni acquosi, ma permette anche di indagare nell'intero *range* dimensionale di interesse. L'innovatività dell'avanzato software di gestione delle immagini e l'analisi spettroscopica delle particelle individuate, permette la standardizzazione e automatizzazione delle operazioni analitiche, garantendo riproducibilità e affidabilità. Lo studio di un metodo di identificazione e conta delle MPs in *range* dimensionali differenti, nel campo applicativo da $10\text{--}300 \text{ }\mu\text{m}$, permette ad oggi *screening* a tre diversi livelli di caratterizzazione del campione, in base al criterio d'indagine richiesto. Ad oggi sono stati definiti alcuni degli aspetti critici legati all'analisi e al pretrattamento del campione. In particolare, risulta determinante una fase di rimozione delle particelle solide naturalmente presenti, al fine di ridurre i tempi di analisi e ottimizzare i costi. Degno di particolare nota risulta l'aspetto riguardante la necessità di trattamento della durezza dell'acqua destinata al consumo umano con agenti complessanti e/o trattamento acido. Di fondamentale importanza, ai fini della validazione del metodo analitico, sarà il raggiungimento di adeguati "*recovery rates*" e minimizzazione e opportuna quantificazione della contaminazione ambientale. Tra i risultati, è dunque prevista la valutazione delle efficienze di rimozione delle microplastiche in ciascuna unità di trattamento.

2.3 Possibili soluzioni impiantistiche per l'abbattimento delle MPs e stato dell'arte

Allo scopo di individuare le più idonee tecnologie impiantistiche per la mitigazione dell'impatto delle MP sull'effluente finale, sono state riesaminate le principali unità di trattamento negli impianti di depurazione dei reflui urbani, aventi un ruolo nell'abbattimento delle MP.

Tra le unità di trattamento che potrebbero avere un ruolo nella rimozione delle MPs ci sono quelle dedicate alla rimozione dei solidi, sia per densità che per esclusione dimensionale. Queste unità comprendono, dunque, bacini di sedimentazione (o flottazione) e sistemi di filtrazione di volume o a membrane, spesso coadiuvati dai processi di coagulazione e flocculazione.

Un possibile fenomeno altresì verificabile in impianto è la frammentazione delle particelle, che porterebbe dunque ad una diminuzione delle MPs di dimensione maggiore e all'aumento di quelle di inferiore diametro [3]. Origine di tale fenomeno è da ricondursi alla natura delle MPs, all'aggressività degli agenti ossidanti utilizzati in pre-ossidazione per una migliore gestione della sostanza organica e controllo della proliferazione algale, così come degli agenti disinfettanti, con particolare attenzione agli UV. Gli effetti di questi ultimi, e più in generale il possibile processo di frammentazione delle MPs in impianto, è tuttavia ancora da approfondire sia nei dettagli che nei suoi aspetti principali [3].

In seguito, sono elencate le unità di trattamento maggiormente utilizzate nell'ambito della potabilizzazione, al contempo ritenute utili per la rimozione delle MPs.

- U.O Coagulazione Flocculazione (CF):

- Obiettivo: destabilizzazione sospensioni colloidali (C), aggregazione dei solidi e formazione di fiocchi (F)

- Possibile effetto su MPs: le MPs di dimensioni pari a quelle dei solidi colloidali (0.001 μ m -1 μ m) potrebbero essere rimosse nelle successive fasi di separazione alla pari dei solidi colloidali organici e inorganici presenti nell'influenza. Le MPs di dimensioni maggiori, potrebbero essere inglobate nei fiocchi formati in flocculazione, soprattutto nel caso delle fibre, ed essere dunque anch'esse rimosse, almeno in parte.

- Stato dell'arte: sono stati effettuati dei test di laboratorio, sebbene spesso con MPs di dimensioni non paragonabili a quelle di solidi colloidali o in concentrazioni non paragonabili a quelle reali o con dosaggi di coagulante ben lontani da condizioni di impianto. È inoltre sottolineata l'importanza dell'utilizzo di MPs rappresentative anche in termini di *ageing* e *weathering*, viste le significative modifiche alle caratteristiche superficiali a cui le MPs sono sottoposte in ambiente, fondamentali per il funzionamento di questa unità [4]. È tuttavia confermata la rilevanza di forma, dimensione, polimero e coagulante utilizzato sulle efficienze di rimozione [5]. Rimozione che dipenderà poi dalla successiva unità per separazione solido-liquido scelta.

- U.O Sedimentazione:

- Obiettivo: rimozione dei solidi sedimentabili

- Possibile effetto su MPs: rimozione delle MPs di dimensioni maggiori, con densità superiore a quella dell'acqua e specificatamente con velocità di sedimentazione paragonabile a quella dei solidi rimossi in questa unità (funzione anche di forma e dimensione). Spesso preceduta da unità di CF.

- Stato dell'arte: gli studi di laboratorio sulla sedimentazione di MPs sono piuttosto limitati, dati maggiormente rilevanti sono ricavabili da impianti a scala reale: se preceduto da CF, sono state rilevate rimozioni del 40-65% per MPs>1 μ m, con efficienze decrescenti in funzione della dimensione [6,7]. Le fibre sono in un caso risultate essere rimosse più efficacemente di altre forme, data la maggior facilità di inglobamento nei fiocchi della CF [6].

- U.O Flottazione:
 - Obiettivo: rimozione dei solidi con densità minore o paragonabile a quella dell'acqua, così come di olii e grassi
 - Possibile effetto su MPs: rimozione delle MPs con densità minore o paragonabile a quella dell'acqua o con forma e dimensione adeguate.
 - Stato dell'arte: pochi sono gli studi effettuati sull'applicazione della flottazione per la rimozione delle MPs nel contesto delle acque potabili, tuttavia, considerando anche studi effettuati su altre matrici (i.e acque reflue) e considerando le caratteristiche delle MPs quali la densità prossima a quella dell'acqua, la loro idrofobicità e le caratteristiche morfologiche, sembrerebbe tra le U.O più promettenti per la rimozione specifica delle MPs [8]. Tuttavia, fenomeni di *weathering* e *ageing* possono modificare le caratteristiche superficiali ed inficiare l'efficienza di tale U.O. Ulteriori studi sono quindi necessari per una migliore caratterizzazione dell'efficienza di rimozione [9].
 - U.O Filtrazione di volume:
 - Obiettivo: rimozione dei solidi (sedimentabili e non), sulla base di meccanismi di esclusione dimensionale o di adesione fisica al materiale filtrante.
 - Possibile effetto sulle MPs: l'efficienza di rimozione delle diverse categorie dimensionali delle MPs dipende dalle caratteristiche del mezzo filtrante. Le caratteristiche superficiali sia del mezzo filtrante che delle MPs potrebbero influenzarne l'efficienza.
 - Stato dell'arte: da test di laboratorio, una minore efficienza si è registrata per MPs di dimensioni minori di 20 μm laddove MPs di dimensione maggiore sono state completamente rimosse [10]. Tali risultati sono confermati da osservazioni a scala di impianto, nelle quali MPs >10 μm sono state rimosse quasi del tutto e le MPs nel *range* 1-5 μm sono state comunque abbattute in maniera significativa.
 - U.O Membrane
 - Obiettivo: rimozione di particelle di varia natura e dimensione (solidi organici e inorganici, batteri, macromolecole, ioni), in funzione delle caratteristiche della membrana.
 - Possibile effetto sulle MPs: trattenimento per esclusione dimensionale, adsorbimento
 - Stato dell'arte: al momento mancano dati empirici su membrane per l'abbattimento delle MPs nel contesto delle acque potabili, tuttavia ci si aspetta che tali tecnologie siano efficaci ed effettive per la loro rimozione [5].
- Altre unità potrebbero avere effetti sulle MPs, nello specifico, gli agenti chimici o fisici utilizzati per l'ossidazione della sostanza organica e la disinfezione potrebbero portare a modifiche delle caratteristiche superficiali delle MPs, loro indebolimento e seguente frammentazione [11].

3. Conclusioni

Lo sviluppo di una affidabile, robusta e riproducibile metodologia di indagine che fornisca dati quali-quantitativi sulle MP e il riesame delle attuali migliori tecnologie di trattamento dei reflui urbani, ha comportato le seguenti considerazioni:

- La valutazione attuale delle efficienze di rimozione, su scala di laboratorio così come su scala reale, è puramente indicativa. Lo studio avviato fornirà un protocollo analitico robusto (che includa tutte le fasi necessarie all'analisi, dal campionamento al trasporto alle procedure di laboratorio al controllo qualità), in grado di dare un notevole contributo al superamento dell'attuale gap conoscitivo.
- Lo studio avviato permetterà una comprensione approfondita dei processi di rimozione delle MPs e della loro rappresentatività (in termini di forma, dimensione, polimero, *ageing* e *weathering*), per garantire significatività dei risultati e permettere un effettivo avanzamento delle conoscenze.

- La necessità di implementazione di ulteriori strategie per la rimozione delle MPs sarà da valutare caso per caso in funzione di eventuali limiti imposti dalle autorità preposte in funzione della valutazione di rischio per l'ambiente e per la salute umana. Affinchè ciò sia possibile è necessario conoscere il fenomeno (di cui al punto uno).

- Gli attuali impianti di trattamento acque potrebbero, in funzione del *layout* impiantistico, già essere in grado di rimuovere le MPs in maniera più o meno efficace. L'impiego di membrane, a microfiltrazione e ancor di più, a livelli di ultrafiltrazione, dovrebbero permettere la ritenzione della maggior parte delle MPs della dimensione di interesse (1-20µm), prima dello scarico dell'effluente nel corpo recettore. Da valutare opportunamente l'accumulo delle MP nei grigliati, nei fanghi primari e in quelli biologici, in particolare in questi ultimi, per le evidenti ricadute nel loro riutilizzo in agricoltura. Da approfondire altresì le potenzialità della flottazione per la rimozione specifica di MPs.

L'impegno di Acea Elabiori è di fornire in un prossimo futuro dati robusti per valutare, comprendere e affrontare la problematica nei suoi vari aspetti nodali: standardizzazione del protocollo analitico, valutazione su scala reale delle percentuali di rimozione negli impianti per ogni unità di trattamento, individuazione delle potenzialità degli impianti attuali per la rimozione delle MPs nelle frazioni di maggior interesse, valutazione di eventuali *upgrade* impiantistici o di processo. Fornitura di un servizio di controllo della qualità delle acque, con differenti gradi di dettaglio, per rispondere alle diverse esigenze degli enti di controllo rispetto al fenomeno di inquinamento da MPs.

Bibliografia

- [1] L. Martellone, L. Lucentini, D. Mattei, and E. Al., "Strategie di campionamento di microplastiche negli ambienti acquatici e metodi di pretrattamento," *Rapp. Istisan*, 2021.
- [2] I. V. Kirstein *et al.*, "Drinking plastics? – Quantification and qualification of microplastics in drinking water distribution systems by µFTIR and Py-GCMS," *Water Res.*, vol. 188, p. 116519, 2021, doi: 10.1016/j.watres.2020.116519.
- [3] M. Enfrin, L. F. Dumée, and J. Lee, "Nano/microplastics in water and wastewater treatment processes – Origin, impact and potential solutions," *Water Res.*, vol. 161, pp. 621–638, 2019, doi: 10.1016/j.watres.2019.06.049.
- [4] M. Lapointe, J. M. Farner, L. M. Hernandez, and N. Tufenkji, "Understanding and Improving Microplastic Removal during Water Treatment: Impact of Coagulation and Flocculation," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 54, no. 14, pp. 8719–8727, 2020, doi: 10.1021/acs.est.0c00712.
- [5] Y. Li *et al.*, "Occurrence, removal and potential threats associated with microplastics in drinking water sources," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 8, no. 6, p. 104527, 2020, doi: 10.1016/j.jece.2020.104527.
- [6] Z. Wang, T. Lin, and W. Chen, "Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP)," *Sci. Total Environ.*, vol. 700, p. 134520, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134520.
- [7] M. Pivokonsky, L. Pivokonská, K. Novotná, L. Čermáková, and M. Klimtová, "Occurrence and fate of microplastics at two different drinking water treatment plants within a river catchment," *Sci. Total Environ.*, vol. 741, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140236.
- [8] M. Pivokonsky, L. Cermakova, K. Novotna, P. Peer, T. Cajthaml, and V. Janda, "Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water," *Sci. Total Environ.*, vol. 643, pp. 1644–1651, 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.102.
- [9] Y. Zhang, H. Jiang, K. Bian, H. Wang, and C. Wang, "A critical review of control and removal strategies for microplastics from aquatic environments," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 9, no. 4, p. 105463, 2021, doi: 10.1016/j.jece.2021.105463.
- [10] S. H. Na *et al.*, "Microplastic removal in conventional drinking water treatment processes: Per-

formance, mechanism, and potential risk,” *Water Res.*, vol. 202, p. 117417, 2021, doi: 10.1016/j.watres.2021.117417.

[11] Y. L. Cheng, J. G. Kim, H. Bin Kim, J. H. Choi, Y. Fai Tsang, and K. Baek, “Occurrence and removal of microplastics in wastewater treatment plants and drinking water purification facilities: A review,” *Chem. Eng. J.*, vol. 410, no. January, p. 128381, 2021, doi: 10.1016/j.cej.2020.128381.

SYSTEMIC WATER CYCLE MANAGEMENT AND VALORIZATION

INNOVAZIONI SISTEMICHE WATER-SMART PER ACCELERARE LA TRANSIZIONE DIGITALE ED ECOLOGICA NELLE CITTÀ E NELLE REGIONI

Un'economia e una società *water-smart* sono orientate a evitare la scarsità d'acqua e l'inquinamento, aumentare la resilienza ai cambiamenti climatici e gestire i rischi legati all'acqua. Questo concetto include l'integrazione delle acque piovane, delle acque sotterranee, la gestione delle acque reflue e l'approvvigionamento idrico per far fronte alle sfide sociali legate al cambiamento climatico, all'efficienza delle risorse e alla transizione energetica, al fine di ridurre al minimo il degrado dell'ecosistema e migliorare l'attrattiva ricreativa nelle aree urbane. Sostenere la competitività dell'UE, i lavori verdi e la riduzione delle emissioni richiedono investimenti in processi circolari e efficienza idrica, attraverso la digitalizzazione, al fine di ridurre l'inquinamento diffuso, l'eccessiva estrazione di acqua e l'uso di sostanze chimiche.

La sessione presenta casi studio di approvvigionamento idrico e tecnologie promettenti per il riutilizzo dell'acqua, quali la dissalazione.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, Università degli Studi di Brescia, Istituto di Ricerca sulle Acque, Utilitalia, Università Politecnica delle Marche**

Presidenti di sessione:

- Giorgio Bertanza, *Università di Brescia*
- Camilla Braguglia, *Water Research Institute*
- Tania Tellini, *Utilitalia*

Impiego di tecnologie di raffrescamento per dissalazione a umidificazione-deumidificazione

*Andrea Rocchetti andrea.rocchetti@unifi.it, Luca Socci
Gruppo di Ricerca di Termodinamica e Scambio Termico, Università di Firenze, Firenze*

Riassunto

In questo lavoro si presenta l'analisi di un sistema di dissalazione a umidificazione-deumidificazione (HDH) abbinato ad un ciclo di Maisotsenko per il raffrescamento evaporativo indiretto e ad un ciclo frigorifero a compressione. Il raffrescatore evaporativo indiretto è qui sfruttato per le sue spiccate capacità di evaporatore d'acqua, costituendo quindi l'umidificatore di un classico sistema HDH. Gli scambiatori del ciclo frigorifero migliorano le prestazioni globali dello schema: quello caldo preriscalda l'aria in ingresso all'impianto, favorendo il processo di evaporazione dell'acqua salata, quello freddo fornisce la potenza frigorifera necessaria alla condensazione di acqua pura. Le simulazioni, condotte tramite apposito codice numerico sulla base dei dati climatici di alcune città costiere italiane, forniscono interessanti risultati, che portano a considerare questa tecnologia come estremamente competitiva nell'ambito della dissalazione HDH.

Summary

In this work, the analysis of a humidification-dehumidification system (HDH), combined with a Maisotsenko cycle for indirect evaporative cooling and a compression refrigeration cycle, is presented. The indirect evaporative cooler is here exploited for its excellent water evaporation capabilities, constituting the humidifier of a classic HDH system. The exchangers of the refrigeration cycle improve the global performance of the scheme: the hot coil pre-heats the air entering the plant, enhancing the saltwater evaporation process, while the cold coil provides the cooling power to condense the pure water. The simulations, conducted through a dedicated numerical code based on climate data of different Italian coastal cities, show promising results, that lead to consider this technology as very competitive among HDH systems.

1. Introduzione

Come ormai ben noto, circa il 97% dell'acqua presente sulla Terra è acqua salata contenuta in oceani e mari, e dunque non adatta al consumo umano [1]. Il 20% della popolazione mondiale fronteggia una gravissima carenza d'acqua, ed un ulteriore 25% non dispone delle tecnologie in grado di potabilizzare l'acqua disponibile [2]. Il problema della scarsità d'acqua non è troppo distante dal contesto europeo ed italiano in particolare: l'Unione Europea considera l'Italia come un paese in stato di "stress idrico" [3], ovvero nella condizione per cui ogni anno viene sfruttato almeno il 20% delle risorse idriche a lungo termine. Ottenere acqua dalle cosiddette "fonti non convenzionali" è diventato dunque un imperativo non più procrastinabile, anche per il nostro Paese dove solo apparentemente non si hanno problemi di approvvigionamento (e questo è tanto più vero per le città costiere e le località isolate). In questo senso, la dissalazione di acqua salata è una valida e ormai consolidata soluzione.

Attualmente, sono presenti oltre 15 000 impianti di dissalazione in più di 120 paesi in tutto il mondo [1]. Considerando un prelievo globale di acqua pari a 10^{10} m³/d (circa 10^8 m³/d in Italia) ed una produzione di acqua dissalata di circa 10^8 m³/d ($2.7 \cdot 10^9$ m³/d in Italia), la dissalazione copre poco meno dell'1% del fabbisogno mondiale [4,5]. Tra le varie tecnologie alternative, la dissalazione ad umidificazione-deumidificazione (HDH) sta riscontrando sempre maggiore interesse, sia nell'ambito della ricerca scientifica che industriale. In questo tipo di dissalazione, un quantitativo di acqua salata viene evaporato in una corrente d'aria, per poi essere in parte condensato tramite una sorgente fredda. L'acqua condensata è di fatto acqua pura. Generalmente i sistemi HDH non hanno bisogno di una particolare manutenzione, non hanno limitazioni imposte dalla qualità dell'acqua come l'alta salinità, possono sfruttare calore a bassa entalpia (scarti industriali, energia solare) e sono adatti ad applicazioni di piccola scala [6]. Nella letteratura tecnico-scientifica è possibile rintracciare numerosi studi volti all'ottimizzazione degli schemi HDH, sia minimizzando i consumi energetici sia favorendo il processo di evaporazione dell'acqua in aria. Tema centrale del lavoro è mostrare come, per raggiungere questi due obiettivi, sia conveniente abbinare la dissalazione HDH a tecnologie derivanti dai settori del raffrescamento e della refrigerazione. In particolare, l'impiego di raffrescatori evaporativi e di cicli a compressione è già stato valutato in letteratura [7-11] ma non viene preso in considerazione un loro utilizzo simultaneo.

2. Relazione

In questa trattazione viene descritta ed analizzata un'innovativa tecnologia di dissalazione basata sullo schema del tipo umidificazione-deumidificazione (HDH). In particolare, viene adottata la combinazione della dissalazione HDH con due affermate tecnologie di raffrescamento: il raffrescamento evaporativo indiretto (*Indirect Evaporative Cooling*, IEC) e la refrigerazione a compressione di vapore (*Vapour Compression Refrigeration*, VCR). Dopo aver illustrato le tecnologie di riferimento, verranno presentati lo schema simulato e il modello matematico (risolto per via numerica col software *Matlab*) che ne regola il funzionamento, esponendo i principali indici di performance, per poi passare alla discussione della sua applicabilità in alcune città costiere italiane.

2.1 Tecnologie di riferimento per lo schema proposto

Nella sua forma più semplice, uno schema HDH prevede la presenza di un umidificatore e di un deumidificatore. Nell'umidificatore, una portata d'aria entra in contatto con una portata d'acqua salata. Lo scambio di massa ed energia conduce alla vaporizzazione dell'acqua in aria, incrementandone l'umidità. Nel fenomeno di evaporazione non sono coinvolti i sali disciolti nell'acqua, quindi in aria evapora solo acqua pura. Al deumidificatore, l'aria umidificata viene raffreddata da un fluido a temperatura minore (spesso l'acqua di mare stessa). Durante il raffreddamento, purché la temperatura della superficie di scambio termico sia inferiore al punto di rugiada dell'aria, si verifica anche la condensazione di parte del vapore acqueo, permettendo un recupero dell'acqua precedentemente evaporata. È immediato notare come un processo HDH si ispiri direttamente al ciclo naturale dell'acqua, con le fasi di evaporazione dai corpi idrici e successivi raffreddamento-condensazione in atmosfera, e dunque esso può essere visto come una soluzione *biomimetica*, ovvero una tecnologia che trae spunto e specificità da processi presenti in natura per ottenere determinati effetti utili.

Il raffrescamento evaporativo indiretto è effettuato con appositi scambiatori di massa ed energia. In particolare, in questo lavoro, si considera un dispositivo a *Ciclo di Maisotsenko* (Fig. 1). In un tale raffrescatore evaporativo indiretto sono presenti ed alternati canali asciutti e canali bagnati da acqua (nel caso in questione, acqua di mare). Una portata d'aria (aria primaria) attraversa i canali asciutti dove subisce un raffreddamento a umidità specifica costante; all'u-

scita una quota di portata viene prelevata e inviata ai canali bagnati (aria secondaria), dove si verifica l'evaporazione di acqua dalla superficie dei canali bagnati. L'acqua, evaporando, fa sì che l'aria secondaria possa a sua volta sottrarre calore, attraverso una superficie di scambio, all'aria primaria dei canali asciutti. Si ha quindi, tra i due canali, un mutuo effetto di scambio termico che raffredda la corrente primaria e permette alla corrente secondaria un'umidificazione incentivata a temperatura crescente nella direzione del flusso di tale corrente. Nelle applicazioni tradizionali di raffrescamento, l'aria primaria costituisce l'effetto utile da inviare agli ambienti da climatizzare, mentre l'aria secondaria viene espulsa dal sistema. Nell'ottica di questo lavoro, l'aria secondaria assume invece un ruolo centrale divenendo il trattamento di umidificazione richiesto per un dissalatore HDH.

Nello schema studiato è inoltre impiegato un classico ciclo frigorifero a compressione (evaporazione-compressione-condensazione-laminazione di un fluido refrigerante). Il suo funzionamento viene simulato, nel codice sviluppato, considerando curve numeriche che tengano in conto il suo comportamento al variare delle condizioni operative. Infatti, potenza frigorifera disponibile ed efficienza (*Efficiency Energy Ratio*, EER) non sono costanti ma dipendenti dalle condizioni dell'aria in ingresso all'evaporatore e al condensatore.

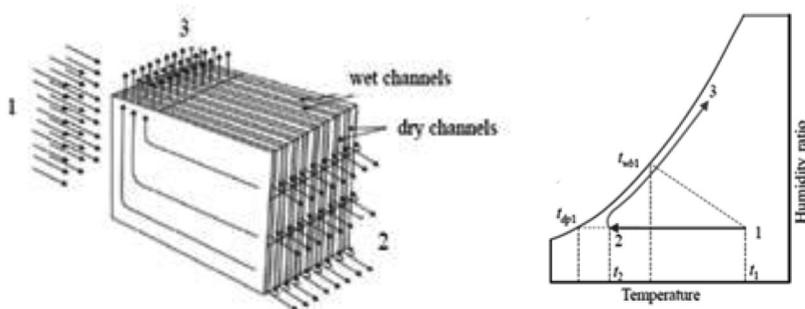


Fig. 1. – Ciclo di Maisotsenko: schema dello scambiatore IEC (a sinistra) e rappresentazione delle trasformazioni su diagramma psicrometrico (a destra) dell'aria umida.

2.2 Schema impiantistico simulato

Lo schema impiantistico analizzato è riportato Fig. 2 , e le trasformazioni subite dai flussi d'aria sono riportate sul diagramma psicrometrico di Fig. 3. L'impianto è dunque formato da un raffrescatore evaporativo indiretto (IEC), da uno scambiatore aria-aria (HE) e dal ciclo a compressione (VCR). L'aria esterna (punto 1), prima di entrare allo scambiatore IEC, viene riscaldata dal condensatore del VCR (1-2). Nei canali asciutti dell'IEC l'aria subisce un raffreddamento ad umidità specifica costante (2-3). All'uscita, una quota parte della portata viene riversata nei canali bagnati, dove viene umidificata dall'evaporazione dell'acqua salata e contemporaneamente sottrae calore all'aria primaria (3-4). Nel caso in cui l'aria primaria sia effettivamente più fredda della secondaria (il che si verifica nella maggior parte delle situazioni simulate), viene attivato lo scambiatore aria-aria, con un riscaldamento del flusso primario (3-5) ed un preraffreddamento e predeumidificazione (4-6) del flusso secondario. La portata secondaria giunge dunque all'evaporatore del VCR, dove tramite raffreddamento e deumidificazione (6-7) si verifica il recupero addizionale di acqua pura. Per comprendere adeguatamente la filosofia della tecnologia presentata, è quindi cruciale riassumere le funzionalità dello scambiatore evaporativo nell'ottica della dissalazione:

- L'aria secondaria è il gas vettore dell'acqua evaporata, e quindi i canali bagnati possono essere visti come l'umidificatore dello schema HDH;

- L'aria primaria è una fonte di potenza frigorifera utile per preraffreddare e predeumidificare l'aria secondaria allo scambiatore aria-aria.

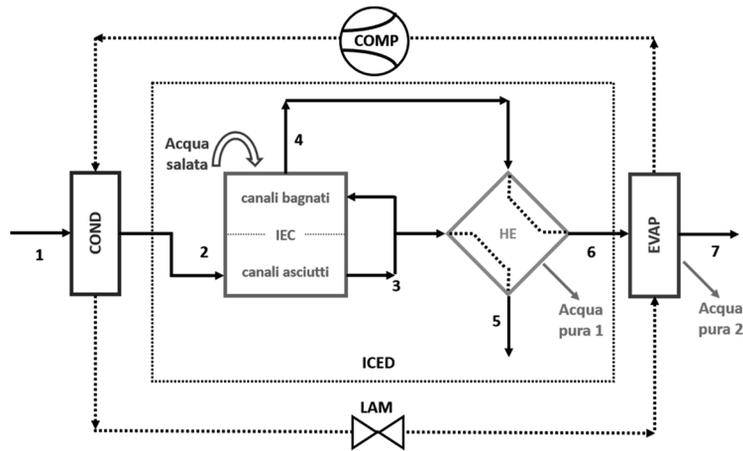


Fig. 2. – Rappresentazione dell'impianto simulato.

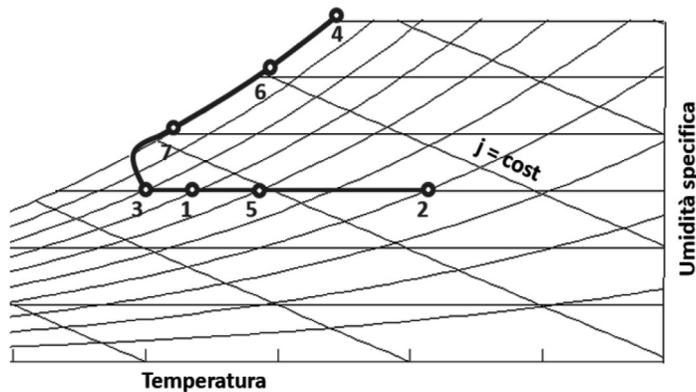


Fig. 3. – Rappresentazione delle trasformazioni dei flussi d'aria su diagramma psicrometrico dell'aria umida.

L'impiego dello scambiatore evaporativo come umidificatore, vista la sua alta efficienza di evaporazione dell'acqua nei canali bagnati, costituisce un passo avanti rispetto alla sua visione unicamente come fonte di potenza frigorifera per la climatizzazione. Poiché il dispositivo IEC, abbinato allo scambiatore aria-aria HE, agisce quindi sia da umidificatore che da predeumidificatore, si può fare riferimento all'insieme IEC-HE come sistema *Indirect Cooling Evaporative Desalination (ICED)*. È importante notare anche la duplice funzione del ciclo frigorifero a compressione. Di esso non si sfrutta solo l'evaporatore per fornire la potenza frigorifera necessaria all'ulteriore condensazione del vapore acqueo (facendolo agire a tutti gli effetti come il deumidificatore della tecnologia HDH): l'utilizzo della potenza termica al condensatore per preriscaldare l'aria in ingresso al dispositivo IEC consente di ridurre l'umidità relativa, migliorando il tasso di evaporazione dell'acqua salata in aria.

2.3 Modello matematico

Tutti i componenti dell'impianto sono modellati in accordo alle leggi di conservazione della massa e dell'energia. È importante sottolineare come sia possibile trascurare l'influenza della concentrazione di sali dell'acqua di mare nella valutazione dei parametri fisici e termodinamici del fenomeno di evaporazione all'interno dei canali bagnati del raffrescatore evaporativo: è dunque possibile considerare l'acqua salata come acqua pura. Per quanto riguarda la modellazione dei singoli componenti occorre tener presente che:

- Al raffrescatore evaporativo indiretto vengono associate due funzioni numeriche, estrapolate da valutazioni sperimentali, che assegnano temperatura dell'aria primaria (punto 3) e dell'aria secondaria (4) al variare di temperatura e umidità specifica dell'aria in ingresso (2); l'aria primaria ha inoltre umidità specifica pari a quella dell'aria entrante (raffreddamento sensibile nei canali asciutti), mentre l'aria secondaria esce dallo scambiatore in condizioni di saturazione (umidità relativa al 100%);

- lo scambiatore aria-aria è caratterizzato da un'efficienza di scambio termico definita secondo il *modello di Kays e London*;

- il ciclo frigorifero segue il comportamento dettato dal modello termodinamico proposto dal codice di simulazione termodinamica *Energy Plus* [12]; tramite questo modello, al variare della temperatura di bulbo umido in ingresso all'evaporatore (punto 6 di Fig. 2 e Fig. 3) e della temperatura di bulbo secco al condensatore (1), vengono calcolati con funzioni biquadratiche i fattori correttivi della potenza frigorifera ed EER nominali.

I parametri che esprimono le prestazioni dell'impianto sono i seguenti:

- *Gained Output Ratio* (GOR, adimensionale), ovvero il rapporto tra il calore latente di vaporizzazione dell'acqua condensata e l'input energetico richiesto;

- *Specific Energy Consumption* (SEC, espresso in kWh/m³), ovvero il rapporto tra l'energia spesa per ottenere una unità volumetrica di acqua pura (può essere visto come l'inverso dimensionale del GOR);

- *Recovered Water to Air Factor* (RWA, espresso come L/h/(m³/h)), ovvero il rapporto tra acqua ottenuta e aria circolante nell'impianto.

GOR e SEC possono essere espressi anche in forma "netta" (GOR_n e SEC_n), ovvero non considerando la quota energetica spesa per la movimentazione dei fluidi (riconducibile alla spesa del ventilatore e della pompa dello scambiatore IEC). In letteratura, GOR e SEC vengono sempre espressi (impropriamente) non tenendo in considerazione questa spesa energetica.

2.4 Fattibilità in differenti località

Poiché in ingresso all'impianto si ha aria esterna, è importante studiare il comportamento dell'impianto al variare delle condizioni meteo-climatiche. Per questo motivo, le prestazioni della tecnologia proposta sono state analizzate in differenti località costiere italiane. Sono stati impiegati i dati climatici orari di anni tipo da archivi normativi e di letteratura. Le simulazioni prevedono che l'impianto si attivi quando l'entalpia esterna è maggiore di 10.0 kJ/kg. L'efficienza dello scambiatore aria-aria è pari a 0.8 e l'EER nominale del ciclo frigo è pari a 3.0. Nella seguente tabella, per ogni località vengono riportate: temperatura e umidità media, GOR e SEC totali e netti, RWA.

Località	T _m	UR _m	GOR	GOR _n	SEC	SEC _n	RWA
	°C	%	/	/	kWh/m ³	kWh/m ³	L/h/(m ³ /h)*10 ³
Ancona	15.92	63.78	2.62	3.82	265.46	181.71	2.98
Bari	17.50	65.81	2.70	3.90	257.35	178.31	3.16
Cagliari	16.54	75.33	2.66	3.87	260.63	179.44	3.08
Napoli	16.17	73.65	2.91	4.47	238.53	155.42	3.01
Palermo	18.98	63.67	3.06	4.61	227.09	150.85	3.28
Reggio Calabria	18.57	67.46	2.76	3.97	251.16	174.90	3.28
Trieste	15.75	64.07	2.64	3.85	263.44	180.51	3.01
Venezia	13.67	80.46	2.57	3.79	269.73	183.34	2.89

Tab. 1. – Prestazioni dell'impianto in diverse città costiere italiane.

Dalla tabella emerge come i risultati siano piuttosto omogenei su tutto il territorio nazionale, anche se due località presentano indici di prestazione migliori:

- A Palermo, dove la temperatura media è piuttosto elevata, il processo di evaporazione nei canali bagnati è favorito, il che consente di evaporare più acqua salata e di averne a disposizione in maggiore quantità per la condensazione successiva;
- A Napoli, dove per molte ore dell'anno si registrano temperature in ingresso al condensatore del ciclo frigo e temperature di bulbo umido all'evaporatore piuttosto vicine (data l'alta umidità), in accordo al modello matematico, si riesce a fornire potenza frigorifera per la deumidificazione con una spesa energetica contenuta (l'EER risulta alto), e quindi i parametri di performance energetica sono buoni.

3. Conclusioni

In questo lavoro è stato presentato un innovativo schema di dissalazione. Lo schema fa riferimento alla modalità di dissalazione ad umidificazione-deumidificazione e prevede l'impiego di tecnologie derivanti dal settore del raffrescamento. Sono stati inseriti nello schema un raffrescatore evaporativo indiretto ed un ciclo frigorifero a compressione. In particolare, si guarda allo scambiatore evaporativo in un'ottica innovativa, sfruttandone le spiccate capacità di evaporazione di acqua e utilizzandolo dunque come umidificatore dell'aria di processo. Il modello matematico di questa tecnologia, basato su bilanci di massa ed energia nonché su funzioni che adattano il comportamento nominale dei dispositivi alle differenti condizioni di funzionamento, è stato risolto tramite un codice numerico. Il comportamento dell'impianto è stato poi simulato per diverse località italiane. Le simulazioni, condotte su base oraria con orizzonte di analisi annuale, hanno mostrato come la tecnologia presenti prestazioni piuttosto simili su tutto il territorio nazionale, con risultati particolarmente positivi in alcuni casi (ad esempio Palermo). L'impiego del ciclo a compressione tende a livellare i risultati rispetto alla variabilità delle situazioni meteo-climatiche delle diverse località, rendendo applicabile questa tecnologia sul territorio italiano. Un ulteriore aspetto importante da sottolineare è la grande versatilità presentata dagli scambiatori evaporativi in analisi rispetto alla salinità dell'acqua da dissalare. Infatti essi sono in grado di evaporare, nei loro canali bagnati, acqua a salinità anche ben più alta della normale acqua di mare (concentrazione salina media di 35 g/L). Questa particolarità apre la strada verso un'interessante prospettiva di utilizzo dei sistemi HDH, ovvero la dissalazione *Zero Liquid Discharge*. I benefici di sostenibilità ambientale, attraverso la riduzione di fluidi di scarto e conseguente minimizzazione degli impatti, sono evidenti. In

quest'ottica la tecnologia HDH, che se dal punto di vista economico non è ancora troppo conveniente rispetto a opzioni tradizionali come le membrane osmotiche, potrebbe rivelarsi la chiave risolutiva per una ricollocazione ambientalmente compatibile di tutta la filiera della dissalazione dell'acqua di mare.

Bibliografia

- [1] N. Voutchkov, *Desalination Engineering*, McGraw Hill, 2013.
- [2] M. A. Abdelkareem et al., «Recent progress in the use of renewable energy sources to power water desalination plants,» *Desalination*, 2018.
- [3] IMPEL, «European countries facing water stress due to increasing scarcity, WRI data show,» 2019. [Online]. Available: <https://www.impel.eu/european-countries-facing-water-stress-due-to-increasing-scarcity-wri-data-show/>.
- [4] FAO United Nations, «FAO's Global Information System on Water and Agriculture,» [Online]. Available: <http://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use>.
- [5] J. Eke et al., «The global status of desalination: An assessment of current desalination,» *Desalination*, 2020.
- [6] J. Lienhard, «Humidification Dehumidification Desalination,» in *Desalination - Water from Water*, Wiley, 2014.
- [7] Q. Chen et al., «Simultaneous production of cooling and freshwater by an integrated indirect evaporative cooling and humidification-dehumidification desalination cycle,» *Energy Conversion and Management*, 2020.
- [8] M. Faegh et al., «A review on recent advances in humidification-dehumidification (HDH) desalination systems integrated with refrigeration, power and desalination technologies,» *Energy Conversion and Management*, 2019.
- [9] D. Lawal et al., «Humidification-dehumidification desalination system operated by a heat pump,» *Energy Conversion and Management*, 2018.
- [10] D. Pandelidis et al., «Water desalination through the dewpoint evaporative system,» *Energy Conversion and Management*, 2020.
- [11] R. Tariq et al., «An innovative air saturator for humidification-dehumidification desalination application,» *Applied Energy*, 2018.
- [12] Energy Plus, «Engineering Reference,» [Online].

Interventi di manutenzione straordinaria sulle dighe del Gorzente ed effetti sulle capacità di approvvigionamento idrico

Buraschi Luca, Gualco Daniele, Scolari Matteo matteo.scolari@rina.org
RINA Consulting, Via Gran San Bernardo, Strada 7, Palazzo R, Rozzano (MI)

Riassunto

L'approvvigionamento idrico, sia esso a scopo energetico, irriguo o idropotabile, è una tematica sempre più centrale in relazione ai cambiamenti climatici in atto e alla richiesta sempre più alta di energia da fonti rinnovabili.

Il patrimonio italiano consta di più di 500 grandi dighe (caratterizzate da un'altezza maggiore di 15m e un volume di invaso superiore a 1.000.000 m³) realizzate per la maggior parte prima degli anni '60. Per questo motivo gli interventi su dighe esistenti rappresentano un tema importante per gli ingegneri civili in questo paese e probabilmente, in prospettiva, acquisiranno anche più importanza della realizzazione di nuove opere.

Nel presente lavoro verrà analizzato un caso studio specifico, caratterizzato da un sistema di approvvigionamento idropotabile costituito da diversi invasi sbarrati da dighe e collegati tra loro mediante un sistema di condotte. Le dighe oggetto di studio, originarie degli inizi del 1900, hanno avuto necessità di interventi di miglioramento, più o meno impattanti, nel corso degli anni. Tali interventi, necessari per conferire alle dighe un livello di sicurezza compatibile con le normative più recenti, hanno comportato una ripercussione anche sui livelli di regolazione degli invasi andando in alcuni casi a produrre un innalzamento rispetto al livello originario e in altri casi un abbassamento.

Il presente articolo analizza il caso studio a 360 gradi, descrivendo gli interventi realizzati dal punto di vista ingegneristico ed evidenziando gli effetti che tali interventi hanno prodotto sulle portate derivate dagli invasi.

Summary

Water supply, whether for energy, irrigation or drinking water purposes, is an increasingly central issue in relation to climate change and to the increasing of demand for energy from renewable sources.

In Italy the most of the 500 large dams (characterized by a height greater than 15m and a reservoir volume greater than 1,000,000 m³) were built before the 1960s. For this reason, interventions on existing dams represent an important issue for civil engineers in this country and probably, in the future, they will acquire even more importance than the construction of new works.

In the present work a specific case study will be analyzed, characterized by a drinking water supply system consisting of several reservoirs barred by dams and connected to each other by means of a pipeline system. The dams under study, originally from the early 1900s, structural improvements over the years.

This article analyzes the case study at 360 degrees, describing the interventions carried out from the engineering point of view and highlighting the effects that these interventions have produced on the flows derived from the reservoirs.

1. Introduzione

Sin dai primi anni seguenti l'unità d'Italia, Genova ed i comuni limitrofi sono stati soggetti a un crescente sviluppo demografico, imponendo così alle amministrazioni locali la revisione dell'approvvigionamento idrico di tutto il territorio. Fino a quel momento le risorse idriche contavano esclusivamente sugli apporti della vecchia rete comunale (il primo tratto risalente al XIII secolo), e sull'acquedotto Nicolay, realizzato pochi anni addietro e già insufficiente a soddisfare i bisogni della popolazione e dello sviluppo industriale in atto nella Val Polcevera. Nei primi anni del 1800 il corso d'acqua fonte di energia era già saturo di utenze, anche per il regime torrentizio non in grado di assicurare una portata costante per tutto il periodo dell'anno. Capitava così che, nei periodi estivi, fosse impedito il normale svolgimento dei cicli produttivi e le fabbriche potessero rimanere chiuse anche per diversi giorni. La continua e crescente domanda di fonti energetiche, legata all'espansione degli impianti produttivi, fu rivoluzionata dalla costruzione degli invasi del nuovo acquedotto De Ferrari Galliera nel bacino del torrente Gorzente.

Una prima ipotesi di edificazione di un nuovo invaso in località **Lavezze** venne avanza dall'ingegner Nicolò Bruno fin dal 1860. I lavori relativi al primo invaso di Lavezze partirono nel 1880 e terminarono nel 1883. A questo va aggiunta l'integrazione al progetto, emanato dal Ministero, per un serbatoio di compensazione sul rio **Lavagnina** atto a mantenere costanti la portate di presa nel territorio immediatamente a valle dei bacini.

Nel 1885 si aggiunse la commessa, da parte della società De Ferrari Galliera, per la costruzione di un nuovo sbarramento in località **Lagolungo**, tale da poter estendere la rete di distribuzione ed incrementare la capacità di invaso. I lavori di costruzione terminarono nel 1891, anno in cui le condotte adduttrici raggiunsero circa 38 km con una rete di distribuzione di circa 78 km di tubazioni. La capacità complessiva dei due invasi, che servivano le utenze di Genova era di circa 6,5 Mm³, con una presa di acqua di 600 l/sec.

Anche durante la Prima guerra mondiale la popolazione era in continuo aumento (a Genova si registrò un incremento degli abitanti: da 473.333 nel 1911 diventarono 553.999 nel 1921 con 80.000 utenze in più). Per questi motivi negli stessi anni iniziò la costruzione del quarto invaso, sul rio **Badana** (la sua costruzione si protrasse dal 1906 fino al 1914), e una prima elevazione della diga di Lavezze. Queste attività portarono la capacità globale d'invaso a 11.5 Mm³. Nel 1926 si sviluppò una seconda elevazione del Lavezze e la capacità d'invaso crebbe fino a 12.4 Mm³, con una derivazione d'acqua di 956 l/sec [1].

In Fig. 1 si rappresenta schematicamente l'intero bacino del torrente Gorzente con evidenziati gli invasi citati.



Fig. 1 – Bacino del torrente Gorzente

Il presente articolo si focalizza sulle attività di progettazione sviluppate da RINA negli ultimi anni, relative agli interventi di manutenzione straordinaria sulle dighe di Badana e Lagolungo. Infatti, i dissesti strutturali avvenuti nel 2006 sulla diga di Badana, in seguito descritti, e la necessità di adeguare il comportamento statico e sismico delle dighe alle normative più recenti hanno reso necessari gli interventi di miglioramento sugli sbarramenti che verranno nel seguito presentati.

2. Descrizione dighe esistenti

La diga di **Badana** è caratterizzata da una struttura a gravità di altezza massima 56.25 m. Il coronamento, posto a quota 717.25 m s.l.m., ha una larghezza di circa 4.5 m ed è delimitato da due muri-parapetto di altezza 1.2 m. Lo sviluppo al coronamento è di 216 m, con andamento curvilineo a raggio di curvatura di circa 200 m. La struttura della diga di Badana è in muratura, costituita da blocchi di pietrame legati con malta di calce idraulica, sabbia e pozzolana. Non esistono cunicoli al suo interno. La diga non è provvista di cortina di impermeabilizzazione a monte, di un sistema di drenaggio per il controllo delle sottopressioni nel masso murario, né di dreni in fondazione.

La diga di **Lagolungo** è caratterizzata da una struttura a gravità di altezza massima 47 m. Il coronamento attuale è a quota 686.32 m s.l.m. ed è largo 2.5 m. Lo sviluppo del coronamento, curvilineo, è di 220m. La struttura della diga è in muratura, costituita da blocchi di pietrame legati con malta di calce idraulica, sabbia e pozzolana. Il paramento di monte, originariamente rivestito con intonaco di cemento, è stato poi rifatto in gunite retinata. Il paramento di valle è in pietrame faccia a vista con giunti stilati con malta di cemento. La struttura muraria è sprovvista di giunti di contrazione e di sistema drenante, oltre che di uno schermo di impermeabilizzazione.

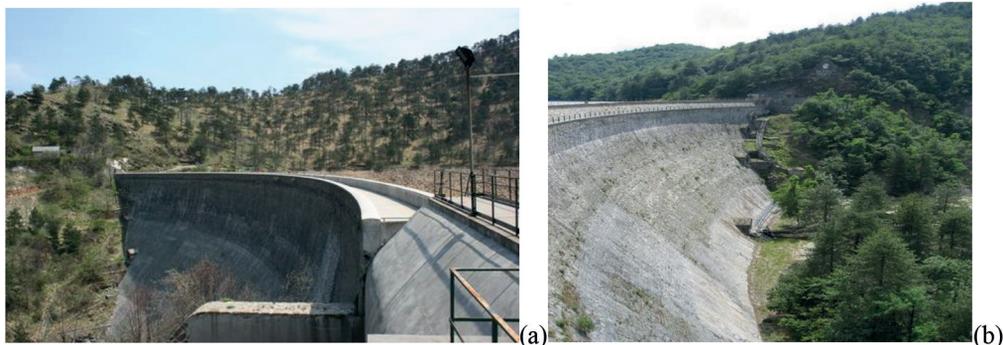


Fig. 2 – Immagini dighe esistenti: (a) Badana e (b) Lagolungo

3. Lesioni strutturali del 2006 sulla diga di Badana

Nel periodo precedente al dissesto occorso sulla diga di Badana nel febbraio 2006 il livello dell'invaso ha raggiunto quota 716 m s.l.m., intorno al 20 dicembre 2005, e si è mantenuto circa costante nei 2 mesi successivi. Negli ultimi giorni della settimana 13-19 febbraio 2006 si sono registrati 160 mm di pioggia di cui 120 mm in un solo evento di circa 2 ore.

L'invaso ha subito un aumento di livello a partire dal giorno 19 febbraio, che ha portato all'attivazione dello sfioratore, alla quota 716.9 m s.l.m., un livello di soli 0.35 m al di sotto della quota del coronamento 717.25 m s.l.m.

Nella giornata del 21 febbraio 2006, l'ispezione mattutina, condotta prima delle ore 10, non ha evidenziato perdite significative o comunque tali da suggerire l'esistenza di un imminente o potenziale pericolo.

Forti perdite sono state individuate invece in una seconda ispezione, condotta nel pomeriggio della stessa giornata, dopo che il personale incaricato aveva notato un sensibile abbassamento del livello del lago. Tra le 10 e le 12 quindi, si sono improvvisamente manifestate 3 importanti perdite a valle della diga, così localizzate:

- in sponda destra alla quota dell'alveo, nella zona di contatto tra piede diga e fondazione;
- in sponda sinistra alla quota 682, anch'essa nella zona di contatto tra piede diga e fondazione;
- in sponda sinistra alla quota 675, in corrispondenza di un affioramento roccioso posto una decina di m a valle del piede diga. A questa situazione è associata anche una perdita secondaria a quota 677 sul paramento della diga, ad una quota leggermente superiore a quella del piede.

La portata globale di tali perdite è stata stimata in 3 m³/s.

La Direzione dell'esercizio ha deciso immediatamente (alle ore 20 circa dello stesso giorno), a scopo precauzionale, di svuotare l'invaso aprendo gli scarichi di fondo.

Le ispezioni condotte nelle settimane successive all'evento hanno evidenziato sul paramento di valle, nella porzione centrale poco sopra la metà altezza, la presenza di alcune fessure orizzontali, circa parallele tra di loro. Sul paramento di monte è stata riscontrata una fenditura sub-orizzontale continua, alla quota 689-690 circa, che risale in sponda destra fino alla 692. Sempre sul paramento di monte sono state evidenziate delle fessure sub-verticali, relativamente chiuse, circa ai limiti della porzione di diga più alta. All'interno del cunicolo realizzato trasversalmente alla base della diga per lo smaltimento delle acque, si è rilevata una discontinuità macroscopica nella muratura. Tale fessura corrisponde a un dislocamento orizzontale verso valle di una porzione considerevole del corpo diga, d'ora in poi denominata "placca". Il mosaico fotografico delle pareti del cunicolo trasversale, prima, e le numerose indagini effettuate, hanno portato all'individuazione di una superficie di distacco, piuttosto irregolare,

all'interno del corpo diga con dislocazioni misurate sulla parete del cunicolo paria circa 120 mm. La traccia presunta della superficie di distacco definisce un volume stimato della placca è pari a circa 8 500 m³.

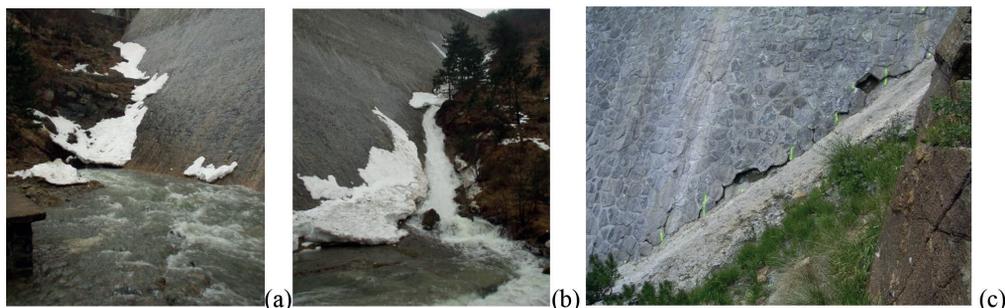


Fig. 3 – Evento del 2006 sulla diga di Badana: (a) perdite a valle diga in sponda destra, (b) perdite a valle diga in sponda sinistra e (c) lesioni al piede di valle evidenziate a seguito dello svuotamento dell'invaso.

4. Lavori di manutenzione straordinaria sulle dighe di Badana e Lagolungo

A seguito degli eventi del 2006, per ripristinare le condizioni di equilibrio della diga di Badana è stato sviluppato da RINA un progetto che prevede un aumento delle masse dell'opera. La fase di progettazione si è protratta negli anni, seguendo le fasi di Progettazione Preliminare, Definitiva fino ad arrivare al Progetto Esecutivo approvato dalla Direzione generale Dighe nel 2017.

L'intervento consiste nelle seguenti principali operazioni [2]:

- demolizione della placca distaccata al piede di valle, dell'intonaco sul paramento di monte e dei bolognini sul paramento di valle, nonché dei parapetti e del coronamento;
- esecuzione di scavi di imposta al piede della struttura muraria;
- consolidamento della roccia sulla quale saranno fondate le strutture aggiuntive;
- rimodellamento dei paramenti. Sui paramenti di monte e di valle verrà gettato uno spessore variabile di calcestruzzo ($R_{ck} = 20$ MPa). Il getto verrà eseguito per conci con giunti aperti. La pendenza del paramento di monte sarà 0.3H/1V sotto quota 715.20 mentre quella del paramento di valle 0.8H/1V sotto quota 712.60;
- sopraelevazione e allargamento del coronamento. Il coronamento sarà sovralzato di circa 4 m fino a quota 721.20 e verrà allargato da 4.70 a 6.50 m. Sopra quota 712.60, il paramento di valle avrà pendenza 0.2H/1V, mentre sopra quota 715.20 il paramento di monte sarà verticale. Il piede del nuovo paramento di valle cadrà prevalentemente entro l'impronta dell'attuale struttura;
- realizzazione di una cortina di dreni in fondazione, di canne drenanti nel paramento di monte del corpo diga e di uno schermo di iniezioni per ridurre le filtrazioni in fondazione e alleggerire le sottospinte sulla diga;
- demolizione dello sfioratore superficiale a sifoni esistente e realizzazione di un nuovo sfioratore a labirinto ad una quota compatibile con le nuove quote di regolazione definite dal progetto.

In Fig. 4 viene rappresentata la sezione di progetto della Diga di Badana con evidenziati gli interventi principali.

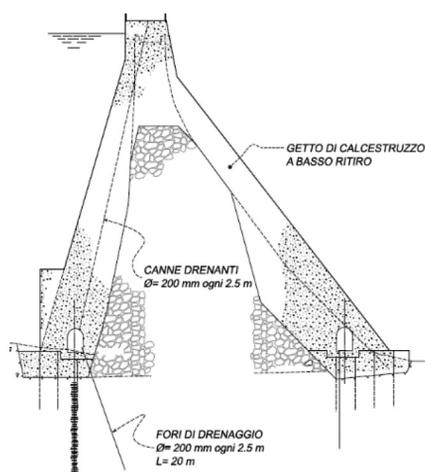


Fig. 4 – Progetto interventi di manutenzione straordinaria sulla Diga di Badana.

A seguito dell'innalzamento della quota di coronamento a 721.20 m s.l.m. il franco rispetto all'attuale livello di massima regolazione (716.90) è superiore a 4 m.

Nell'ottica di una miglior gestione del serbatoio e soprattutto con l'obiettivo di sfruttare appieno le potenzialità della riserva idrica del bacino del lago Badana, è stato considerato un innalzamento del livello di massima regolazione di circa 1 m, passando dunque da quota 716.9 m s.l.m. a quota 718.00 m s.l.m.

Le motivazioni a sostegno dell'aumento della quota di massima regolazione, con la formazione di una riserva addizionale di circa 250.000 m³, sono relative ad una miglior gestione del volume disponibile nel sistema idrico dei laghi del Gorzente, anche nella prospettiva di futuri interventi di manutenzione alle altre dighe facenti parte del complesso.

Dopo la messa a regime del lago di Badana sono previsti, infatti, rilevanti interventi allo sbarramento di Lagolungo, per la necessaria attualizzazione delle condizioni di sicurezza della diga. Detti lavori, anch'essi sviluppati a livello di progettazione da RINA, prevedono lo svuotamento del lago per un periodo di almeno due anni. Bisogna premettere che il Lagolungo, nel sistema dei laghi del Gorzente, ha un ruolo principale in quanto il suo bacino imbrifero ha una superficie superiore alla somma di quelli di Badana e Lavezze. Nel caso di una sua anche temporanea inutilizzabilità, il complesso dei laghi sarà fortemente scompensato dovendo rinunciare ad oltre il 50% della sua potenzialità. In quest'ottica, l'opportunità della formazione di una riserva suppletiva nel lago Badana risulterà fondamentale nel periodo d'intervento. Al termine delle attività previste sulla diga del Lagolungo il volume addizionale, con il nuovo livello di massima regolazione del lago Badana, potrà essere messo a disposizione per soddisfare i rilasci a valle degli impianti.

Gli interventi previsti per la diga di Lagolungo, per i quali è in corso la fase di Progetto Definitivo ad opera di RINA, necessari per attualizzare le condizioni di sicurezza alle più recenti normative prevedono il mantenimento della struttura muraria originale unitamente ai seguenti aspetti fondamentali [3]:

- riduzione del carico idraulico, con relativa modifica degli scarichi di superficie. Vengono così definiti un nuovo livello di ritenuta normale pari a 680.00 m s.l.m. e di massimo invaso pari a 682.5 m s.l.m.;
- miglioramento della statica della diga, mediante la realizzazione, in parte dal coronamento e in parte da una galleria di drenaggio, di una cortina di iniezioni e di dreni in fondazione

e la successiva perforazione di canne drenanti nel corpo diga. A tali accorgimenti applicati direttamente alla muratura, si aggiunge il risanamento di parti eventualmente ammalorate dell'intonaco del paramento di monte;

- realizzazione di un nuovo scarico di fondo, come condotta libera e ispezionabile all'interno di un cunicolo trasversale;

- realizzazione di un torrino di presa appena a monte alla diga e di una nuova condotta di derivazione che scaricherà a valle attraverso il cunicolo trasversale dello scarico di fondo.

5. Conclusioni

Il presente articolo analizza la progettazione degli interventi di manutenzione straordinaria sviluppati da RINA Consulting sulle dighe di Badana e Lagolungo, facenti parte del bacino del Gorzente. Il bacino del Gorzente consta attualmente di 4 dighe (Lavagnina, Lavezze, Badana e Lagolungo), costruite tra la fine del 1800 e i primi anni del 1900, ed attualmente sotto la concessione di IREN S.p.A.

I primi interventi in ordine di tempo si sono resi necessari sulla Diga di Badana a seguito dei dissesti strutturali accorsi nei primi mesi del 2006. Da quel momento sono stati sviluppati da RINA Consulting diversi studi specialistici sulle cause del dissesto confluiti poi nella progettazione degli interventi (Progetto Preliminare, Progetto Definitivo e Progetto Esecutivo). Il progetto Esecutivo degli interventi, che prevede il mantenimento di una quotaparte della struttura muraria originale ed il rivestimento della stessa mediante nuovi rinfianchi in calcestruzzo, è stato approvato dalla Direzione Generale Dighe nel 2017 ed è attualmente in fase di gara per la realizzazione dei lavori. Negli stessi anni sono stati sviluppati da RINA Consulting gli interventi di miglioramento delle condizioni statiche e idrauliche della diga di Lagolungo per consentire di attualizzare le condizioni di sicurezza alle più recenti normative.

L'articolo evidenzia come sia possibile adeguare dighe con oltre 100 anni di età alle più recenti normative e come interventi progettuali mirati possano permettere di rimediare a dissesti strutturali non trascurabili avvenuti nel tempo.

Questo aspetto è molto importante considerata l'età media molto elevata dei grandi sbarramenti presenti in Italia e la necessità sempre maggiore di approvvigionamento idrico, sia esso a scopo energetico, irriguo o idropotabile.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare IREN S.p.A. che ha permesso la pubblicazione di questo contributo. Gli autori desiderano inoltre ringraziare tutte le persone coinvolte nelle attività di progettazione negli ultimi 15 anni, l'Ing. Piero Sembenelli e tutti i colleghi di SC Sembenelli Consulting e poi RINA Consulting (Giuseppe Sembenelli, Luciano Barbaro, Ugo Polettoni, Antonella Ruffini, Marco Scarella, Gianluca Gatto, Fabrizio Cassone, Francesco Cecchini, Raffaella Pirola, Andrea Dal Fabbro, Marco Albano, Angelo Farnetani, Giuseppe Silvestri, Alessandro Somma).

Bibliografia

[1] Minetti L., Gibelli G., Paliaga G., "Diga di Badana – interventi di manutenzione straordinaria Progetto Definitivo – Studio di impatto ambientale" - 2009

[2] RINA Consulting, "Diga di Badana – interventi di manutenzione straordinaria - Progetto Esecutivo" - 2017

[3] RINA Consulting, "Diga di Lagolungo – Miglioramento della sicurezza statica e idraulica - Progetto Definitivo" - 2018

AGRI-FOOD, FORESTRY AND BIOBASED INDUSTRY

GLI OBIETTIVI EUROPEI DI NEUTRALITÀ CLIMATICA: POLITICHE E INVESTIMENTI PER UNA FILIERA AGROALIMENTARE COMPETITIVA E SOSTENIBILE

L'Unione Europea ha presentato un piano d'azione complessivo per attuare gli obiettivi del Green Deal ed ambisce a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. La riduzione dell'impatto ambientale pone per tutti gli attori della filiera agroalimentare obiettivi e sfide ai quali non sarà semplice rispondere.

Fra queste la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, la promozione dell'efficienza energetica e di tecnologie innovative a basse emissioni di CO₂ (la c.d. decarbonizzazione). Inoltre anche gli Stati membri stanno delineando le strategie nazionali che individuano i possibili percorsi per raggiungere una condizione di "neutralità climatica", nella quale le residue emissioni di gas a effetto serra saranno compensate dagli assorbimenti di CO₂ e dall'eventuale ricorso a forme di stoccaggio geologico e riutilizzo della CO₂ (CCS-CCU).

La realizzazione di questi obiettivi non può prescindere dal sostegno da parte delle autorità europee e nazionali tramite finanziamenti e misure agevolative che possano realmente supportare gli investimenti necessari da parte degli operatori della filiera agroalimentare.

La sessione presenta contributi che trattano una o più di dette tematiche.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, Confagricoltura, ENEA**

Presidenti di sessione:

- Donato Rotundo, *Confagricoltura*
- Maurizio Notarfonso, *Federalimentare*
- Massimo Iannetta, *Enea*

Directing Agriculture Towards Local Sustainability and Decarbonization

Enrica Bargiacchi¹ ebargiacchi.agr@instm.it, Flavio Manenti^{1,2}, Nelson Marmioli^{1,3}, Elena Maestri^{1,3}, Fabio Rossi⁴, Massimo Aiello³, Sergio Miele¹
¹ Consortium INSTM; ² Politecnico di Milano; ³ Univ. di Parma; ⁴ Fattoria Autonoma Tabacchi e Confagricoltura Umbria; ⁵ Acea Ambiente Srl, Terni

Riassunto

Acqua, suolo, nutritivi, energia per le fasi di produzione, conservazione e trasporto dei prodotti, emissioni di CO₂ sono tutti aspetti che impattano sulla sostenibilità. Per il settore agricolo, il target per ciascuno dei fattori di produzione è dosarne l'impiego a livello locale, avendo come riferimento la redditività per gli agricoltori e l'equilibrio a lungo termine dei processi. L'obiettivo della decarbonizzazione obbliga a considerare in modo primario due aspetti: l'energia prodotta su base locale e la valorizzazione dell'economia circolare, soprattutto per il carbonio del suolo. Un'analisi di ottimizzazione (nexus) FEW (Food-Energy-Water) potrebbe rappresentare un aiuto decisionale in rapporto ai diversi ambienti, sia per la scelta delle tecnologie che per operare in un ambito di sostenibilità ottimale.

Summary

Water, soil, nutrients, energy for production, conservation, and logistics of products, CO₂ emissions are all aspects which impact on sustainability. For agriculture, it is important to dose each factor locally, strictly referring to farming revenue and process balance in the long run. The target for decarbonization makes it mandatory to focus attention on two aspects: locally produced energy, and a greater effort on circular economy, mainly for soil carbon. A FEW (Food-Energy-Water) nexus type analysis could be designed to aim at decision making under different conditions, both for technology identification and operation in an optimal range of sustainability.

1. Introduction

Two-year pandemic has risen concern about the assumed model of a free global world and long-distance logistics: a cell-type development model seems to satisfy better local food and energy requests of the territories. This has determined a regained attention to sustainable agriculture as a primary provider of food, feed, and energy. GHG emissions from agriculture are 7-times less than those from the energy sector, but only agriculture and forestry are active in decarbonization by photosynthesis and soil carbon stock maintenance, key-points to protect fragile agro-ecosystems, increase crop yield and quality, and maintain rurality. More attention to grow C4 plants, wherever possible, could further make easier to get these targets.

A great part of the Farm-to-Fork EU strategy relies on more efficient food production systems, and distribution of healthier food, less prone to spoiling, coupled with more sustainable processing. But the energy strategy for a clean energy supply, especially at farm level, is not always clear, due to the claimed food vs. bioenergy competition [1], and the EU choice to concentrate more efforts on green power and much less on biofuels, for estimated negative impact on ILUC-indirect land-use change- emissions from biofuel, bioliquid and biomass fuel

feedstock (g CO₂eq/MJ) [2]. However, the promotion of advanced biofuels, recycled carbon fuels and renewable liquid and gaseous transport fuels, also of non-biological origin (e.g. methanol from plasmix conversion [3]), could change this perspective. New technologies have contributed to reduce emissions from agriculture's production chains, and local supply of "green" energy and biofuels, from biogas and syngas cycles (methane, methanol, DME, hydrogen), is expected to further reduce fossil fuel use in the so-called energy transition spell of time.

Recycling carbon by advanced composting of municipal waste, re-use of digestate, and biochar, and phosphate recovery technologies from municipal sludge will contribute to soil carbon stock and avoid depletion of fossil resources, but they also will reduce the dependency upon overseas imports, thanks to better exploiting the potentials of circular economy [4]. For phosphate, we should consider that at the same time when we face a phosphate scarcity to sustain agricultural production for food, feed, and bioenergy crops, we also cope with the problem to avoid overabundance of P in the aquatic systems [5], and losses of this critical element in some wastes, e.g. municipal sludges and their derived products, mainly ashes and hydrochar, which eventually can be only "mined" for struvite recovery [6,7].

2. Report

Driving agriculture toward local sustainability and decarbonization is a difficult, but not impossible, task. It is more difficult to start local actions for circular economy, because of the NIMBY syndrome.

On our opinion, not each and every agricultural district can achieve a full local sustainability for energy and GHG, at least at the present technological level. About one third of the Italian farming area is represented by permanent and temporary grassland: therefore, despite the claimed methane emissions of the ruminants, only cattle, sheep, horses, and insects (bees) can be farmed in these areas. A related compensation for these emissions, and a site-focused strategy for these areas, according to their potentials and resilience, will be necessary, to conserve their rurality in a sustainable environment.

There are also some situations where shortage of land for agriculture has appointed attention to the importance of community gardens and soilless horticulture in abandoned industrial buildings and areas. These production models can be locally important, but their energy and water use, facility upgrading costs, personnel technical training and the commercial model, should be closely monitored not to encounter market and financial problems.

In most situations, where a cell-type development model can apply, we retain important to operate supported by a substantially holistic type of research, eventually. A FEW (Food-Energy-Water) nexus type analysis could be designed to aim at operating in an optimal range of sustainability for a given site.

A great part of our research activity has dealt so far with bioenergy and decarbonization by cascade re-use of carbon in biofuels, biochemicals, and fertilizers from circular economy.

2.1 Bioenergy

Our experience, as a research group, started with the CARIPLLO Foundation project "BIOMAN – Bio-Revaluation of the Chemical District of Mantova by planning non-food biomass supply and its upgrading to bio-products". The feasibility of a second generation biorefinery concept, operating within a short supply chain (70-km), to convert plant biomass into bioethanol, biomethanol, xylitol, and other chemical compounds (polyphenols, tannins, sugars), and leaving a residual biochar for further uses, was demonstrated [8]. However, the so-processed organic waste (OW) could not represent a social and economic opportunity for the agriculture's counterpart. A strict connection and a direct economic interest of the involved

farmers in the production process are mandatory, because a cell-type development model for energy production starts from a keen knowledge of, and a relation with, a given territory.

Since that experience, two aspects have permitted to set up a new model:

- the identification of methanol as a key-compound for energy transition; methanol can be an advanced liquid biofuel and a biochemical for several industries, but also an intermediate carrier to hydrogen (“H₂ on demand”), due to its easier storage vs. H₂;
- the development of the Biogas-to-Liquid technology, that converts biogas into bio-methanol and bio-DME (DiMethylEther), as a farm-sized plant, operating at the same conditions of a biogas one; this has permitted to change the traditional model of agriculture from a plain OW supplier to an intermediate or finished product supplier, depending upon the organization of the involved farm [9].

This technology, which is presently under exploitation at Fattoria Autonoma Tabacchi (Città di Castello, PG), permits to realize the paradigm of distributed biorefineries which fits with the cell-type development, and contributes to solve four problems of circular economy, namely:

1. no liquid/solid/gas residue for producing advanced biofuels;
2. all the CO₂ in the biogas streams is converted into advanced biofuels, with no re-emission of GHG;
3. the process is economically sustainable even with no or limited economic incentives;
4. the existing biogas plants, near the incentive expiration, can be easily transformed, with a self-sustainable, easy-to-install solution, that also represents a solution for their long-term economic results.

Currently agricultural vehicles are mostly fueled with Diesel oil, that could be in part or totally substituted by DME obtained from on-farm biogas production, by the use of this technology. Thus, the agricultural vehicles employed in the farming processes, including those for biogas biomass feedstock production, can be transformed to use this liquid fuel in a circular economy scheme, provided some engine modifications are made, when DME percentage in the Diesel oil exceeds 20-25%. Additionally, the shift from pure Diesel oil fueled agricultural vehicles to DME fueled units will determine a great reduction in the pollutant emissions, including NO_x. In fact, as it is an oxygenated fuel, the DME is proved to emit neither soot nor particulate matter. Also, for other pollutants its emissions are low and comparable to a gasoline engine. In case of a 1MWe size anaerobic digester, the DME use enables to save about 3000 t/y of fossil fuels (including the transportation of the same Diesel fuel), and covers the fuel consumption of approx. 50 agricultural vehicles, on the basis of an average consumption and operation duration [10].

In the energy transition spell of time, this solution could benefit the maintenance of most of the present agricultural vehicles, therefore reducing production costs for farmers, not mentioning less market troubles for the manufacturers.

2.2 Soil Carbon

EU has included “Soil Health and Food” among the five Missions which represent the greatest challenges of our world [11]. Major targets are: (i) recovery of 75% of European soils by 2030 to make them healthy for food, people, nature, and climate; (ii) rising soil carbon stock of cropped soils by 0.1-0.4% per year; (iii) improving soil structure in order to prevent erosion on 30-50% of land affected by unsustainable erosion. Soil organic matter and stable humus contribute to decarbonization both directly, as soil carbon stock, and indirectly by improving plant growth and production.

The major sources of soil organic matter are crop residues, manure, compost, and digestate. These two latter Component Material Categories (CMC3-compost, CMC4-fresh crop

digestate, CMC5-Digestate other than fresh crop digestate), especially compost, have been recognized centric in the circular economy concept of the recent Reg. (EU) 2019/1009, both as amendments and components of organo-mineral fertilizers, a completely innovative use, at least for compost, vs. the Italian D.Lgs. 2010/75 and its modifications. It is interesting to note that “CMC5-Digestate other than fresh crop digestate”, too, is a new category on respect of this Italian Decree because it is obtained through anaerobic digestion of several feedstocks from circular economy.

To improve compost quality our research team has been working on several aspects: (i) improving composting process, with actions targeted to increase bioplastic residue degradation, and ligno-cellulosic fiber digestion; (ii) increasing compost density and consistency of composition, to make field distribution easier and suited to precision farming application schemes; (iii) starting from compost and digestate, preparing granular and micro-granular NPK, NP, and NK organo-mineral fertilizers – so-called PFC1(B)- fully compliant with the cited Reg. 2019/1009, as in a preliminary research carried out with Acea Ambiente.

However, several problems are still present. The first one is the lack of conformity assessment procedures and notified bodies, to get CE marking and EU declaration of conformity, because it is not clear so far which notified bodies-Nando will be in charge in Italy (perhaps that at MISE?). The second one –especially for digestate CMC 5- is represented by the conflicting national norms which indicated as “non possible”, in a recent request of an authorization procedure, the agronomic use of digestate made of “waste” [12]. In this case, the “waste” was bio-waste within the meaning of Dir. 2008/98/EC, resulting from separate waste collection at source, as indicated by Reg. 2019/1009 for CMC 5, to integrate a typical “farm made” biogas diet.

A further product, to enhance soil carbon stock, is biochar, which entered only very recently in the cited fertilizer Regulation as “CMC 14: pyrolysis and gasification materials” [13]. For this component the Regulation indicates a larger set of allowed feedstocks from circular economy, as compared to the D.Lgs. 2010/75 and later modifications, which means that conflicts may arise in absence of a full adoption of the Reg. 2019/1009.

Interest in biochar as a soil amendment stems from its actions to increase microporosity, carbon pool, water retention, hosting capacity for microbial communities, and metal adsorption from soil and irrigation water. There are actually very different types of biochar, depending upon the feedstock and its process conditions, and therefore different levels of capacity to stimulate plant growth and yield. This requires a preliminary full characterization of the different products in order to better fit their use as soil improvers [14].

Biochar is cited in IPCC 2019 for its mitigation potential, in the range 0.03-6.60 GtCO₂-eq yr⁻¹ by 2050, though surface albedo, due to soil darkening after its application, may reduce this effect [15]. Other aspects of biochar affecting GHG emissions are: the potential effect on soil water capacity, that can reduce crop irrigation requirement and nutrient leaching, and its fertilizing action, both direct (phosphates and potassium in the biochar composition) and indirect (less nitrogen losses related to lower N₂O emissions during nitrification-denitrification in the soil) [16].

3. Conclusions

New technologies permit to make up long-term sustainable, and environmental-friendly on-farm distributed biorefineries, from upgraded biogas plants. These distributed biorefineries will have a role: (i) as local producers of methanol-a biochemical, and DME-a biofuel, and (ii) an active recycler of carbon, from digestate, compost and biochar, to be exploited as soil carbon stock improver and organo-mineral fertilizers, for better crop yield and quality. This scheme, which fits with a resilient cell-type development scheme of agriculture, will help maintain rurality and an active socio-economic fabric.

References

- [1] **Moioli E., Manenti F., Rulli M.C.**, 2018. *Analysis of the current world biofuel production under a water-food-energy nexus perspective*. Advances in Water Resources 121:22-31.
- [2] **UE**, 2020. Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni. Relazione sull'avanzamento dei lavori in materia di energie rinnovabili. COM(2020) 952 final 14.10.2020.
- [3] **Prifti K., Galeazzi A., Margarita I. et al.**, 2021. *Converting end-of-life plastic wastes into methanol: the Gasiforming™ process as new, efficient and circular pathway*. Environ Eng Manag J, in press.
- [4] **Miele S., Bargiacchi E.**, 2020. *La valorizzazione del compost*. Tavola rotonda ECOMONDO 2020, ICESP, 12 novembre 2020 ore 16:30-18:00
- [5] **Jarvie H. P., Sharpley A. N., Flaten D. et al.**, 2015. *The pivotal role of phosphorus in a resilient water-energy-food security nexus*. J. Environ Qual. 44(4) 1049-62.
- [6] **Gori R. et al.**, 2019. *Project "Beyond Landfilling. Module: Sludge Mining"*. MISE and Regione Toscana, "Accordi per l'innovazione" DM maggio 2017, in progress.
- [7] **Consorzio INSTM**, 2021. *Project Nourish*. Submitted May 18, 2021, CARIPLO Foundation's Call.
- [8] **Miele S., Manenti F., Marmioli N., Bargiacchi E.**, 2016. *Innovativo impianto di bioraffineria energeticamente autosostenibile per la conversione di biomasse di seconda generazione*. Brevetto d'invenzione industriale N° 102016000123786 del 26-04-2019 (priority: 06-12-2016).
- [9] **Manenti F., Bargiacchi E., Miele S., Rossi F.**, 2020. *Biogas to Liquid Technology: the perspective of distributed biorefineries*. ECOMONDO 2020.
- [10] **Montorsi L. et al.**, 2020. *Advance Project-preliminary data*, personal communication.
- [11] **Veerman C. et al.**, 2020. *Caring for soil is caring for life – Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate*. EU Commission ISBN 978-92-76-21602-5 doi: 10.2777/821504
- [12] **Miele S., Bargiacchi E.**, 2021. *Fertilizzanti da digestato. L'obiettivo dell'economia circolare azzoppato dalle incertezze normative*. La Termotecnica – Sez. Chimica & Energia a cura di AIDIC. Giugno 2021, 22-24
- [13] **European Commission**, 2021. *Annexes to the Commission Delegated Regulation amending Ann. II, III, IV to Reg (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council for the purpose of adding pyrolysis or gasification materials as a component material category in EU fertilizing products*. C(2021) 4764 final, 07/07/2021.
- [14] **Marmioli M., Bonas U., Imperiale D. et al.**, 2018. *Front. Plant Sci.*, 17 August 2018 <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01119>
- [15] **Jia G., Shevliakova P., Artaxo N. et al.**, 2019. *Land-climate Interactions*. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Ch. 2, in press.
- [16] **Lefebvre D., Williams A., Meersmans J. et al.**, 2020. *Modelling the potential for soil carbon sequestration using biochar from sugarcane residues in Brazil*. *Sci Rep* **10**, 19479 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76470-y>

Valorizzare le filiere locali per ridurre l'impatto ecologico e il cambiamento climatico

Marino Cavallo, marino.cavallo@cittametropolitana.bo.it, Città Metropolitana di Bologna

Abstract

All'interno dei più recenti processi di riqualificazione e innovazione del circuito di produzione, distribuzione e consumo dei prodotti agricoli il ruolo dei mercati locali sta diventando sempre più importante. Importanza che origina prima di tutto dalla profonda innovazione degli stessi mercati locali possibile grazie ai nuovi ruoli che in maniera progressiva stanno assumendo nella produzione e commercializzazione di qualità, nell'educazione alimentare, nella socializzazione con le comunità locali e rurali, nella promozione e valorizzazione delle professionalità agricole. Grazie alla "farm 2.0" l'azienda agricola si sta trasformando in molti territori. Non solo, i mercati locali diventano fattori di rigenerazione urbana e di rivitalizzazione, d'interscambio tra i diversi segmenti urbani di popolazione che vivono i quartieri, le aree periferiche, le aree del centro storico dei paesi e delle città. C'è dunque lo spazio per promuovere e diffondere anche nella rete dei mercati locali e contadini forme di economia circolare che puntano sul riuso degli imballaggi sul riciclo delle materie prime e secondarie, sull'azzeramento degli sprechi e sull'ottimizzazione della logistica delle derrate alimentari. La presentazione vuole dare conto di alcune analisi che si stanno facendo a questo proposito sulla rete dei mercati locali dell'area metropolitana bolognese. Questo anche attraverso confronti, scambi di esperienze, progetti innovativi e pilota realizzati in paesi europei in questo settore per contrastare il cambiamento climatico.

Summary

Among the most recent processes of recovery and innovation in the chain of production, distribution and consumption of agricultural products, the role of local markets is becoming increasingly relevant. This importance stems first and foremost from the profound innovation of local markets themselves, which is possible thanks to the new roles that they are gradually taking on in quality production and marketing, food education, socialization with local and rural communities, and the promotion and enhancement of agricultural skills. Thanks to "farm 2.0" the farm is being transformed in many territories. Not only that, but local markets are becoming factors of urban regeneration and revitalization, of interchange between different urban segments of the population living in neighborhoods, peripheral areas, and areas in the historic centre of towns and cities. There is therefore an opportunity to promote and disseminate, even in the network of local and farmers' markets, forms of circular economy that focus on reusing packaging, recycling raw and secondary materials, eliminating waste and optimizing food logistics. The presentation aims to give an account of some analyses that are being carried out in this regard on the network of local markets in the metropolitan area of Bologna. This is also done through comparisons, exchanges of experiences, innovative and pilot projects carried out in European countries in this sector to mitigate climate change.

1. Il futuro sostenibile della filiera agroalimentare europea ha un cuore antico: la rete dei mercati locali e contadini

Se l'Unione Europea ha presentato un piano d'azione complessivo che, per attuare gli obiettivi del suo Green Deal attraverso la Strategia "From Farm to Fork", pone in capo agli attori della filiera agroalimentare oneri particolarmente provanti, gli stessi, potranno però contare su di – forse - inattesi e di - sicuramente - finora poco esplorati supporti. Il raggiungimento di questi traguardi può essere facilitato anche dalla promozione di tradizionali pratiche locali che, se opportunamente innovate, possono aspirare a formare una massa critica di interventi. Massa critica capace di cambiamenti a livello globale, come nel caso del supporto alla filiera corta e al c.d. "kilometro zero" in attività di promozione economica, culturale e sociale dei mercati contadini locali e per il loro accompagnamento nell'adozione dei nuovi modelli di business dell'Economia Circolare [1-4].

Una visione del sistema agroalimentare che a Bologna può beneficiare dei contributi provenienti dalla partecipazione a diversi progetti finalizzati allo sviluppo integrato del suo territorio, all'aumento della sua attrattività e alla coesione territoriale europea e, secondo la quale, grazie all'innovazione, l'intero comparto può aumentare la propria competitività, trasparenza e "sostenibilità" tramite l'accrescimento delle interconnessioni e della cooperazione nella gestione delle sue risorse ("asset" fisici ma anche persone, informazioni e saperi) [5].

Piccoli passi, ma che vanno con decisione verso un obiettivo comune e che hanno l'onore di offrire nei loro contesti locali di implementazione testimonianze concrete di come la valorizzazione dei benefici economici portati dalla diffusione dell'Economia Circolare nelle piccole e medie imprese (PMI) della filiera agroalimentare, possa portare anche a benefici culturali e sociali [6,7].

Azioni che riscoprendo le preziose tradizioni dell'enogastronomia locale, fanno sì che il cibo porti la gente a unirsi e a incontrarsi [7,8], attivando quell'entusiasmo indispensabile al coinvolgimento degli stessi consumatori europei in vista del raggiungimento degli ambiziosi traguardi fissati dal Green Deal.

Difatti, se i mercati contadini locali sono uno strumento per uno sviluppo sostenibile della filiera, i modelli di business dell'Economia Circolare non solo possono rappresentare il giusto volano per il loro rilancio, ma, attribuendo loro un ruolo fondamentale di "Third-Space" [7,9], creano nell'ecosistema metropolitano attivi spazi di collaborazione tra cittadini e amministrazioni pubbliche per la rigenerazione urbana [10], la valorizzazione delle risorse territoriali e la creazione di un rapporto di fiducia fra consumatore e produttore. Pratiche che potrebbero sembrare apparentemente ancillari o poco incisive se paragonate alle sfide globali legate ai sistemi alimentari e a come rendere meno impattanti sugli ecosistemi naturali la loro "industrializzazione" e la globalizzazione dei loro mercati [11], ma che, viceversa, puntano alla formulazione di nuove soluzioni per la composizione delle molteplici criticità di lungo periodo legate ad un loro specifico aspetto dirimente: quello legato al ruolo dei contesti urbani e periurbani nella non più rimandabile transizione ecologica degli ambiti relativi all'attività delle imprese (modelli di produzione), dei consumatori (modelli di consumo) e delle istituzioni (modelli di regolazione) [12-14].

La speranza è che queste pratiche possano contribuire all'aumento della consapevolezza sul come la transizione ecologica anche nella filiera agroalimentare non sia solo necessaria per la tutela dell'ambiente e il sostenibile utilizzo delle risorse naturali, ma, anche economicamente vantaggiosa per i produttori e per i consumatori essendo in grado di portare ad un miglioramento dei suoi fattori endogeni [3]. Le filiere corte e, in particolare, la vendita diretta, possono difatti rappresentare un utile strumento per imprimere una svolta capace di sviluppare produzioni a basso impatto, ridurre gli sprechi, contribuire alla preservazione del clima e restituire redditività al lavoro delle PMI del settore. Da questa premessa la conclusione per la

quale solo rafforzando i legami esistenti tra politiche locali sul cibo ed ambientali sarà possibile creare un “nuovo contratto sociale” in grado di combattere efficacemente il cambiamento climatico [2,13,14]. Esempi dell’applicazione di questa prospettiva verranno quindi forniti nel suo impatto sulla gestione delle risorse naturali ed energetiche, del ciclo dei rifiuti, e nel turismo all’interno delle buone pratiche individuate dal Progetto Europeo della Città Metropolitana SinCE AFC [3,4] che si concentra sulla creazione di nuovo valore dallo spreco alimentare e sulla realizzazione di condizioni favorevoli alla diffusione dell’Economia Circolare:

- scambiando buone pratiche a livello europeo;
- sensibilizzando *i decision maker*;
- sostenendo l’innovazione sia nei mercati locali che nelle “fattorie 2.0” [15];
- informando sul design del packaging; esplorando il ruolo della finanza negli investimenti per l’innovazione del settore agricolo.

Questa attenzione alla dimensione locale nasce dalla consapevolezza di come la sostenibilità ambientale sia intrinsecamente legata alla pianificazione strategica metropolitana, alla creazione di luoghi, all’impegno civico, all’inclusione sociale, alla rigenerazione urbana, alla salute e al benessere. Inoltre, quando questa presenta elementi di scalabilità, la stessa politica civica locale è in grado di influenzare le politiche nazionali ed europee [2]. Questa prospettiva multilivello è stata scelta nel progetto SinCE AFC partendo dal presupposto per il quale il sistema alimentare sia oggi enormemente dispendioso. Ma se i dati raccolti dalle più importanti istituzioni internazionali ci avvertono di come per ogni dollaro speso in cibo, la società ne paghi due in costi sanitari, ambientali ed economici, è però altrettanto vero come, con l’80% di tutto il cibo che si prevede sarà consumato nelle città entro il 2050, le aziende, gli enti pubblici, le organizzazioni, le istituzioni e le persone che si trovano al loro interno hanno oggi la possibilità con il loro potere d’acquisto di orientare il mercato verso nuove soluzioni.

Per questo motivo, la Città Metropolitana di Bologna ha scelto di valorizzare nella sua partecipazione al progetto SinCE AFC concreti casi di successo dal suo territorio di come i principi dell’Economia Circolare possano applicarsi al sistema alimentare nella progettazione di prodotti capaci: di ridurre i rifiuti e l’inquinamento; mantenere una “shelf life” il più possibile lunga senza in ciò comprometterne qualità e freschezza anche grazie al ricorso a fonti di approvvigionamento che favoriscano la prossimità e la riduzione e semplificazione dei passaggi nella realizzazione dei prodotti [16]; rigenerare i sistemi naturali di origine.

2. Lo scambio di buone pratiche nel 2021 in SinCE AFC: il “Mercato Ritrovato” di Bologna

SinCE-AFC si ricollega ai contenuti del piano d’azione europeo per l’Economia Circolare nell’ambito del Green Deal dell’UE e ai piani d’azione nazionali per l’Economia Circolare nei paesi europei. Questo progetto nasce quindi dall’esigenza di portare il nuovo approccio alla Circular Economy con il suo sistema rigenerativo anche nelle PMI, le quali nonostante rappresentino una porzione preponderante delle imprese europee, rimangono ancora poco coinvolte a causa della mancanza di motivazione e supporto.

In questa fase del progetto SinCE AFC il suo consorzio si sta concentrando sulle nuove esigenze di consumo espresse prevalentemente dal contesto urbano, ovvero, la domanda di prodotti locali, sostenibili e di qualità. Focus la cui sfida principale è quella di integrare queste esigenze in un nuovo tessuto imprenditoriale competitivo, capace di sfruttare processi di innovazione finalizzati a rendere le aziende agricole sempre più multifunzionali.

La Città Metropolitana di Bologna ha quindi ritenuto necessario per il raggiungimento di questa *milestone* nell’implementazione di SinCE AFC redigere delle proposte per gestire, organizzare e rafforzare il settore agricolo, con particolare attenzione al rapporto rurale-urbano all’interno della sua rete dei mercati locali e contadini sostenendo, tra le altre proposte, la replicazione della buona pratica identificata nel mercato contadino “Mercato Ritrovato”

[10,17] all'interno di tutto il consorzio del progetto (9 partner provenienti da 7 differenti paesi europei).

Nel contesto di Interreg Europe, il Programma per la cooperazione territoriale tra regioni europee finanziatore di SinCE AFC, una buona pratica è un'iniziativa realizzata nell'ambito di uno dei temi del Programma in possesso di prove del successo nel raggiungimento dei suoi obiettivi e che ha il potenziale per essere trasferita ad altre aree geografiche. Essendo Interreg Europe dedicato al miglioramento della politica di sviluppo regionale, una buona pratica è di solito legata a un intervento pubblico, ma, anche un'iniziativa privata può essere considerata una buona pratica se c'è la prova che questa abbia ispirato delle politiche pubbliche.

Per questo è stato scelto "il Mercato Ritrovato", in quanto, grazie alla sostenibilità non solo ecologica ma anche economica e sociale dimostrata ha ispirato nell'amministrazione pubblica una visione per l'utilizzo delle risorse dell'Unione Europea come sostegno temporaneo, ovvero, come se fossero dei prestiti da restituire grazie al valore aggiunto da loro generato e non dei contributi a fondo perduto.

Il "Mercato Ritrovato" nasce nel 2008 da un progetto di Slow Food, Cineteca di Bologna, Città Metropolitana di Bologna ed Emil Banca e rappresenta ormai un appuntamento settimanale per la Città, con solo prodotti locali e di stagione presentati da chi produce, che - sin dalla sua fondazione - ha avuto sede negli spazi offerti dalla fondazione bolognese di promozione culturale Cineteca.

Bologna ha una lunga tradizione nel settore agroalimentare, con molti prodotti di eccellenza, ma essendo aumentata in questi anni la distanza tra i consumatori e gli agricoltori locali, è cresciuta di conseguenza la necessità di preservare e promuovere il cibo tradizionale e locale, accorciando e valorizzando la catena agroalimentare tra produttore e consumatore cittadino. Con questo scopo la Città Metropolitana di Bologna ha promosso un mercato contadino per fondere cibo locale di qualità ed eventi culturali: Il "Mercato Ritrovato".

Nel 2017 l'associazione che aveva gestito inizialmente il progetto ha terminato il suo mandato e questo ha spinto i produttori a consorzarsi per continuare a gestire il Mercato in autonomia. In questo modo il Mercato è potuto passare dalle sue iniziali 20 aziende agricole locali a 50; incremento che ha reso oggi la nuova associazione completamente indipendente da finanziamenti esterni. Durante l'emergenza Covid, è stato inoltre istituito un nuovo servizio: la "Spesa Ritrovata", una applicazione informatica per prenotare prodotti online, con possibilità di ritiro gratuito o consegna a domicilio. Un servizio che consegna una volta alla settimana ai consumatori gli stessi prodotti venduti al Mercato e che, allargando la platea dei suoi consumatori senza incidere negativamente sulla sua logistica, ha come importante esternalità positiva anche una migliore gestione ed ottimizzazione delle sue eccedenze e rifiuti.

3. Le proposte del progetto SinCE AFC

Dopo lo scambio di buone pratiche, la seconda fase di SinCE AFC, riguarderà l'attuazione dei piani d'azione locali (PAL) e si dedicherà ad azioni per facilitare la creazione in tutti i paesi europei del suo consorzio di meccanismi orizzontali per aiutare le PMI ad adottare i principi dell'Economia Circolare. La Città Metropolitana ha identificato due temi prioritari su cui costruire lo sviluppo del proprio PAL:

- il Bio-distretto dell'Appennino bolognese;
- i mercati locali della sua area metropolitana.

Per quanto riguarda il primo di questi temi [4] possiamo evidenziare la costituzione di un ampio e rappresentativo Comitato Promotore, con una forte presenza di aziende, un soggetto operativo ormai costituito e pienamente in attività nella promozione delle imprese, degli agricoltori dell'Appennino e nella valorizzazione della loro flessibile struttura multi-prodotto.

Mentre per il secondo tema, legato strettamente al primo poiché tra i più di 200 aderenti al Bio-distretto è stato rilevato un forte interesse nei mercati locali di tutta l'area metropolitana, un aspetto che potrà beneficiare sicuramente dalle attività del Progetto SinCE AFC sarà quello legato alle sue proposte per far diventare sempre di più i mercati locali uno snodo per l'economia circolare.

Il modello potenzialmente replicabile “Mercato Ritrovato” e la rete dei mercati contadini metropolitani potrebbero difatti ospitare soluzioni in linea con i principi dell'economia circolare attraverso la loro gestione diretta ed ecosostenibile dei rifiuti. E le pubbliche amministrazioni potrebbero sostenere questo loro nuovo ruolo legando a queste iniziative meccanismi incentivanti di sostegno e detassazione. Inoltre potrebbero essere i luoghi ideali per l'attivazione di servizi grazie ai quali i consumatori possano consegnare il “vuoto a rendere”, facendosi restituire la cauzione versata per questo elemento del packaging al momento dell'acquisto [13,14,18,19].

A queste proposte, all'interno di un'ottica integrata sulle politiche per il cibo, potrebbero affiancarsi anche iniziative legate in maniera “indiretta” alle attività imprenditoriali agricole. Iniziative volte alla comunicazione e la promozione di comportamenti sostenibili per favorire l'inclusione degli attori più deboli della “From Farm to Fork” e realizzabili, ad esempio, con la replicazione di buone pratiche già presenti in Italia e in Europa.

Pratiche che potrebbero trovare la loro allocazione ottimale proprio all'interno delle reti dei mercati locali. In ciò, si ritiene pertanto particolarmente auspicabile il coinvolgimento di queste reti nella realizzazione di centri logistici per la redistribuzione delle eccedenze alimentari. Sulla scia di casi ormai di successo, come il progetto “hub di quartiere” di Milano [20], attraverso un approccio bottom-up garantito dal coinvolgimento degli attori della rete dei mercati locali, la creazione di questi centri per la raccolta e la redistribuzione delle eccedenze a realtà del terzo settore, associazioni di volontariato e realtà imprenditoriali impegnate nel campo della food sustainability potrebbe dimostrare che i tentativi di risolvere il paradosso del contestuale aumento nelle città dell'insicurezza alimentare e dello spreco di cibo, non siano solo una esigenza etica e morale o azioni necessarie per il perseguimento di strategie e politiche internazionali e nazionali, ma, anche concrete opportunità di business.

I “pilastri” sopra i quali sono state finora sviluppate queste idee progettuali sono:

- reti intersettoriali;
- punti logistici di aggregazione;
- sistemi di monitoraggio.

Le reti dei mercati locali potrebbero rappresentare elementi vantaggiosi in tutti e tre i “pilastri”, potenziando gli effetti finora ottenuti. Mettendo a fattor comune le esperienze pregresse faciliterebbero la creazione delle reti intersettoriali necessarie per la messa a sistema di questi progetti. Vista la loro tradizionale presenza nei contesti urbani potrebbero rendere agevolmente questi “hub” non dei semplici luoghi fisici funzionali solo alle esigenze della logistica ma dei veri e propri luoghi di aggregazione e punti di contatto dove creare relazioni tra chi genera eccedenza e chi è in situazione di bisogno. Inoltre, rappresentando dei punti privilegiati e capillarmente distribuiti sul territorio potrebbero semplificare le attività di monitoraggio per la comprensione in itinere dei risultati raggiunti dai diversi progetti.

4. Conclusioni

Le sfide legate alla sostenibilità della filiera agroalimentare sono oggi alla nostra portata purché il problema venga affrontato con la giusta unità di analisi. Tutti sono ormai d'accordo sulla necessità del cambiamento e nessuno potrebbe scegliere razionalmente di alimentare un sistema dannoso e a breve anti economico, ma nel mercato si opera ancora sulla base di scelte ritenute “obbligate” a causa della mancanza di concrete alternative.

Partendo da questo accordo sul “cosa fare”, SinCE AFC nei prossimi anni contribuirà con la diffusione e lo scambio di “buone esempi” alla realizzazione di azioni basate su di un condìviso “come farlo”.

Bibliografia

- [1] *Circular economy, benefits and good practices*, edited by Marino Cavallo and Daniele Cencioni, Milano, Edizioni Ambiente, 2017
- [2] *Metropolitan Agriculture and Nature-Based Solutions*, edited by Marino Cavallo and Stefano Spillare, Milano, Franco Angeli, 2018
- [3] **Stacchini V.**, *SMEs and Industrial Symbiosis in Europe: Good Practices from CESME and Since-AFC*, In “Symbiosis Users Network - SUN Proceedings of the third SUN Conference. Best practices on industrial symbiosis in Italy and the contribution of regional policies - Rimini, November 7th 2019”, ENEA, 2020
- [4] **Cavallo M.**, *The Enchantment of the Territories and the Circular Economy in Agri-Food Starting from an European Experience*, In “Ecomondo. The Green Technology Expo”, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2020
- [5] *Smart specialization: reappraising the local dimension*, edited by Nicola Bellini, Marino Cavallo and Giulia Lazzeri, Milano, Franco Angeli, 2019
- [6] **World Farmers Markets Coalition**, *First World Farmers Market Report*, Centro Studi Divulga, 2021
- [7] *Il rilancio dei mercati. Spazio pubblico, servizi comunitari ed economia circolare*, a cura di Daniela Patti, Levente Polyak e Manuel Torresan, Vienna, Cooperative City Book, 2019
- [8] **Associazione Slow Food Bologna**, *Nutrire Bologna. La proposta di Slow Food Bologna per rigenerare il sistema agroalimentare della Città*, Bologna, 25 giugno 2020
- [9] **Oldenburg R.**, *The Great Good Place*, Manchester, Paragon House, 1989
- [10] *Porto culture. Rigenerazione e partecipazione culturale: Il progetto europeo Urban Regeneration Mix*, a cura di Marino Cavallo e Daniele Cencioni, Bologna, Bononia University Press, 2021
- [11] **Parrique T., Barth J., Briens F., Kerschner C., Kraus-Polk A., Kuokkanen A., Spangenberg J.H.**, *Decoupling debunked: Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability*, European Environmental Bureau, 2019
- [12] **Città Metropolitana di Bologna**, *Linee Guida per l'Economia Circolare in Appennino Bolognese*, ECO&ECO, Giugno 2021
- [13] **Ellen MacArthur Foundation**, *Cities and Circular Economy for Food*, Report 2019
- [14] **Ellen MacArthur Foundation – ARUP**, *City Governments and Their Role in Enabling a Circular Economy Transition. An Overview of Urban Policy Levers*, 2019
- [15] **Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali**, *Piano Strategico per l'innovazione e la ricerca nel settore agricolo, alimentare e forestale*, Roma, 10 luglio 2014
- [16] **Di Iacovo F., Fonte M., Galasso A.**, *Agricoltura civica e filiera corta: nuove pratiche, forme d'impresa e relazioni tra produttori e consumatori*, Roma, Coldiretti, 2014
- [17] **Inter-American Development Bank**, *Creative and Cultural Industries in Urban Revitalization. A practice based handbook*, 2019
- [18] **Drigo C.**, *Il ruolo degli enti locali nell'implementazione del “diritto al cibo adeguato”*, In “Ambiente, Energia, Alimentazione. Modelli giuridici comparati per lo sviluppo sostenibile”, a cura di Ginevra Cerrina Feroni, Tommaso Edoardo Frosini, Luca Mezzetti e Pier Luigi Petrillo, Firenze, CESIFIN, 2016
- [19] **Artmann M., Sartison K.**, «The Role of Urban Agriculture as a Nature-Based Solution: A Review for Developing a Systemic Assessment Framework», *Sustainability* 2018, 10(6), 1937
- [20] **Osservatorio Food Sustainability**, *La sostenibilità vien innovando! Informazione e circolarità, Chiavi di volta per una filiera più sostenibile e inclusiva*, Politecnico di Milano, Giugno 2020

Acqua, aria, terra e tutela della biodiversità: fattori per contrastare i cambiamenti climatici e avviare un bilanciamento tra resilienza sostenibile e sostenibilità resiliente

Carlo d'Orta, carlo.dorta@unipaceroma.org,

Università Internazionale per la Pace di Roma (UniPace) - Comitato Scientifico Fondazione UniVerde.

Riassunto

Il presente studio intende approfondire le problematiche che affliggono la conservazione delle risorse del nostro Pianeta – in particolare degli elementi acqua, aria e terra – che si è trasformata progressivamente in una sfida non più eludibile per le future generazioni. Un problema che tocca la sfera sociale e necessita di un solido approfondimento giuridico. Il climate law e l'educazione ambientale dei cittadini possono divenire nuovi punti di convergenza e demarcatori sistemici per tutelare l'ambiente e rendere i cittadini responsabili nella gestione del territorio e nella tutela dell'ambiente, con un consapevole sguardo al futuro. I propositi sono tanti e l'auspicio condiviso tra gli attivisti e operatori di settore è respirare un'aria che torni nuovamente ad essere pulita, assistere alla ripresa della terra che torni ad essere ricca e florida e dell'acqua come elemento di benessere comune. Un bilanciamento tra resilienza sostenibile e sostenibilità resiliente consentirà di arginare le problematiche che affliggono l'ambiente.

Summary

This study aims to investigate the problems that affect the conservation of the resources of our planet - in particular the elements of water, air and earth - which has gradually become a challenge that can no longer be avoided by future generations. This problem involves the social sphere and requires a solid legal investigation. Climate law and environmental education of citizens can become new points of convergence and tools to protect the environment and make citizens responsible for land management and environmental protection, with a conscious look to the future. The intentions are many and the hope shared among activists and operators in the field is to breathe an air that returns again to be clean, to witness the recovery of the earth that returns to be rich and flourishing and water as an element of common welfare. Only the balance between sustainable resilience and resilient sustainability will succeed in curbing the problems that plague the environment.

1. Biodiversità, educazione ambientale: demarcatori sistemici del Green Deal europeo

La conservazione delle risorse del nostro Pianeta – in particolare degli elementi acqua, aria e terra – si è trasformata progressivamente in una sfida non più eludibile per le future gene-

razioni. I tempi che ricorrono impongono all'Italia e all'Europa riflessioni sulle politiche da adottare nell'immediato futuro e sulla necessità di invertire la marcia rispetto a scelte discutibili del passato. Sarà opportuno tracciare percorsi segnati sulla valorizzazione e tutela della biodiversità, l'introduzione di nuovi modelli di economia sostenibile che impattino positivamente sull'ambiente e sulla rigenerazione delle risorse. Un cambiamento che dovrà veder in prima linea impegnate Istituzioni, imprese e, in primis, i cittadini. Una rivoluzione *green* avviata dal basso che argini l'incedere di ataviche patologie che arrecano solo danni ambientali e affliggono la Società moderna.

L'esito positivo di questa prospettiva condurrebbe a un bilanciamento tra esigenze dei cittadini – specialmente i più giovani, i cosiddetti “*nativi ambientali*” - i cui comportamenti quotidiani dovrebbero trovare prospettive naturali nel rispetto dell'ambiente in cui vivono, e crescita istituzionale dei Paesi impegnati nel procedimento di avanzamento che, in questo modo, potrebbero mettere in discussione i modelli esistenti, migliorarli e costruirne di nuovi e convertire quei proclami troppo spesso vanamente utilizzati di educazione allo sviluppo sostenibile in veri e propri propositi [1].

Si innescherebbero dinamiche inedite riconducibili a fattori comuni. Così, i concetti di educazione Ambientale e tutela della biodiversità da meri simboli di futuro diventerebbero demarcatori funzionali con cui trasferire ai cittadini competenze di tipo olistico utili a costruire percorsi educativi integrati in cui la tematica ambientale sia posta come principale tema di diffusione educativo.

Una nuova educazione civica ambientale fondata sulla conoscenza e capacità di gestione dei cicli virtuosi di conservazione del territorio, mantenimento delle sue diversità geo-fisiche e geopolitiche, riciclaggio, smaltimento dei rifiuti; lotta all'inquinamento, sviluppo delle tecniche di produzione delle energie rinnovabili; tutela della biodiversità, adattamento al cambiamento climatico. *Best practice* del quotidiano frutto di un novero di conoscenze scientifiche e tecniche.

Il punto di convergenza si rinviene nell'esercizio virtuoso della cittadinanza attiva, nell'impegno a tutelare l'ambiente, nella formazione di persone (autonome e critiche) in grado di assumere decisioni responsabili nella gestione del territorio e nella tutela dell'ambiente, con un consapevole sguardo al futuro.

In questo contesto si inserisce – come anticipato – il tema della tutela della biodiversità nella sua prospettiva meramente naturalistica e nell'avviare percorsi che affondano le radici in tematiche che interessano la componente giuridica, economica e sociale della sostenibilità e dello sviluppo sostenibile, la gestione delle risorse, l'inquinamento ambientale.

Per biodiversità – o “*diversità biologica*”, riprendendo la definizione offerta dalla Conferenza dell'ONU di Rio de Janeiro del 1992 su Ambiente e Sviluppo – deve intendersi “*ogni tipo di variabilità tra gli organismi viventi, compresi, tra gli altri, gli ecosistemi terrestri, marini e altri acquatici e i complessi ecologici di cui essi sono parte; essa comprende la diversità entro specie, tra specie e tra ecosistemi*”. Il concetto va considerato come variabilità genetica, *intra/interspecifica* ed ecosistemica; si fonda su presupposti interagenti che riconducono all'idea di variabilità come una caratteristica fondamentale degli ecosistemi che negli ultimi 50 anni hanno mutato le proprie caratteristiche ecologiche creando a catena una serie di mutamenti che rischiano di compromettere definitivamente la propria sopravvivenza.

In questa ottica risulta centrale la capacità degli ecosistemi di ristabilire un equilibrio alterato da fenomeni di inquinamento, una attitudine che sostanzialmente viene indicata con i termini *resilienza* o *resistenza* ai cambiamenti. Ove tali alterazioni risultassero crescenti nei tempi e nell'intensità si produrrebbero irreversibili danni ecologici che non consentirebbero all'ecosistema e alla popolazione di ripristinare le condizioni di equilibrio perse.

2. La tutela dell'acqua

Dunque, la tutela della biodiversità si pone come requisito indispensabile per la sopravvivenza del Pianeta e dell'Uomo. Ed un fattore rilevante nella riduzione della biodiversità è l'introduzione negli ecosistemi di specie alloctone che spesso a causa di fenomeni di riscaldamento globale e/o di cambiamenti climatici in genere, trovano ambiente favorevole al loro sviluppo e riproduzione occupando habitat di specie autoctone tipiche che rischiano l'estinzione.

Ne deriva che un punto di discussione critica può riguardare le azioni da intraprendere per tutelare la biodiversità. In tal senso, numerosi sono i progressi ottenuti in campo scientifico e tecnologico, basti pensare alle forme di ripopolamento, riforestazione, rinascimento artificiale delle coste attuate in molte aree degradate.

Dal punto di vista meramente normativo la tutela della biodiversità ha dato la possibilità di affermare un filone scientifico che trova progressiva implementazione nel *climate law*, una disciplina che analizza l'intera materia ambientale e si sforza di trovare rimedi per contrastare l'avanzata dei cambiamenti climatici. Numerose sono le norme sovranazionali che si occupano della biodiversità, si ricordi in tal senso le direttive UE 92/43/CEE e UE 79/409/CEE, la Legge Quadro sulle Aree Protette 394/91 e ss.mm.ii, nonché la celebre *Strategia europea per la Biodiversità verso il 2020* che, da varie angolazioni, hanno provato a porre argini all'avanzata del degrado dei servizi ecosistemici, anche se la strada da percorrere è ancora lunga [2].

Vero è che, nella prospettiva rimediale la risorsa acqua assume un ruolo centrale per affrontare tematiche connesse a problematiche di tipo ambientale e a costruire percorsi che intersechino aspetti sociali e economici.

La risorsa dell'acqua deve osservata da differenti angolazioni:

- acqua come risorsa naturale;
- acqua come bene comune;
- acqua come fonte di conflitti o risorsa da condividere;
- acqua e società (povertà, salute, città, donne e bambini);
- acqua e agricoltura;
- sprechi e perdite di acqua;
- acqua e cambiamenti climatici.

L'acqua è tra i principali costituenti degli ecosistemi, ricopre la Terra per il 70%: solo il 2.5% del totale è acqua dolce in ghiacciai e nevi perenni, mentre il 97.5% è acqua salata. Eppure, la scarsità d'acqua affligge, in diverse forme, un terzo della popolazione mondiale. Negli ultimi decenni l'acqua è stata oggetto di molte conferenze e dichiarazioni internazionali, che hanno sancito l'importanza di questa risorsa e la necessità della sua tutela, anche se secondo visioni a volte contrapposte, in particolare per quanto riguarda il riconoscimento dell'acqua come bene comune e come diritto umano fondamentale.

L'equilibrio complessivo del rapporto tra uomo e la risorsa acqua è influenzato quindi da fattori molteplici e di diversa natura, per controllare i quali è indispensabile l'intervento pubblico di regolazione e di governo della risorsa, che non può essere fondato sulla forma tradizionale che stabilisce regole e sanzioni per le relative infrazioni, ma deve accompagnarsi da adeguate politiche di informazione e di educazione.

Tali politiche devono influire sui comportamenti, promuovendo il coinvolgimento del cittadino nella definizione degli obiettivi e delle regole spingendo a forme di governo partecipativo, in cui il cittadino deve sentirsi soggetto attivo e passivo per il raggiungimento di obiettivi d'interesse comune.

3. Gli elementi dell'aria e terra

Le medesime problematiche che affliggono l'acqua trovano risultanze anche negli elementi dell'Aria e del Suolo, sempre più contaminati da politiche d'investimento scellerate e dalla mano disattenta dell'uomo; ed è per questo motivo che, recentemente, la Commissione europea ha introdotto un *Piano d'azione dell'UE per "Azzerare l'inquinamento atmosferico, idrico e del suolo"* e qualificando questa problematica come uno dei principali obiettivi del *Green Deal* europeo.

Il Piano suggerisce una visione integrata per il 2050 e una prospettiva di intervento per rendere ridurre l'inquinamento a livelli che non siano più dannosi per la salute umana e gli ecosistemi naturali, comprese le misure per realizzare tale visione. Esamina, inoltre, la problematica ambientale in molteplici prospettive e porge particolare attenzione all'affermazione di soluzioni digitali per debellare l'inquinamento; è anche previsto di riesaminare la pertinente legislazione dell'UE al fine di individuare le lacune ancora esistenti nella legislazione dell'UE e gli aspetti che necessitano di una migliore attuazione per conformarsi a tali obblighi giuridici. Il testo strategicamente combina le azioni dell'UE volte a contrastare e prevenire l'inquinamento e intende individuare le lacune e gli aspetti che necessitano di un miglioramento all'interno delle legislazioni dell'Unione; mira, inoltre, a ridurre le disuguaglianze che incidono sulla salute e l'impronta dell'inquinamento esterno dell'UE, limitando le esportazioni di prodotti e rifiuti che hanno un impatto nocivo e tossico, nonché ad avviare Living Labs per soluzioni digitali verdi che affrontano l'inquinamento.

Per raggiungere l'obiettivo auspicato per il 2050 sono indicati taluni target da raggiungere entro il 2030 che spaziano dal: migliorare la qualità dell'aria, allineando gli standard alle raccomandazioni dell'OMS e ridurre del 55% il numero di morti per inquinamento atmosferico; migliorare la qualità dell'acqua, riducendo del 50% i rifiuti di plastica in mare e del 30% le microplastiche rilasciate nell'ambiente; migliorare la qualità del suolo e ridurre del 50% le perdite di nutrienti e l'uso di pesticidi chimici; ridurre del 25% gli ecosistemi dell'UE in cui l'inquinamento atmosferico minaccia la biodiversità; ridurre del 30% la percentuale di persone che soffrono di disturbi cronici causati dal rumore dei trasporti, rivedere le norme dell'UE in materia di rifiuti, in linea con i principi dell'economia circolare e pulita, riducendo del 50% i rifiuti urbani residui.

Ma le implicazioni di questi ultimi tempi fanno emergere delle perplessità sul loro raggiungimento.

4. Lo spettro delle polveri sottili continua a preoccupare l'Europa

Perplessità che si trasformano in certezze quando si esamina un'altra problematica connessa agli elementi acqua-terra-aria e al tema complessivo della tutela della biodiversità.

Secondo una ricerca pubblicata a giugno dall'Agenzia europea dell'ambiente, più della metà delle città europee è ancora invasa dalle polveri sottili, nonostante una riduzione delle emissioni del traffico e di altri inquinanti durante le restrizioni alla circolazione del 2020. Lo studio è stato condotto raccogliendo dati da 323 città tra il 2019 e il 2020, e ha rilevato che solo in 127 di queste, ovvero circa il 40%, i livelli di particolato fine noto come Pm_{2,5} sono inferiori ai limiti raccomandati dall'Organizzazione mondiale della sanità. Inoltre, è emerso che il particolato fine è la fonte di inquinamento atmosferico con il maggiore impatto sulla salute; nonostante negli ultimi dieci anni si sia registrato un netto miglioramento della qualità dell'aria in Europa, ha provocato circa 417mila morti premature in 41 Paesi europei durante il 2018. "L'esposizione a lungo termine al Pm_{2,5} causa malattie cardiovascolari e respiratorie", si legge sul sito dell'Aea.

Anche il *British journal of psychiatry* e una inchiesta del *The Guardian* hanno mostrato come l'esposizione all'inquinamento atmosferico è collegata anche a una maggiore diffusione delle

malattie mentali. Recenti ricerche avevano già dimostrato che piccoli aumenti dell'inquinamento atmosferico sono collegati a significativi aumenti di depressione e ansia, all'incremento dei suicidi e a una riduzione del livello di intelligenza media.

Sempre a proposito del biossido di azoto, l'AEA ha registrato un decremento dei livelli di questo inquinante durante i periodi di restrizione alla mobilità; nonostante ciò, i livelli di particolato sono rimasti elevati. Questo fenomeno è dovuto al fatto che le fonti di particolato fine sono, per quanto riguarda le origini antropiche dannose, molto più variegata rispetto al semplice traffico stradale: si parla di combustibili per il riscaldamento, inquinamento industriale e anche agricolo e che il lockdown non ha migliorato significativamente la condizione di molte città europee perché ha avuto un impatto significativo sul biossido di azoto causato dal traffico, ma molto meno sul Pm_{2,5}. Tuttavia, se le persone continuassero a propendere per il telelavoro gli effetti influirebbero nel lungo periodo sui modelli di inquinamento.

Ma l'inquinamento dell'aria ha anche altre forme, diffuse nei Paesi in via di sviluppo. Una tra le più gravi riguarda la cottura di cibi sul fuoco all'interno delle case, praticato ancora dal 38% della popolazione mondiale che, bruciando legna per cucinare o riscaldarsi, senza adeguato sistema di smaltimento dei fumi, pregiudica la propria salute e provoca danni all'ambiente, abitudine diffusa soprattutto nell'Africa sub-sahariana e in Asia che potrebbe essere risolta agevolmente con la diffusione di pratiche di "clean cooking".

5. Quali sono le future proiezioni per l'inquinamento atmosferico?

Per rispondere andrebbe analizzato uno studio pubblicato qualche anno fa dalla Rivista scientifica *Nature* la somma dei diversi tipi di polveri potrebbe portare le morti causate dall'inquinamento atmosferico a raddoppiare entro il 2050, arrivando a circa sette milioni l'anno [3].

Per reagire a queste fosche previsioni, le regole in Europa e in Italia stanno evolvendosi, sia per attitudine al monitoraggio che di azione. In questo senso, la Corte di Giustizia della Ue ha condannato l'Italia per aver violato, tra il 2008 e il 2017, i limiti di qualità dell'aria "in maniera sistematica e continuata". Al nostro Paese è stata contestata la mancata adozione di misure per contrastare l'inquinamento.

Si tratta di un capitolo d'indagine che per tanti versi rinvia al dedicato tema della mobilità elettrica, una misura che, ove sostanzialmente potenziata, migliorerebbe la qualità dell'aria e della circolazione all'interno del nucleo urbano centrale. Nonostante questo genere di mobilità venga citato molto spesso, infatti, il documento registra una mancanza di concretezza delle azioni e obiettivi attuabili per poter implementare operativamente questo sistema nel territorio comunale di riferimento.

Le città e la mobilità urbana sembrerebbero essere ancora assenti nel Piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr), anche in quello presentato dal governo Draghi. Sono insufficienti le risorse dedicate alle nuove reti tramviarie, metropolitane (3,6 miliardi) e per nuovi autobus (tre miliardi), limitate le risorse per la mobilità ciclabile (600 milioni), che non colmeranno il grave deficit attuale, nonostante il lavoro del ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibile (Mims) e l'impiego di seicento milioni di euro nelle regioni e le province autonome per l'acquisto di nuovi autobus ecologici e 260 milioni per il potenziamento e rinnovamento delle ferrovie gestite dalle regioni.

Recentemente il Ministro Enrico Giovannini, esprimendo soddisfazione per il provvedimento che fa del Mims il primo ministero a realizzare gli interventi previsti dal Piano nazionale per gli investimenti complementari al Pnrr, ha sottolineato che "per la prima volta non si finanziano più autobus diesel".

Il decreto si propone di lanciare due segnali importanti: sulla tempestività dei progetti; sull'entità delle risorse destinate a interventi che vanno nella direzione della sostenibilità, per rendere le città più vivibili, meno inquinate, in grado di offrire servizi migliori ai cittadini.

In questa prospettiva il trasporto pubblico locale diviene elemento che influisce sulla qualità della vita delle persone, lavoratori, studenti, famiglie e le città come nervo scoperto della lotta all'inquinamento atmosferico e, al tempo stesso, aree dove in un futuro (si spera poco remoto) si può agire con la maggiore efficacia e probabilità di successo.

I propositi sono tanti e l'auspicio condiviso tra gli attivisti e operatori di settore è respirare un'aria che torni nuovamente ad essere pulita, assistere alla ripresa della terra che torni ad essere ricca e florida e dell'acqua come elemento di benessere comune.

Attuando un equo bilanciamento tra resilienza sostenibile e sostenibilità resiliente si avrà la possibilità di arginare le problematiche che affliggono l'ambiente.

Bibliografia

[1] **C. d'Orta**, *Green Deal 2030 un progetto per garantire sostenibilità e promuovere un «ambientalismo maturo*, in *Comparazione e diritto civile* (2021).

[2] **Murray, C. & Lopez, A. D.** *The Global Burden of Disease: A Comprehensive Assessment of Mortality and Disability from Diseases, Injuries, and Risk Factors in 1990 and Projected in 2020* (Harvard Univ. Press, 1996).

[3] **J. Lelieveld, J.S. Evans, M. Fnais, D. Giannadaki, A. Pozzer**: *The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale*, in *Nature* (2015).

La disinfestazione “circolare” degli allevamenti avicoli per il contrasto agli Artropodi mediante il calore ottenuto da aerotermini elettrici collegati a gruppi elettrogeni alimentati a biometano

*Paolo Guerra, paolo.guerra@evoluzioneservizi.it, Chiara Montanari, Luca Bernasconi
Evoluzione Servizi Srl, Ravenna*

Riassunto

Dopo aver illustrato l'innovativa metodologia di disinfestazione effettuata con il calore (50°C per >38 ore) applicata nei locali del settore alimentare (molini, pastifici, etc.) e negli allevamenti del settore avicolo (produzione di uova) in alternativa alle sostanze chimiche (gas e insetticidi) per l'eliminazione di tutti gli stadi vitali degli Artropodi (Insetti e Acari), gli autori descrivono gli aspetti tecnologici dei macchinari impiegati per questi interventi. L'uso di aerotermini alimentati elettricamente (19 KW/cad.) introdotti in numero variabile all'interno dei locali in ragione delle volumetrie da sottoporre a trattamento (1 ogni 250-400 m³) è reso possibile dalla disponibilità di energia dei contesti in cui si svolge la disinfestazione. Nelle aziende alimentari gli aerotermini si collegano alla rete elettrica aziendale, mentre nell'ambito avicolo l'energia necessaria è fornita da gruppi elettrogeni posizionati all'esterno ed alimentati a gasolio. Il lavoro descrive e dimostra la possibilità di effettuare le disinfestazioni con calore negli allevamenti avicoli utilizzando quale fonte energetica il biometano originato dal trattamento dei rifiuti umidi, perseguendo i più recenti orientamenti europei in materia di eco sostenibilità volti alla riduzione dell'uso di sostanze chimiche nelle filiere agro alimentari (pesticides reduction from Farm to Fork), per il raggiungimento di una neutralità climatica (Green Deal) garantendo l'igiene dei prodotti e la sicurezza del consumatore.

Summary

After having illustrated the innovative disinfestation methodology carried out with heat (50 °C for > 38 hours) applied in the food sector (mills, pasta factories, etc.) and in the poultry sector farms (egg production) as an alternative to chemicals (gases and insecticides) for the elimination of all life stages of Arthropods (Insects and Mites), the authors describe the technological aspects of the machinery used for these interventions. The use of electrically powered unit heaters (19 KW / each) introduced in a variable number inside the premises according to the volumes to be treated (1 every 250-400 m³) is made possible by the availability of energy in the contexts in which disinfestation takes place. In food companies, the unit heaters are connected to the company electricity network, while in the poultry sector the necessary energy is provided by generators positioned outside and powered by diesel. The work describes and demonstrates the possibility of carrying out disinfestations with heat in poultry farms using biomethane originating from the

treatment of wet waste as an energy source, pursuing the most recent European guidelines on eco-sustainability aimed at reducing the use of chemicals in agro-food supply chains (pesticides reduction from Farm to Fork), to achieve climate neutrality (Green Deal) guaranteeing product hygiene and consumer safety.

1. Introduzione

1.1 Le disinfestazioni con calore nel settore agro alimentare: analisi del contesto.

Sino al 2007 la sostanza gassosa impiegata per le fumigazioni nelle industrie alimentari in virtù della propria efficacia contro tutti gli stadi vitali degli insetti infestanti (uova e pupe comprese) era il bromuro di metile. Questo gas tossico veniva impiegato per la disinfestazione contro nematodi nei terreni ed insetti all'interno delle serre preventivamente alla messa a dimora di talune colture (fragole, radicchi, etc.), ma anche per la fumigazione di strutture ed edifici alimentari vuoti (pastifici, molini, etc.) per il contrasto agli insetti delle derrate vegetali fra le quali *Tribolium* spp, *Sitophilus* spp, *Lasioderma* spp e *Plodia* spp. Le motivazioni che portarono alla messa al bando di questo gas erano legate alla persistenza in atmosfera degli ioni bromo derivanti da questi processi di disinfestazione e al suo inserimento fra gli agenti depletori dell'ozono. Queste implicazioni sull'impiego dei gas vengono ricondotte al Global Warming Potential (GWP), ovvero al potenziale di riscaldamento globale, un indice che ci restituisce la misura di quanto la molecola di un determinato gas contribuisce all'effetto serra. Questo numero si basa su una scala relativa che confronta ogni gas con l'anidride carbonica il cui GWP è pari ad 1. Al fine di tutelare comunque le produzioni agro alimentari italiane e prevenire le infestazioni in alcune delle filiere più esposte come quella dei cereali, della frutta secca e dei prodotti coloniali, con procedura di urgenza, fu registrato un nuovo composto chimico che esplica la propria azione in forma gassosa: il difluoruro di solforile. Trasportato in bombole in pressione, anch'esso impiegabile da personale in possesso delle patenti per i gas tossici, viene tuttora utilizzato per le proprietà tossiche nei confronti di tutti gli stadi vitali degli insetti infestanti. Anche questo composto gassoso determina un impatto negativo in atmosfera e un recente documento, pubblicato alla fine del 2015 dall'European Chemical Agency (ECHA), stima un GWP di 4.800 (in un orizzonte temporale compreso fra 100 e 378 anni) laddove il bromuro di metile è indicato con un GWP pari a 5 nel quarto studio di assestamento (AR4), sceso a 2 nella quinta revisione (AR5) nell'orizzonte temporale di 100 anni.

Nella filiera di produzione delle uova, negli allevamenti avicoli, sono note infestazioni da acari riconducibili alla specie *Dermanyssus gallinae* (Fig. 1) (acaro pollino) nei confronti del quale i sistemi di lotta attuali prevedono l'uso di sostanze chimiche di varia natura.



Fig. 1 – Adulto di *Dermanyssus* spp

Gli insetticidi liquidi, irrorati all'interno degli allevamenti durante il fermo sanitario posseggono caratteristiche di residualità e di persistenza (carbammati, neonicotinoidi, etc.) in contra-

sto con i principi europei in materia di riduzione del rischio chimico lungo ed eco sostenibilità della filiera alimentare e del Green Deal inerente l'aspetto ambientale. Nel settore avicolo il trattamento di disinfestazione con calore effettuato preventivamente all'accasamento delle galline ed integrato con altri composti naturali (polveri diatomee), ha dimostrato ampiamente la possibilità di eliminare e contenere infestazioni di questo tipo.

Fermi restando gli aspetti biologici e di ecosostenibilità oggi più che mai attuali per la scelta di un metodo di disinfestazione, vale qui la pena sottolineare che con il termine "fumigazioni" vanno intese metodologie di disinfestazione basate sull'impiego di prodotti gassosi in grado di eliminare tutti gli stadi vitali degli artropodi, compresi l'uovo e la pupa. Ciò è possibile grazie alla capacità del gas di superare i tegumenti protettivi i quali, attraverso i normali processi di traspirazione per la maturazione dei rispettivi stadi vitali, consentono il passaggio di aria e di molecole gassose e la fuoriuscita di anidride carbonica. Questo scambio non è perseguibile con le disinfestazioni mediante la distribuzione di biocidi o di insetticidi, siano essi micronizzati o aerosolizzati. Va da sé che l'impiego di insetticidi in aerosol, sotto forma di nebbia calda o di altre nebbie generate da barattoli auto svuotanti, non hanno alcuna efficacia ovicida ed è pretestuoso se non errato, definire questi composti dei fumiganti quando in realtà agiscono come un fumogeno. Preciso quanto sopra, i metodi di lotta efficaci nei confronti di tutti gli stadi vitali degli Artropodi (insetti e acari) infestanti le aziende alimentari e gli allevamenti e in grado di ridurre il rischio di infestazione sui prodotti destinati al consumatore prevedono l'uso di gas (tossici) o delle elevate temperature (calore).

2. Relazione

2.1 Generalità sulla disinfestazione con calore mediante l'impiego di aerotermini nel settore alimentare ed avicolo.

Dal 2006 nel settore alimentare si è cominciata ad applicare la disinfestazione con elevate temperature (calore) la quale prevede di introdurre nei locali interessati al trattamento degli specifici aerotermini alimentati (Fig. 2) elettricamente i quali vengono accesi per raggiungere valori di temperatura compresi fra i 45 ed i 55°C per almeno 38-42 ore e conseguenti riduzioni dell'umidità relativa da valori ambientali rispettivamente >60% e <25% per le aziende alimentari, e <10% per gli allevamenti.



Fig. 2 – Aerotermino in reparto silos pastificio

I vari stadi degli insetti infestanti muoiono principalmente per disidratazione, fenomeno che avviene da temperature > 45°C, ma vengono eliminati anche grazie ad una serie di alterazioni irreversibili sulla composizione lipidica, sulla coagulazione proteica e sull'eliminazione di taluni enzimi corporei che, oltre alla mortalità diretta, permettono di ottenere importanti effetti di tipo secondario. Già a temperature di 37-42°C si ottengono effetti sulla diminuzione della fecondità (ovvero sul n° delle uova deposte) e sulla minor fertilità delle stesse (% di schiusa o di uscita dell'uovo). Al di là degli aspetti inerenti la preparazione

dei locali, estremamente semplificati rispetto ai trattamenti con gas, il tema sul quale è interessante soffermarsi è legato alla risposta dei vari materiali una volta esposti al calore in un intervallo fra i 40°C e i 60°C e con tempi di esposizione compresi fra le 24 e le 48 ore. Gli elementi da considerare sono dati dalla capacità elastica dei materiali ovvero dal loro coefficiente di dilatazione e dalla possibilità di assicurare una adeguata circolazione dell'aria calda all'interno dei locali (Tab. 1).

Materiali	Coefficiente dilatazione
Calcestruzzo	$10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Mattone	$6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Legno	$15 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Acciaio	$12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Alluminio	$24 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Vetro	$9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Plastiche	$80 - 200 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Fonte: B. Keller 2005

Tab.1 – coefficienti dilatazione materiali

Dopo oltre dieci anni dalla diffusione di questo metodo in Italia, grazie all'attuazione di rigide procedure di intervento, unite ad un approfondimento sull'interazione del calore con i diversi materiali anche plastici che compongono parte degli accessori di lavorazione presenti nelle industrie si può ritenere che le perplessità su questa disinfestazione siano state abbondantemente superate anche nel caso di trattamenti ripetuti numerose volte negli stessi ambienti.

2.2 Le disinfestazioni con calore e gli assorbimenti energetici necessari.

Gli aerotermini sono dislocati all'interno dei locali secondo protocolli sviluppati in oltre dieci anni di applicazione ed in numero variabile in relazione alle caratteristiche e alle strutture in cui viene effettuato il trattamento. Ciascun apparecchio assorbe 19 KW (28 ampere) corrispondenti a circa 62mila BTU il quale dispone di un termometro interno ed un termostato regolabile che permette di staccare la resistenza una volta raggiunti i valori impostati (ad esempio $>50^{\circ}\text{C}$ $<55^{\circ}$) e di riattaccarsi automaticamente nel caso i valori scendano al di sotto della temperatura desiderata. Gli aerotermini sono dotati di una prolunga che si inserisce in un quadro intermedio con 3 o con 6 prese elettriche dal quale esce un cavo dotato di un capocorda in rame di 12 mm utile ad alimentare i dispositivi che può inserirsi:

- nel/nei quadri elettrici interni all'industria alimentare la quale dispone dei quantitativi energetici necessari;
- nel/nei gruppi elettrogeni noleggiati nel caso di allevamenti avicoli nei quali non è possibile trovare l'energia elettrica necessaria al trattamento (Fig. 3)



Fig. 3 – Gruppo elettrogeno a gasolio

In sintesi, e sotto l'aspetto prettamente tecnologico, l'eliminazione di tutti gli stadi vitali degli Artropodi infestanti, in relazione alle varie strutture e ai macchinari presenti richiede n.1 aerotermo ventilato da 19KW per volumi compresi fra i 250 e i 400 m³ i quali dovranno funzionare ininterrottamente per 48 ore allo scopo di ottenere temperature comprese tra i 45°C e i 55°C per almeno 38-42 ore.

Il trattamento richiede la presenza e la sorveglianza dei tecnici, chiamati ad entrare periodicamente per governare le operazioni e controllare la temperatura possibile attraverso:

- il termometro in dotazione a ciascuno degli aerotermini;
- dei termometri manuali ad infrarossi Testo Mod.830-T1 utilizzati durante i controlli dei tecnici;
- termo igrometri trasmettitori Mod. Taua Log T°C/HR%
- termo igrometri registratori Mod. Escort ILog 61D32 e Mod. Escort RHILog 60D32.

Solo nel 2020 abbiamo disinfestato con calore 320.000 m³ di volumi riconducibili ad industrie alimentari. Stimando una media di 1 apparecchio ogni 350 m³, funzionante per 48 ore consecutive con un assorbimento di 19 KW si può ragionevolmente stimare un consumo elettrico di ca. 972.800 KW totali ottenuti dalle linee elettriche disponibili negli stabilimenti.

Per contro, dal 2015 al 2021 abbiamo sottoposto a disinfestazione termica oltre 45 allevamenti per una volumetria complessiva di 575.000 m³. Attività che ha richiesto, considerando 1 apparecchio ogni 250 m³, un assorbimento elettrico di oltre 2 milioni di KW ed un consumo di gasolio di circa 440mila litri necessari ad alimentare i gruppi elettrogeni per il funzionamento degli aerotermini.

Pur consapevoli che il trattamento di disinfestazione con il calore persegue già orientamenti volti all'eliminazione del rischio chimico e alla riduzione di questo impatto per la sicurezza degli alimenti e la tutela del consumatore, ci si è posti l'obbiettivo di utilizzare fonti energetiche rinnovabili al fine di rendere questi interventi completamente ecosostenibili e riconducibili all'economia circolare. In sostanza:

- per i trattamenti negli allevamenti avicoli, sostituire l'uso del gasolio con il biometano utilizzando gruppi elettrogeni specificamente alimentati da questo combustibile naturale (Fig. 4);



Fig. 4 – Gruppo elettrogeno a biometano

- per i trattamenti nelle industrie alimentari utilizzare la frazione di energia disponibile in linea proveniente da fonti rinnovabili.

Nel 2015 è stato effettuato il primo trattamento di disinfestazione mediante calore in un allevamento avicolo di 8.400 m³ utilizzando 33 aerotermini elettrici alimentati continuamente da un gruppo elettrogeno da 720 KW posizionato all'esterno ed alimentato a gasolio attraverso diversi riempimenti durante le 48 ore. Da questo trattamento sono stati poi allora sono stati trattati oltre 45 allevamenti aventi diverse volumetrie e strutturazione.

Nel 2021 è stato realizzato il primo trattamento completamente eco sostenibile utilizzando quale fonte energetica il biometano. La disinfestazione ha previsto l'impiego di 40 aerotermini

alimentati con due gruppi elettrogeni a biometano portato in loco con bombole montate su carro (Fig. 5).



Fig. 5 – Aerotermini in allevamento

Il biometano è stato prodotto da un impianto di ritiro e di lavorazione dei rifiuti umidi, trasformazione dalla quale si ottiene il 35% di anidride carbonica e il 65% di biometano il quale viene separato e introdotto all'interno di impianti di in pressione a 250 bar. Il biometano così stoccato si presta quale combustibile per i mezzi a trazione e può essere distribuito attraverso il suo trasferimento in bombole montate su autocarri (Fig. 6).



Fig. 6 – Bombole di biometano

Dall'elaborazione dei dati resa possibile dalle numerose esperienze condotte, il trattamento di disinfestazione con calore mediante l'uso di gruppi elettrogeni a gasolio impone un consumo di circa 190 L di combustibile per ciascun aerotermino nell'arco delle 48 ore (consumo di 4 L/h per macchina). Per questo intervento sarebbero stati consumati circa 7.500 L di gasolio. Il consumo di biometano registrato in questa prima esperienza ha registrato un rapporto rispetto al consumo di gasolio in passato di 1:1,17 (consumo di 5 m³/h per macchina) ovvero ne sono stati consumati circa 240 m³ per macchina.

3. Conclusioni

Il trattamento di disinfestazione con calore nelle aziende alimentari si è diffuso in questi dieci anni fra le aziende appartenenti al circuito delle produzioni biologiche, ma negli ultimi due o tre anni molte aziende di tipo convenzionale stanno adottando questo metodo per ridurre l'uso dei pesticidi. I più recenti orientamenti della UE stimolano gli operatori alla creazione di filiere alimentari eco sostenibili e ad escludere l'impiego di sostanze impattanti per l'ambiente (Green Deal).

Le aziende tendono quindi a valutare il tipo di disinfestazione da adottare non più e solo in

merito all'efficacia, ma anche in relazione alle più aggiornate frasi di rischio riportate nelle schede tecniche, all'impatto sull'ambiente ovvero, più in generale, all'ecosostenibilità del metodo.

Questa esperienza dimostra come nel settore alimentare riconducibile alla filiera avicola sia possibile effettuare disinfestazioni non solo in sostituzione delle sostanze chimiche insetticide, ma anche senza alcun impatto ambientale mediante l'utilizzo di biometano ottenuto dal recupero e dalla lavorazione dei rifiuti umidi.

È quindi auspicabile che anche nel settore alimentare, riferito alle strutture industriali (molini, pastifici, etc.) sia possibile reperire quote energetiche prodotte da fonti alternative al fine di ottenere filiere farm to fork completamente eco sostenibili.

Bibliografia

- [1] **Adler, C.**, 2002. Efficacy of high temperatures to control *Lasioderma serricornes* and *Rhyzopertha dominica*. Proceedings of the meeting of the IOBC-WPRS study group 'Integrated Protection of Stored Products', Lisbon, 3-5 September, 2001, IOBC-Bulletin 25, 187-191
- [2] **Adler, C.** 2006. Efficacy of heat against the mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* and methods to test the efficacy of a treatment in a flour mill. Proceedings of the meeting of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Sao Paulo 15-18 October - IWCSPP Bulletin 741-746
- [3] **Chauve C.**, 1998 – The poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778): current situation and future prospects for control – *Veterinary parasitology*, 79: 239-245.
- [4] **Guerra P.** 2009 – High temperature for pest control in mills – A case history – *Tecnica Molitoria* 2, pp.109-115
- [5] **Guerra P.** 2012 – High temperature in mills and in pasta factories: efficacy and interaction with the materials – IX Simposio sulla Difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti 29-21 September – University of Piacenza – Act of, pp. 278-284
- [6] **Nordenfors H., Høglund J., Uggla A.**, 1999 – Effects of temperature and humidity on oviposition, molting, and longevity of *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) – *Journal of medical entomology*, 36 (1): 68-72.
- [7] **Guerra P., Radeghieri P.** – 2015 - *Dermanyssus gallinae* integrated control with high temperature treatment in poultry farm – Bulletin of Italian Society of Avian Pathology pp-183-193
- [8] **Radeghieri P., Santi F., Maini S., Guerra P., Grilli E., Conti G.**, 2015.- Le alte temperature contro il pidocchio rosso.- *Agricoltura, Regione Emilia-Romagna*, 43 (5): 26-27.
- [9] **Sparangano O.A.E., Geroge D.R., Harrington D.W.J., and Giangaspero A.**, 2014 - Significance and control of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Annu. Rev. Entomol.* 59:447-66.
- [10] **Tucci E.C., Prado A.P., Araújo R.P.**, 2008 – Development of *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) at different temperatures. *Vet. Parasitol.* 155:127-32.

Innovative processes for the production of monomeric sugars from cardoon roots under mild conditions

*Federico Liuzzi, federico.liuzzi@enea.it, Vito Valerio, Egidio Viola, Isabella De Bari
ENEA - Biorefinery and green chemistry laboratory - Trisaia Research Centre- S.S.106 Jonica -
75026 Rotondella (MT) – Italy*

Riassunto

*Il cardo (*Cynara cardunculus* L.) è considerato una biomassa promettente per alimentare bioraffinerie. Le diverse componenti della biomassa possono infatti essere usate per produrre molecole ad alto valore aggiunto per diverse applicazioni. Le radici in particolare possono contenere fino al 50% di inulina, un polisaccaride composto principalmente da fruttosio, il quale è un intermedio per la sintesi di altre bio-molecole. Per ottenere questo monomero è necessario normalmente condurre idrolisi acide a temperature intorno ai 100°C. Nell'ambito del progetto COMETA (PON 2014-2020) ENEA ha sviluppato un sistema continuo di estrazione e idrolisi con catalizzatori eterogenei, che ha consentito di ottenere una resa di idrolisi del 94% lavorando a più blanda temperatura (ENEA patent no. 102021000008795). Inoltre è stato ottimizzato anche un processo con enzimi immobilizzati che consente di diminuire il dosaggio enzimatico. Entrambi i processi consentono di rendere la produzione di fruttosio da radice di cardo più economicamente ed ambientalmente sostenibile.*

Summary

*Cardoon (*Cynara cardunculus* L.) is considered a promising raw material in biorefinery for multipurpose uses. Different parts of this crop could be used to extract high added-value molecules for different applications. Its roots contain up to 50% inulin, a polysaccharide consisting mainly of fructose, a precursor of several bio-chemicals. Usually, to obtain this monomer, high temperature extraction and inulin acid hydrolysis processes are needed. In this work, a continuous system of extraction of inulin, with the sequential hydrolysis to fructose, was tested. The results have shown that fructose can be produced with a 94% yield in one hour (ENEA patent no. 102021000008795). An enzymatic process with immobilized enzymes was also developed. Both strategies have been shown promising results, reducing temperatures or dosage of expensive enzymes, and making the process more environmentally and economically sustainable.*

1. Introduction

Cardoon (*Cynara cardunculus* L.) is a perennial biomass native to the Mediterranean area that has different species. Some of them are cultivated in certain areas because they are edible, while others, wilder, are characterized by a more robust stem and used for different purposes [1]. The whole biomass can be used to produce high-value-added molecules. The cardoon selected for these purposes has high adaptability to marginal soils, requires little water and nutrients. From the extraction of the seeds, it is possible to obtain several building blocks such as pelargonic acid and azelaic acid; the lignocellulosic part is a fundamental source of

cellulose and hemicellulose while from the root, according to the seasonality and the age of the plant, it is possible to obtain an important amount of inulin. In fact, high sugar contents have been found in the roots of these plants; the average of the genotypes reaches up to about 365g of sugars per kg of the dry root, of which over 80% is inulin (RIF). Precisely for these adaptability characteristics and for the potential for diversified use of roots, stem, and seeds, this plant assumes an important role in biorefineries [2].

Inulin is an oligosaccharide, more precisely, a polymer of β -D-fructose, with β -1,2-glycosidic bonds. The degree of polymerization (DP) of standard inulin varies from 2 to 60. Due to the β (2,1) bonds, inulin is not digested by enzymes in the human food system, contributing to its properties: reduced caloric value, dietary fiber, and prebiotic effects. It belongs to a class of dietary fiber known as fructans (oligofructose) [3]. Besides its application for nutraceutical, inulin can produce fructose for the production of bio based building blocks]. Fructose has many food and beverage applications [4] and it is a suitable raw material for the production of 2,5-dimethylfuran [5]. The exploitation of the fructose, inulin derived, requires the hydrolysis of this oligosaccharide [6].

In the literature, different techniques are available for the extraction of inulin from the roots [7]. Compared to the traditional extraction with hot water (100 for 1 hours), many other techniques aim to make extraction more efficient and less energy-consuming. Among these, microwave and ultrasound-assisted extractions, which allow more effective extractions in reduced times and at lower temperatures, can be mentioned [8,9]. Hydrolysis with hydrochloric acid at pH 1-2 is one of the most common techniques but has drawbacks due to the corrosion and environmental impacts.

In this paper, a new technique, which is an alternative to hydrolysis with hydrochloric acid, has been considered. The attention was so focused on the use of solid catalysts to take advantage of heterogeneous catalysis [10]. Additional mild processes to hydrolyze inulin consists in the use of enzymes. Inulinases are enzymes that allow fructose to be obtained in particular conditions of temperature, pH of the medium, and agitation. The disadvantage of the use of enzymes is that they are expensive. Process optimization can be by means of enzymes immobilization on support allowing a lower dosage and consequently an enzyme saving [11]. In this work, catalytic and enzymatic hydrolysis were tested and optimized in order to make the process more economically and environmentally sustainable.

2. Results and discussion

2.1 *Inulin conversion by heterogeneous catalysis*

As part of the COMETA project, ENEA developed innovative methods to optimize the extraction of inulin and its conversion to fructose. The process was realized by heterogeneous catalysts. A continuous system has therefore been devised that simultaneously operates the extraction and hydrolysis of inulin from cardoon roots. The system is also assisted by ultrasounds. It enables the continuous extraction and hydrolysis of inulin directly from biomass in a sequential mode. The flow is continued until the reaction is completed. Data were compared with a sequential single step: namely extraction of inulin (set-up A); hydrolysis of inulin (set-up B).

2.1.1 *Optimization of the inulin extraction by ultrasound-assisted process*

The extraction tests of inulin from thistle root showed a yield of about 90% in the case of the ultrasound test, about 80% without ultrasound, already after half an hour of the process with water flow at 80 ° C. As the extraction time increased there were no significant increases in yield (figure 1). Therefore, in general, the use of ultrasounds allowed to increase the yield of inulin extraction by over 10% compared to a classic extraction process.

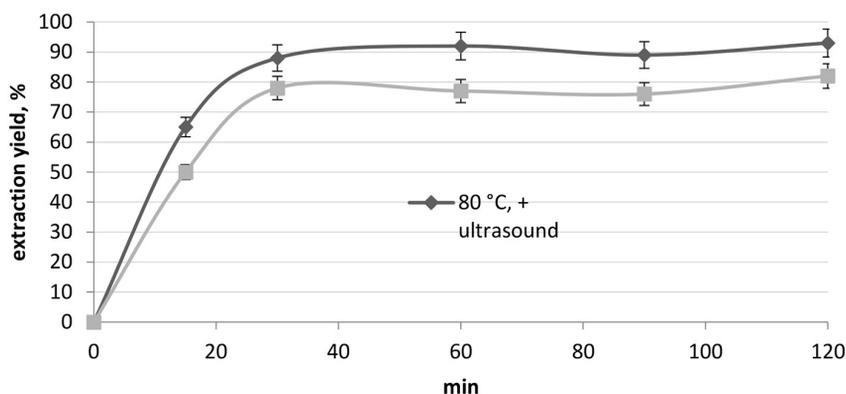


Fig. 1 – Efficiency of inulin extraction during the time; comparison between the use and non-use of ultrasound.

2.1.2 Optimization of the inulin hydrolysis by ion exchange resin

Preliminary tests of hydrolysis of inulin were carried out in the flask with the suspended ion exchange resin without using ultrasounds. The hydrolysis efficiency was assessed by varying time (in the range of 80-180 minutes) and temperature (in the range of 50-90 °C). The results were processed and interpolated with a surface using the Design Expert 10 software, shown in figure 2. Below 60°C the hydrolysis yield was negligible. Without the use of ultrasound, the reaction temperature must be raised to at least 90 °C for 3 hours to obtain a conversion yield in fructose higher than 60%. Since hydrolysis is highly temperature-dependent, an additional test was then carried out at 100 °C and compared with the lower temperature tests: at this temperature, the conversion is almost quantitative already after 90 minutes (data not shown).

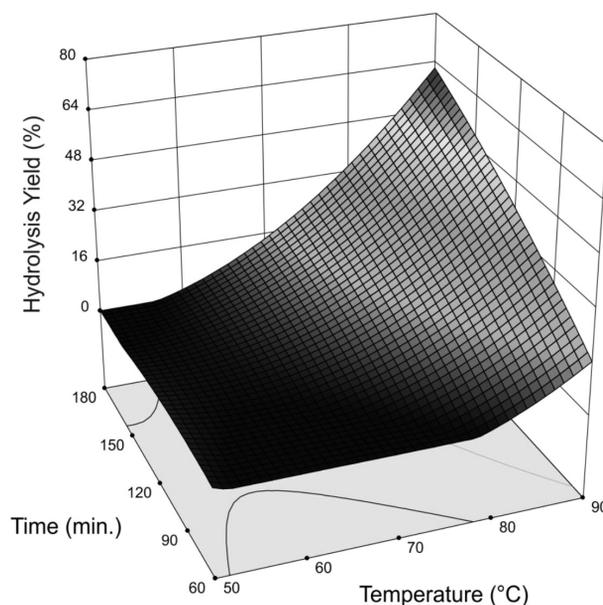


Fig. 2 – Conversion yield of inulin to fructose at different times and temperatures; hydrolysis carried out in flasks by heterogeneous catalysis.

The next step was to compare the yield of hydrolysis as temperature changes using an ultrasound-assisted process. The use of ultrasound made it possible to obtain a practically quantitative yield of hydrolysis already at 80 °C and therefore comparable to the 100 °C used without ultrasound (figure 3).

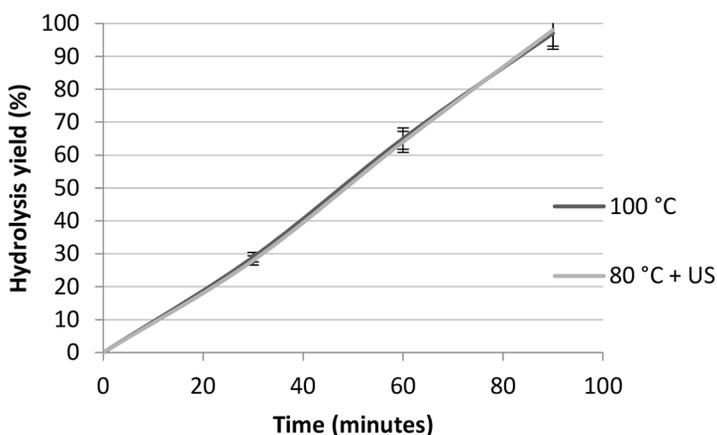


Fig. 3 – Conversion yield of inulin to fructose: tests carried out at 100 °C and at 80 °C with ultrasound

2.1.3. Integrated extraction and hydrolysis

The integrated extraction and hydrolysis kinetics were performed at constant temperature of 80°C (figure 4). The conversion yield was calculated with respect to the theoretical producible fructose by all the inulin contained in the cardoon root. The results through the invention produced showed that the fructose yield achieved 94% already after 1 hour of the process. Moreover, half an hour is sufficient to exceed 80% yield. Through this process, it is, therefore, possible to lower the operating temperature by about twenty degrees and reduce the processing time compared to the classical methods indicated in the literature [6].

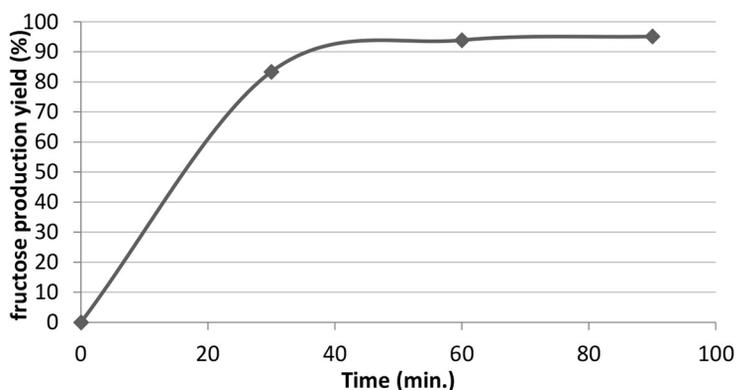


Fig. 4 – Production yield of fructose from cardoon root by ultrasound-assisted sequential extraction and hydrolysis system. The operating temperature was 80 °C.

2.2 Inulin conversion by enzymatic processes

The enzyme that hydrolyses β -1,2-fructan links in inulin is referred to as inulinase or β -1,2-fructan fructanohydrolase (E.C. 3.2.1.7) and it is commonly known as inulinase [12]. The enzymatic hydrolysis tests of inulin extracted from cardoon root were carried out in a shaken incubator at 180 rpm at 50 ° C and pH 4.8. For this purpose, a commercial inulinase (produced by *Aspergillus niger*) with an enzymatic activity of 27.6 U / mg was used as reported by the parent company (Sigma-Aldrich, Saint-Louis, MO, USA). The extraction of inulin from roots was carried out following the method of Raccuia et. al 2015 [6]. The biomass loading for the extraction process was 10%, as it allows to obtain a higher final sugar concentration (about 45g/L) avoiding rheological problems during the extraction phase. Preliminary studies were carried out to optimize the enzyme dosage. The inulin syrup was then enzymatically hydrolyzed to different enzyme concentrations starting from 1U / g root up to 15U / g of the initial root. Preliminary results have shown that at least 3U of the enzyme are required to achieve quantitative inulin conversion in at least 24h of the process (data not shown). In order to further reduce the enzymatic dosage, the same amount of enzyme was immobilized on a support. The immobilization and regeneration procedures are detailed in the previous work [11] that studied the effect of the immobilized enzyme on standard inulin solutions was studied. The immobilized enzyme was recovered after each hydrolysis cycle and reused after a short regeneration tested three times consecutively. The yields of inulin conversion are shown in Figure 5.

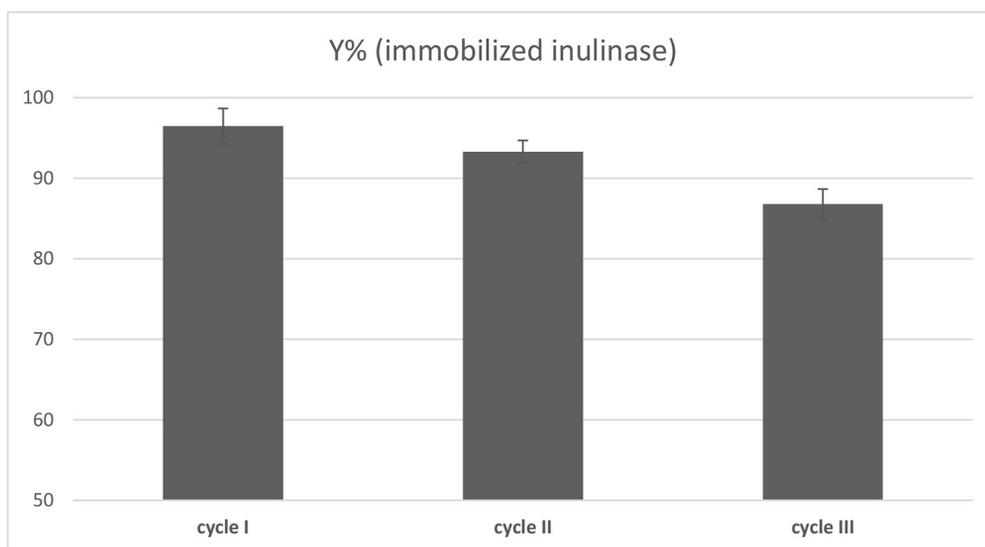


Fig. 5 – Inulin conversion yields. Comparison between immobilized inulinase. Each test was carried out with 3 units of inulinase per g of initial root.

The results showed that the immobilization enables the use of enzymes in continuous processes with final yields comparable to batch operation with free enzymes. In fact, the regeneration of the immobilized enzyme also makes it possible to reuse the same enzyme at least three times with a minimum loss of effectiveness, around 12% after the third use.

3. Conclusions

In this work, a sequential system of extraction and hydrolysis of inulin from cardoon roots was developed and tested. The results obtained showed that the sequential extraction and hydrolysis system is efficient and suitable for this type of application: it is in fact possible to obtain 94% of the theoretical fructose directly from the roots after an hour of process, avoiding intermediate separation procedures and reducing production times. An enzymatic process has also been developed that uses immobilized enzymes. Immobilization of the enzyme allows it to be reused for more than three batches. Both strategies have shown promising results, which in terms of sustainability translate into a temperature of the inulin extraction process below about 20 ° C, use of regenerable catalysts that allow to avoid the use of corrosive inorganic acids for the industrial plants. Moreover, the one-pot process simplifies the extraction / hydrolysis process that from discontinuous becomes continuous, with a considerable reduction in process times. As for enzymatic hydrolysis, our strategy significantly reduces the dosage of expensive enzymes, which economically represent the bottleneck of the process, as their production requires specific and long-lasting energy-intensive processes. For these reasons, both continuous extraction and hydrolysis with catalysts and hydrolysis with immobilized enzymes ensure a more environmentally and economically sustainable production of fructose from cardoon roots.

References

- [1] **Fernández, J., Curt, M. D., & Aguado, P. L. (2006).** Industrial applications of *Cynara cardunculus* L. for energy and other uses. *Industrial crops and Products*, 24(3), 222-229.
- [2] **Raccuia, S. A., & Melilli, M. G. (2004).** *Cynara cardunculus* L., a potential source of inulin in the Mediterranean environment: screening of genetic variability. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(6), 693-698.
- [3] **Kalyani Nair, K. K.; Suman Kharb; Thompkinson, D. K. (2010)** Inulin Dietary Fiber with Functional and Health Attributes—A Review. *Food Review Int*, 26(2), 189-203, DOI: 10.1080/87559121003590664.
- [4] **Hanover, L. M., & White, J. S. (1993).** Manufacturing, composition, and applications of fructose. *The American journal of clinical nutrition*, 58(5), 724S-732S.
- [5] **Lima, D. M., Fernandes, P., Sampaio Nascimento, D., de Cássia L Figueiredo Ribeiro, R., & De Assis, S. A. (2011).** Fructose syrup: a biotechnology asset. *Food Technology and Biotechnology*, 49(4), 424-434.
- [6] **Raccuia, S. A., Genovese, C., Leonardi, C., Bognanni, R., Platania, C., Calderaro, P., & Melilli, M. G. (2015).** Fructose production by *Cynara cardunculus* inulin hydrolysis. In IX International Symposium on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives 1147 (pp. 309-314).
- [7] **Zhu, Z., He, J., Liu, G., Barba, F. J., Koubaa, M., Ding, L. & Vorobiev, E. (2016).** Recent insights for the green recovery of inulin from plant food materials using non-conventional extraction technologies: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 1-9.
- [8] **Wei, L. Y., Wang, J. H., Zheng, X. D., Teng, D., Yang, Y. L., Cai, C. G., ... & Zhang, F. (2007).** Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1087-1093.
- [9] **Belwal, T., Ezzat, S. M., Rastrelli, L., Bhatt, I. D., Daglia, M., Baldi, A., ... & Atanasov, A. G. (2018).** A critical analysis of extraction techniques used for botanicals: Trends, priorities, industrial uses and optimization strategies. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 100, 82-102.
- [10] **Sheldon, R. A., & Downing, R. S. (1999).** Heterogeneous catalytic transformations for environmentally friendly production. *Applied Catalysis A: General*, 189(2), 163-183.
- [11] **Ricca, E., Calabrò, V., Curcio, S., Basso, A., Gardossi, L., & Iorio, G. (2010).** Fructose production by inulinase covalently immobilized on sepabeads in batch and fluidized bed bioreactor. *International journal of molecular sciences*, 11(3), 1180-1189.
- [12] **Ricca, E., Calabrò, V., Curcio, S., & Iorio, G. (2007).** The state of the art in the production of fructose from inulin enzymatic hydrolysis. *Critical reviews in biotechnology*, 27(3), 129-145.

Too Good To Go, l'app contro gli sprechi alimentari

Ilaria Ricotti, iricotti@toogoodtogo.it, Too Good To Go, Milano

Riassunto

La crescente attenzione nei confronti del tema della sostenibilità da parte dei cittadini, ma anche la necessità, sempre più impellente, di trovare nuove forme di produzione e consumo nel rispetto dell'ambiente e delle risorse naturali, hanno fatto sì che ad oggi le imprese siano chiamate a ricoprire un nuovo ruolo all'interno della società. È infatti sempre più importante ideare ed implementare nuovi modelli di business che possano conciliare la creazione di valore economico e di un valore per la società, dal punto di vista sociale ed ambientale. Tra i grandi temi che ancora oggi pongono un ostacolo al raggiungimento di una società più equa e sostenibile rientra sicuramente quello dello spreco alimentare, un problema non solo dal punto di vista etico, ma anche ambientale ed economico. È in questo contesto che si inserisce l'attività di Too Good To Go, un'azienda che utilizza il suo modello di business per avere un impatto positivo sul problema, in modo diretto e indiretto, tramite la creazione di un vero e proprio movimento contro lo spreco alimentare.

Summary

The growing attention towards sustainability combined with the necessity of finding new modes of production and consumption that respect our environment and its resources, did so that businesses are called to step up and fulfill a new role within society. Today, it is fundamental to think about and implement new business models that can help in creating economic value alongside social and environmental value. By no means, food waste represents one of the biggest challenges of our time if we want to achieve a more just and sustainable society. Food waste is wrong not only from an ethical standpoint but it also has consequences on society, the economy and the environment. Too Good To Go is a company that is using its business model to have a positive impact on the issue of food waste, directly and indirectly, creating an international movement against food waste.

1. Introduzione

“Lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri”. Così nel 1987 Gro Harlem Brundtland, coordinatrice della Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo delle Nazioni Unite, ha fornito una prima definizione di sviluppo sostenibile, un tema estremamente importante e dibattuto. La sostenibilità, che sia sociale, economica o ambientale è, ad oggi, uno dei temi più discussi e affrontati all'interno del dibattito pubblico, ma anche della vita economica e sociale ai diversi livelli della società. È ormai un fatto che l'attività dell'uomo stia imponendo una certa pressione sull'ambiente e le risorse naturali disponibili, e che quindi gli attuali modelli di consumo e produzione non siano più “sostenibili” dal punto di vista ambientale. Lo stesso accade quando si fa riferimento all'accesso a risorse fondamentali come cibo, energia ed acqua, le tre risorse fondamentali per lo sviluppo sostenibile, secondo le stesse Nazioni Unite, che però ad oggi non sono distribuite in

modo equo tra la popolazione mondiale [1]. La scorretta distribuzione delle risorse economiche, accentuata ancor di più dalla crisi sanitaria affrontata nell'ultimo anno, fa sì che l'accesso a queste risorse fondamentali sia ancor più difficoltoso per quegli individui che si trovano in condizioni di difficoltà. Con una popolazione mondiale destinata a sfiorare gli 8.6 miliardi di individui nel 2030, è quanto mai necessario ripensare a modelli di consumo e produzione che possano soddisfare il fabbisogno di tutti, senza aumentare la pressione sul nostro pianeta, già fortemente compromesso. Tra i temi da affrontare per quanto riguarda produzione e consumo rientra sicuramente quello della sostenibilità dei sistemi alimentari, una dimensione che accomuna tutti, ma che rappresenta una grande sfida dal punto di vista ambientale, sociale ed economico. Per raggiungere infatti la piena sostenibilità del sistema alimentare mondiale, è necessario agire sulle diverse problematiche che lo caratterizzano, una fra tutte, quella dello spreco alimentare. Lo spreco alimentare è infatti un problema che riguarda tutti, dai produttori ai consumatori e che pone una pesante pressione sull'ambiente e sulle risorse naturali utilizzate per la produzione alimentare. È in questo contesto che nasce Too Good To Go, un'applicazione per smartphone che permette a tutti di contribuire alla lotta allo spreco alimentare in modo concreto, con l'obiettivo di formare consumatori e operatori del settore più educati e consapevoli. Per salvaguardare infatti la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni, è necessario fornire a tutti degli strumenti semplici ed efficaci per adottare stili di vita più sostenibili. Agire in maniera positiva sulla riduzione dello spreco alimentare rappresenta senza dubbio un'opportunità per la generazione presente non solo di convergere verso una società più equa e sostenibile, ma anche di salvaguardare le risorse naturali del nostro pianeta e di conseguenza il benessere delle generazioni future.

2. Relazione

2.1 Lo spreco alimentare

Secondo l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO), un terzo di tutto il cibo prodotto a livello mondiale, viene gettato. È una quantità che corrisponde a circa 1.3 miliardi di tonnellate di cibo perfettamente edibile che ogni anno viene prodotto e mai consumato [2]. Con il termine spreco alimentare, la FAO fa riferimento a quel cibo che viene gettato nelle fasi finali della filiera dalla distribuzione al consumo, dipende quindi dalle scelte degli operatori del settore ma anche dei consumatori finali. Con il termine perdite alimentari invece, si fa riferimento alle perdite che avvengono nelle prime fasi della filiera agroalimentare, come produzione, trasporto, stoccaggio e lavorazione, fino alla distribuzione (esclusa) e che quindi sono dovute alle decisioni e alle azioni degli operatori del settore [3]. In generale, con il termine spreco alimentare possiamo fare riferimento al fenomeno nella sua interezza, e cioè alla perdita, lungo tutti gli stadi della filiera alimentare, di cibo prodotto per il consumo umano, ma non consumato, indipendentemente dalla causa. Secondo uno studio del Boston Consulting Group, se non affrontato, il fenomeno è destinato a crescere, raggiungendo le 2.1 miliardi di tonnellate di cibo gettato in un anno entro il 2030 [4]. Lo spreco alimentare è un problema globale, che interessa tutti i paesi del mondo e i diversi livelli della filiera alimentare. Se, secondo la FAO, il fenomeno dello spreco alimentare assume diverse forme nei paesi sviluppati, dove più del 40% dello spreco si verifica a livello di distribuzione e consumo [5], rispetto ai paesi in via di sviluppo, in cui la stessa percentuale di cibo viene invece persa a livello di produzione, trasporto e lavorazione, il Food Waste Index pubblicato dal Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente riporta oggi una situazione differente. Ciò che il report pubblicato nel 2021 evidenzia, è infatti una convergenza per quanto riguarda lo spreco alimentare a livello di consumo domestico, che sembra assumere la stessa dimensione in paesi con diversi livelli di reddito. Lo studio riporta che nel 2019 sono state gettate più

di 930 milioni di tonnellate di cibo, di cui più del 60% proprio a livello domestico [6]. Una situazione analoga si verifica in Europa, gli ultimi dati disponibili riguardo al fenomeno dello spreco alimentare nell'Unione riportano infatti che ogni anno nell'unione siano 88 i milioni di tonnellate di cibo gettati, di cui più del 50% proprio a livello domestico, il 17% a livello di vendita e distribuzione, il 19% a livello di lavorazione e l'11% di produzione [7]. I dati disponibili in Italia, seppur frammentati rispetto alle diverse fasi della filiera agroalimentare, confermano che lo spreco alimentare rappresenta un problema anche per la nostra penisola. Il Waste Watcher International Observatory in collaborazione con l'Università di Bologna e Last Minute Market (su dati IPSOS), conducono ogni anno un'indagine relativa alle abitudini di consumo e le dinamiche dello spreco alimentare a livello domestico in Italia. Per quanto riguarda il dato relativo al 2020, la pandemia ha contribuito a ridurre lo spreco alimentare a livello domestico. Il report pubblicato ci indica infatti che nel 2020 lo spreco alimentare pro-capite si è attestato attorno ai 27 Kg all'anno, circa l'11% in meno rispetto al 2019 per un totale di circa 1.6 milioni di tonnellate di cibo sprecate a livello domestico contro le 2.2 milioni di tonnellate gettate nel 2019. Per quanto riguarda invece le fasi precedenti della filiera, il dato si attesta sulle 3.6 milioni di tonnellate, per una perdita economica di circa 10 miliardi di euro all'anno [8].

Lo spreco alimentare rappresenta però non solo un problema etico, ma ha pesanti conseguenze anche sul piano economico, sociale ed ambientale. Da un lato, la produzione di cibo ad oggi sarebbe sufficiente per sfamare tutta la popolazione mondiale, ma ancora più di 800 milioni di persone ogni giorno non hanno accesso a una dieta sana e nutriente [9]. Una scorretta redistribuzione dei redditi e il mancato accesso a infrastrutture e sistemi di distribuzione adeguati fanno sì, però, che parte del cibo prodotto non venga neppure consumato, contribuendo allo spreco di risorse naturali ed economiche ma anche all'aggravarsi del problema della malnutrizione, oggi ancor più accentuato dalla crisi sanitaria derivante dalla pandemia. Dal punto di vista economico lo spreco alimentare rappresenta una perdita di circa 1.2 trilioni di dollari, un dato destinato a raddoppiare entro il 2030, secondo il Boston Consulting Group. La perdita economica non solo si verifica a livello familiare, ma rappresenta un problema per i diversi operatori della filiera alimentare, per cui lo spreco alimentare rappresenta un vero e proprio costo in termini di risorse impiegate, sia per quanto riguarda il lavoro che la materia prima. Lo stesso BCG ha stimato che la riduzione dello spreco ai diversi livelli della filiera rappresenta una vera e propria opportunità economica da 700 miliardi di dollari, questo infatti sarebbe il risparmio stimato se i diversi attori della filiera alimentare agissero in maniera coordinata ed integrata per affrontare il problema [10]. L'impatto maggiore è però sicuramente quello che lo spreco alimentare ha sull'ambiente e sulle risorse naturali. Gettare il cibo significa infatti gettare le risorse con cui è stato prodotto, come ad esempio suolo, acqua, energia, fertilizzanti, elettricità, e così via. L'industria alimentare rappresenta uno dei settori che pesa di più sull'ambiente naturale in termini di risorse utilizzate e fabbisogno di suolo ed energia. Il settore alimentare è infatti responsabile del 26% delle emissioni di gas serra a livello mondiale, la metà della terra abitabile (escludendo quindi le aree ghiacciate o desertificate) è destinata all'agricoltura e il 70% dei prelievi di acqua dolce sono utilizzati per usi agricoli [11]. Inoltre, l'agricoltura e l'industria alimentare, sono responsabili del 70% della perdita di biodiversità a livello mondiale [12]. Lo spreco alimentare ha un impatto ancora maggiore in termini di pressione sull'ambiente in quanto rappresenta una vera e propria perdita di risorse ed energia, che vengono utilizzate per produrre alimenti che non saranno mai consumati. Ad oggi, si stima che circa il 44% dei rifiuti prodotti a livello globale sia composto proprio da scarti alimentari e vegetali, che non sempre vengono valorizzati o riutilizzati, con un enorme impatto sull'ambiente [13]. Il cibo che non viene utilizzato per produrre compost, finisce in discarica dove, decomponendosi, emette gas metano, un gas altamente inquinante [14].

Lo spreco alimentare è infatti responsabile dell'emissione di 3.3 gigatonnellate di anidride carbonica equivalente (CO₂e), senza considerare il cambio di destinazione d'uso della terra in coltivazioni, che corrispondono al circa l'8% delle emissioni antropogeniche di gas serra. Se lo spreco alimentare fosse considerato come un paese, sarebbe il terzo per emissioni dietro a Cina e Stati Uniti [15].

Per il pesante impatto che lo spreco alimentare ha sull'ambiente e sul benessere della società, la sua riduzione rientra senza dubbio tra le grandi sfide del nostro tempo. La riduzione dello spreco alimentare rientra infatti nei 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile promossi nell'ambito dell'Agenda 2030 dalle Nazioni Unite. In particolare, l'obiettivo 12: "Garantire modelli sostenibili di produzione e consumo" ha al centro proprio la valorizzazione delle risorse naturali e dell'energia utilizzati per garantire a tutti gli individui un equo "accesso ai servizi di base, a lavori dignitosi e rispettosi dell'ambiente e a una migliore qualità di vita per tutti". L'obiettivo 12.3 dell'Agenda 2030 prevede: "entro il 2030, dimezzare lo spreco alimentare globale pro-capite a livello di vendita al dettaglio e dei consumatori e ridurre le perdite di cibo durante le catene di produzione e di fornitura, comprese le perdite del post-raccolto". In questo contesto, le strategie che possono essere adottate per ridurre lo spreco alimentare ai diversi livelli della filiera, sono molteplici e coinvolgono i diversi attori della filiera alimentare, dai produttori ai consumatori. In generale, è necessario portare sempre più attenzione sul tema ed educare operatori e cittadini a un consumo più consapevole, che prenda in considerazione l'impatto ambientale dello spreco alimentare, ma soprattutto le buone pratiche per contrastarlo. Partendo proprio dalla consapevolezza nei confronti del tema dello spreco alimentare e dalla volontà di coinvolgere quanti più consumatori nella lotta allo spreco, nasce l'idea di Too Good To Go.

2.2 *Too Good To Go*

Too Good To Go è un'applicazione per smartphone che nasce in Danimarca nel 2015. L'idea alla base del progetto è quella di fornire a tutti gli strumenti per partecipare alla lotta contro lo spreco alimentare, a partire dal settore della vendita al dettaglio e della distribuzione. Too Good To Go nasce infatti per valorizzare le rimanenze di fine giornata degli esercizi commerciali che operano nel settore alimentare, riducendo gli sprechi e fornendo agli utenti la possibilità di contribuire in modo concreto alla lotta contro lo spreco alimentare. L'applicazione offre infatti la possibilità ai commercianti di proporre a fine giornata le Magic Box, sacchetti a sorpresa contenenti una selezione di piatti freschi rimasti invenduti e che non possono essere rimessi in vendita il giorno seguente, ma "troppo buoni per essere buttati". Gli utenti, allo stesso modo, hanno l'opportunità di acquistare alimenti ancora ottimi a un terzo del prezzo originale, oltre che conoscere nuovi locali. Il modello di business di Too Good To Go si basa su tre caratteristiche fondamentali, è semplice, flessibile e scalabile. L'utilizzo dell'applicazione è infatti estremamente intuitivo, in modo da renderla uno strumento accessibile a tutti, sia per quanto riguarda i commercianti che dovranno solamente inserire la disponibilità di Magic Box, che per gli utenti a cui basterà impostare una posizione per scoprire gli esercizi commerciali aderenti e la disponibilità di Magic Box nelle vicinanze. La flessibilità e la scalabilità permettono a Too Good To Go di rappresentare uno strumento anti-spreco a 360° in quanto, da un lato, qualsiasi esercizio commerciale del settore alimentare che si trova a gestire rimanenze di fine giornata, può aderire al progetto, indipendentemente dal tipo di azienda, struttura e dimensione. Tra i partner di Too Good To Go rientrano infatti dai piccoli esercizi commerciali di quartiere, ai punti vendita delle grandi catene di distribuzione, ristoranti, hotel, bar e così via. Dall'altro lato è fondamentale sottolineare che l'utilizzo di Too Good To Go da parte dei commercianti è caratterizzato da grande flessibilità, in quanto per i commercianti

sarà sufficiente impostare l'eventuale disponibilità di Magic Box, a seconda della quantità di invenduto di fine giornata, senza specificarne il contenuto. Il meccanismo delle Magic Box a sorpresa infatti, permette ai commercianti di valorizzare tutte le rimanenze di fine giornata, attribuendo un nuovo valore al cibo e rispettando le risorse che sono state utilizzate nel produrlo. Allo stesso modo, gli utenti dell'app acquistano consapevolezza sul tema dello spreco alimentare e sull'importanza di contrastarlo partendo dai piccoli gesti quotidiani, partecipando con piacere al meccanismo del sacchetto a sorpresa. Too Good To Go rappresenta quello che potrebbe definirsi "l'ultimo miglio" della lotta allo spreco, in quanto permette ai commercianti di adottare una soluzione complementare rispetto alle donazioni con fini di solidarietà, che spesso intervengono in seguito alle scontistiche e ai deprezzamenti per i prodotti in scadenza. Spesso infatti le donazioni devono rispettare determinati standard in termini di quantità e tempistiche, mentre l'utilizzo di Too Good To Go può rappresentare una soluzione immediata ed efficace nella gestione delle rimanenze di fine giornata. Quello di Too Good To Go è ciò che si potrebbe definire un sistema win-win-win, in quanto i commercianti che aderiscono all'app, possono adottare una soluzione sostenibile non solo dal punto di vista ambientale, ma anche economico per ridurre lo spreco alimentare e valorizzare gli invenduti di fine giornata, gli utenti possono compiere una scelta consapevole acquistando del buon cibo a un prezzo ridotto ed entrambi possono contribuire a ridurre l'impatto ambientale dello spreco alimentare, tramite un piccolo gesto come l'acquisto di una Magic Box. Lo spreco alimentare è responsabile dell'emissione di 3.3 gigatonnellate di anidride carbonica equivalente (CO₂e) nell'atmosfera ogni anno (senza tenere conto delle emissioni derivanti dal cambio di destinazione d'uso della terra in coltivazioni), considerando che il contenuto di una Magic Box equivale in media a circa 1 Kg di cibo, e lo spreco alimentare corrisponde ogni anno a circa 1.3 miliardi di tonnellate, salvare un pasto equivale a risparmiare l'emissione (in vano) di circa 2.5 Kg di CO₂e nell'atmosfera. Per comprendere al meglio l'impatto di questi numeri, in Italia ad oggi sono state salvate circa 4 milioni di Magic Box, risparmiando l'emissione nell'atmosfera di 10 milioni di Kg di CO₂e, una quantità che corrisponde alle emissioni di più di 29.000 voli da Roma a Londra e alle emissioni di CO₂e di 1.299 cittadini italiani in un anno. Grazie alle sue caratteristiche, l'applicazione, operativa dal 2016 si è rapidamente diffusa in tutta Europa, e ad oggi è presente in 15 paesi, con l'espansione nel 2021 in Stati Uniti e Canada. Con più di 40 milioni di utenti e 90 milioni di Magic Box salvate, l'attività di Too Good To Go è senza dubbio destinata a crescere, un dato che dimostra un crescente interesse da parte dei cittadini nei confronti di scelte di vita più consapevoli e sostenibili dal punto di vista della protezione del nostro ambiente e delle risorse naturali utilizzate per produrre il cibo.

2.3 Il movimento contro lo spreco alimentare

L'attività di Too Good To Go però non si ferma all'applicazione, perché quello che si vuole costruire è un vero e proprio movimento contro lo spreco alimentare, partendo dalla consapevolezza individuale fino ad arrivare a misure importanti, collaborando con aziende, governi, enti nazionali ed internazionali. L'azione di Too Good To Go si fonda infatti su cinque pilastri fondamentali: l'app, le persone, le aziende, le scuole e la politica. Lo spreco alimentare rappresenta infatti una delle più grandi sfide del nostro tempo, e per avere un impatto concreto è necessario agire in maniera integrata non solo con gli altri attori del settore alimentare, ma anche tramite l'educazione degli individui a scelte di vita più consapevoli, e il coinvolgimento delle istituzioni a livello nazionale e internazionale. L'applicazione è lo strumento concreto che permette ai cittadini di contribuire alla lotta allo spreco alimentare ma considerando che in Europa il 53% dello spreco si verifica proprio a livello domestico, rappresenta una soluzione a solamente una parte del problema. Per intervenire proprio sullo spreco alimentare all'interno dell'ambiente domestico, Too Good To Go utilizza i propri canali per sensibilizza-

re ed educare i propri utenti, ma in generale i consumatori, sulla problematica dello spreco, le sue conseguenze e le buone pratiche per evitarlo, soprattutto tra le mura di casa. In questo contesto, una parte importante dell'attività di Too Good To Go si svolge in ambito scolastico, dove l'esperienza dell'azienda ma soprattutto il tema dello spreco alimentare e delle possibili soluzioni viene presentato alle nuove generazioni, dalle scuole medie, superiori fino alle università, per comunicare loro il rispetto dell'ambiente e delle sue risorse naturali, ma soprattutto la possibilità da parte di tutti noi di contribuire in maniera significativa alla riduzione dello spreco. Da questo punto di vista gli stessi canali social e di comunicazione di Too Good To Go sono utilizzati per comunicare in maniera semplice, accessibile ma comunque informata e puntuale, le problematiche legate allo spreco alimentare e i piccoli gesti quotidiani che tutti possono implementare nella vita quotidiana per avere un impatto positivo sul problema. Allo stesso modo è fondamentale coinvolgere i vari attori della filiera agroalimentare nella lotta contro lo spreco alimentare, ed è per questo motivo che Too Good To Go non solo collabora con i propri partner attraverso l'applicazione, ma utilizza la propria piattaforma per creare partnership con le grandi aziende del settore alimentare per sensibilizzare e portare sempre più al centro del dibattito il tema dello spreco alimentare anche al loro interno. In quest'ottica, in Italia, è stato siglato il Patto contro lo Spreco Alimentare, un'alleanza tra Too Good To Go e diverse aziende del settore alimentare per contrastare lo spreco alimentare a livello di produzione e trasformazione, tramite azioni concrete ma anche di informazione, educazione e sensibilizzazione dei dipendenti, per portare le buone pratiche anti-spreco all'interno del business, ma anche della cultura aziendale e di ogni singolo individuo. Il Patto contro lo Spreco Alimentare fa parte di una serie di azioni che sono state implementate nei diversi paesi in cui Too Good To Go è presente da diversi anni e che mirano a coinvolgere sempre più livelli della filiera agroalimentare nella lotta contro lo spreco alimentare, per avere un impatto concreto sul problema e creare una maggiore consapevolezza negli operatori del settore. L'ultimo pilastro su cui si basa l'attività di Too Good To Go è proprio quello dei public affairs, è necessario infatti portare l'attenzione del dibattito pubblico e della politica sul problema dello spreco se si vogliono trovare soluzioni concrete e su larga scala per salvaguardare il nostro pianeta e le sue risorse naturali. Il coinvolgimento delle istituzioni è fondamentale per ideare e implementare interventi mirati e adeguati lungo tutta la filiera agroalimentare, dalla produzione al consumo. In questo contesto Too Good To Go si propone come una delle forze trainanti del cambiamento, collaborando non solo con gli operatori del settore alimentare, ma anche a livello locale e internazionale per trovare soluzioni al problema dello spreco e diffondere conoscenza e consapevolezza sul tema. In questo contesto si inserisce la campagna dedicata all'etichettatura in tema di date di scadenza e termine minimo di conservazione. In Europa, infatti, si stima che il 10% dello spreco alimentare possa essere attribuito a una scorretta interpretazione delle diciture, che porta molti alimenti ancora perfettamente integri ad essere gettati, ai diversi livelli della filiera [16]. Too Good To Go ha utilizzato la propria piattaforma in diversi paesi europei, tra cui l'Italia, per comunicare e meglio specificare la differenza tra le due diciture, tramite un'aggiunta in etichetta di alcuni prodotti con termine minimo di conservazione, per sensibilizzare ed educare i consumatori finali a un consumo più consapevole ma soprattutto responsabile.

3. Conclusioni

Una revisione dei sistemi alimentari rappresenta oggi una necessità in ottica di sviluppo sostenibile, in quanto da un lato la necessità di accesso al cibo fa parte della vita di qualsiasi individuo, indipendentemente dalla provenienza e dalle risorse a disposizione, e dall'altro lato l'industria alimentare impone oggi un grosso peso sul nostro pianeta in termini di risorse utilizzate ed emissioni di gas effetto serra nell'atmosfera. Per il raggiungimento della piena so-

stenibilità dei sistemi alimentari una delle grandi sfide del nostro tempo è rappresentata senza dubbio dalla riduzione degli sprechi e delle perdite alimentari lungo tutta la filiera. Affrontare il problema dello spreco alimentare in maniera concreta non solo rappresenta una necessità a causa delle pesanti conseguenze sull'ambiente, l'economia e i cittadini, ma una vera e propria opportunità di contribuire in maniera significativa al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile promossi dalle Nazioni Unite. Secondo la nonprofit Project Drawdown, che si occupa di studiare le possibili soluzioni al cambiamento climatico, la soluzione numero uno per quanto riguarda la riduzione di emissioni di CO₂ equivalente sarebbe proprio la riduzione dello spreco alimentare ai diversi stadi della filiera alimentare. In questo contesto, Too Good To Go mette al centro della sua attività proprio la possibilità per tutti di agire in maniera concreta sul problema, attraverso i più piccoli cambiamenti delle abitudini quotidiane. Allo stesso modo però, è importante maturare la consapevolezza che per avere un impatto significativo sul problema, è necessario agire in maniera integrata e collaborare ai diversi livelli della filiera, ma anche della società, per mettere in campo soluzioni innovative ed efficaci. Per questo motivo l'attività di Too Good To Go non si limita all'applicazione, che rappresenta un mezzo attraverso cui realizzare i diversi progetti che fanno parte del movimento contro lo spreco alimentare e che permettono a Too Good To Go di collaborare con i diversi operatori del settore alimentare, con i consumatori e con le istituzioni.

Bibliografia

- [1] **Nazioni Unite**, *Food Water and Energy*, <https://www.unwater.org/water-facts/water-food-and-energy/>
- [2] **Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)**, "Global Food Losses and Waste" (2011)
- [3] **Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)**, "Global Food Losses and Waste" (2011)
- [4] **Boston Consulting Group**, *Tackling the 1.6-Billion-Ton Food Loss and Waste Crisis*, <https://www.bcg.com/it-it/publications/2018/tackling-1.6-billion-ton-food-loss-and-waste-crisis> (2018)
- [5] **Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)**, "Global Food Losses and Waste" (2011)
- [6] **Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente**, "Food Waste Index Report 2021" (2021)
- [7] **EU Fusions**, "Estimates of European food waste levels" (2016)
- [8] **Waste Watcher International Observatory** in collaborazione con l'Università di Bologna e Last Minute Market (su dati IPSOS), <https://www.sprecozero.it/wp-content/uploads/2021/02/5-FEBBRAIO-2021-GIORNATA-NAZ.PREVENZIONE-SPRECO-COMSTAMPA.pdf> (2020)
- [9] **Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)**, "The State of Food Security and Nutrition in the World" (2021)
- [10] **Boston Consulting Group**, *Tackling the 1.6-Billion-Ton Food Loss and Waste Crisis*, <https://www.bcg.com/it-it/publications/2018/tackling-1.6-billion-ton-food-loss-and-waste-crisis> (2018)
- [11] **Our World in Data**, *Environmental impacts of food production*, <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food> (2020)
- [12] **Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)**, "The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture" (2019)
- [13] **World Bank Group**, "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050" (2018)
- [14] **Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)**, "Food Wastage Footprint Impacts on Natural Resources" (2013)
- [15] **Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)**, "Food wastage footprint & Climate change" (2015)
- [16] **Commissione Europea**, "Market study on date marking and other information provided on food labels and food waste prevention" (2018)

AGRI-FOOD, FORESTRY AND BIOBASED INDUSTRY

ALBERI, BOSCHI E AGRO- FORESTAZIONE: LE INFRASTRUTTURE VERDI A SUPPORTO DELL'AMBIENTE, DELL'ECONOMIA E DELLA QUALITÀ DELLA VITA

Il Piano nazionale di ripresa e resilienza italiano, all'interno del più vasto programma *Next Generation* per l'Europa, richiama in modo particolare l'importanza della riforestazione, del recupero e del ripristino ecologico (*ecological restoration*) di ambienti naturali e del paesaggio, le alberature in ambiente urbano e rurale, come obiettivi fondamentali per la transizione ecologica del nostro Paese e dell'Europa. Il target europeo della piantagione di miliardi di alberi è individuato come uno strumento essenziale di strategie vincenti, cosiddette *win-win*, per conseguire nello stesso tempo un efficace contrasto del cambiamento climatico, la conservazione e il recupero della biodiversità, una migliore qualità della vita e della salute umana. Tra gli ambiti prioritari del "restauro ecologico" vi sono sicuramente gli ambienti di pianura, le aree costiere, le zone umide e ripariali lungo i fiumi e i canali, tutte zone nelle quali la piantagione di alberi in combinazione con terreni agricoli (agroselvicultura o *agroforestry*), le fasce boscate oppure le nuove foreste di pianura potranno dare un contributo determinante al raggiungimento degli obiettivi del Green New Deal europeo. La sessione presenta un contributo che tratta il tema del riuso.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Confagricoltura, UNITUS**

Presidenti di sessione:

- Giuseppe Scarascia Mugnozza *UNITUS*
- Enrico Allasia, *Presidente FNP risorse boschive Confagricoltura*

Boschi Mercatino Franchising: tutela dell'ambiente con il meccanismo virtuoso del riuso

Sebastiano Marinaccio, marinaccio@mercatinuousato.org, Cinzia Passalacqua, Simona Tafuri, Mercatino Franchising, Verona

Riassunto

Mercatino Franchising con il suo sistema virtuoso, diffonde la “buona pratica” del riuso come sistema etico - sociale nella salvaguardia dell'ambiente e del territorio. I negozi tutelano il territorio in cui svolgono l'attività, trasformando gli oggetti in risorsa, preservandoli e sottraendoli all'impatto ambientale. Quest'ultimo è stato calcolato attraverso una sperimentazione scientifica - realizzata da Ecoinnovazione spin-off di ricerca ENEA con la metodologia LCA (“Life Cycle Assessment”) applicata al modello Mercatino - volta a dimostrare i benefici che l'impatto ambientale “positivo” del riuso ha sull'ambiente e, a cascata, sull'economia locale e nazionale. Gli oggetti non più utilizzati dai loro proprietari, sono una risorsa da valorizzare, portando un beneficio a tutta la collettività: si recuperano beni ancora utili, si risparmia energia, si rispetta la vita, e da quest'anno grazie alla collaborazione con una giovane start-up (UP2YOU), si piantano anche alberi!

Summary

Mercatino Franchising with its virtuous system, spreads the “good practice” of reuse as an ethical-social system in safeguarding the environment and the territory. The shops protect the area in which they operate, transforming objects into resources, preserving them and subtracting them from the environmental impact. The latter was calculated through a scientific experimentation - carried out by the ENEA research spin-off Ecoinnovation with the LCA (“Life Cycle Assessment”) methodology applied to the Mercatino model - aimed at demonstrating the benefits that the “positive” environmental impact of reuse has on the environment and, in turn, on the local and national economy. Objects no longer used by their owners are a resource to be exploited, bringing a benefit to the whole community: still useful goods are recovered, energy is saved, life is respected, and from this year thanks to the collaboration with a young start-up (UP2YOU), even trees are planted!

1. Introduzione

“Il Riuso è una pratica sociale che allunga il ciclo di vita degli oggetti, preservando l'ambiente e creando valore per tutti”. Il riuso di materiali e beni comporta la rigenerazione all'interno della sfera economica di prodotti che altrimenti sarebbero destinati alla gestione dei rifiuti. Il riutilizzo tende quindi a far sì che la vita utile di un prodotto sia estesa rispetto al periodo di utilizzo del “primo acquirente” (ovvero del compratore del bene nuovo, che è quindi il primo in scala temporale ad usufruire della funzionalità del bene). La filiera del riutilizzo ha quindi il compito di sottrarre allo smaltimento il bene usato e di reinserirlo nella sfera economica, in maniera tale che il bene possa esercitare ancora una volta la sua funzione. Il riuso è prevenzione.

Una delle sfide più affascinanti di questo secolo riguarda la definizione e la messa in atto di modelli di produzione e consumo sostenibili dal punto di vista ambientale, economico e sociale.[...] Inoltre, la promozione di una “economia verde” richiede uno sforzo creativo che permetta di ampliare l’attuale approccio orientato al miglioramento della compatibilità ambientale di singole attività produttive, favorendo l’integrazione delle diverse filiere produttive e corresponsabilizzando istituzioni e consumatori [1].

L'Eco-innovazione sta diventando sempre più centrale nelle agende politiche mondiali e con essa il ruolo dei metodi di valutazione basati sul ciclo di vita. “Life Cycle Assessment è uno strumento analitico standardizzato che, nella sua versione completa, prende in considerazione gli aspetti ambientali e i potenziali impatti ambientali [...] durante il ciclo di vita di un prodotto, dall’acquisizione delle materie prime, attraverso la produzione, l’utilizzo, trattamenti di fine vita, riciclo e smaltimento finale” [norma ISO 14040 (2006)].

In quest’ottica Mercatino® ha commissionato a Eco-innovazione spin-off di ENEA uno studio che consentisse la quantificazione dei benefici ambientali del riuso. Lo studio è stato realizzato per creare una metrica scientifica utile al calcolo dell’impatto ambientale “positivo” del riuso dei beni usati. Per realizzarlo Eco-innovazione spin off ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile) ha preso in considerazione il paniere di prodotti venduti da Mercatino® tramite i propri punti vendita in tutta Italia, nel 2016. L’applicazione della metodologia LCA sull’intero paniere di prodotti venduti, ha seguito gli Standard Internazionali ISO 14040 e ISO14044 (2006) e la Raccomandazione della Commissione Europea 2013/179/UE alla base delle politiche ambientali europee. Mercatino® considera la responsabilità sociale ed ambientale parte integrante delle sue strategie ed attività operative e per questa ragione ha scelto di dotarsi di standard e di strumenti operativi mirati alla quantificazione e sensibilizzazione globale del riutilizzo degli oggetti ed in grado di tradursi in azioni che consentano di evitare sprechi e rendere un servizio all’ambiente. [2]

2. Relazione

Uno dei fattori che più contribuisce all’inquinamento della terra è l’emissione di CO₂. Ogni azione quotidiana ha un impatto in termini di emissioni di CO₂: non esiste attività al mondo che non ne produca, tanto che anche solo respirando rilasciamo nell’atmosfera anidride carbonica (CO₂) [3]. Grazie all’attività dei clienti virtuosi dei negozi Mercatino®, viene sostanzialmente ridotta estendendo la vita degli oggetti ancora in buono stato, contribuendo alla conservazione delle risorse. Inoltre l’attività dei negozi tutela il territorio in cui svolgono l’attività, trasformando gli oggetti in risorsa, preservandoli e sottraendoli all’impatto ambientale portando un indubbio beneficio a tutta la collettività, poiché si recuperano beni ancora utili, si risparmia materia ed energia, si tutela l’ambiente, si alimenta economia e lavoro locale. Una comunità sostenibile viene definita come capace di soddisfare i propri bisogni senza compromettere le possibilità delle generazioni future. Questa definizione è un’importante esortazione mondiale, ci rammenta la responsabilità di lasciare ai nostri figli e nipoti un mondo in cui possano ritrovare tutte le opportunità che noi abbiamo ereditato [4]. Seguendo questo principio, i clienti del franchising sono da sempre veri e propri protagonisti di una rivoluzione culturale, che passa attraverso l’informazione e il coinvolgimento costante di tutte le generazioni, attraverso progetti di sensibilizzazione che hanno coinvolto anche le scuole. Inoltre Mercatino® essendo sempre molto attenta al tema della sostenibilità, ha scelto di percorrere anche altre strade che le consentissero di avere un impatto positivo sul Pianeta, prendendo in considerazione la possibilità di sostenere e finanziare progetti di tutela ambientale [3].

Nel 2021 è stato avviato il progetto “Boschi Mercatino Franchising: tutela dell’ambiente con il meccanismo virtuoso del riuso” riconoscendo che un modo per ridurre ancor maggiormente la dispersione di CO₂ è piantare alberi che la possano assorbire. Numerosi sono gli studi che

dimostrano quanto il rimboschimento è una strategia efficace e virtuosa, fondamentale per la nostra salute e per quella del pianeta: oltre a garantire un miglioramento paesaggistico e assorbire la CO₂, favorisce la diffusione della biodiversità, mantenendo in equilibrio gli ecosistemi. Il bosco svolge un ruolo centrale per la vita sulla Terra, poiché mette a disposizione habitat e risorse naturali, offrendo al contempo protezione. Esso non fornisce solo legno utilizzabile quale materia prima ma, in virtù delle sue capacità di assorbimento, contribuisce a mantenere in equilibrio il ciclo dell'acqua, a proteggere il suolo dall'erosione e a regolare il clima. Grazie alla sua capacità di assorbire e stoccare il carbonio contribuisce a ridurre la concentrazione di CO₂ presente nell'aria, fungendo da vero e proprio serbatoio di anidride carbonica. In questo modo concorre a mitigare l'effetto serra e a contenere le minacce legate al riscaldamento del clima. Tale funzione viene riconosciuta nel quadro della Convenzione sul clima, mentre le modalità di accertamento di questa importante prestazione sono state regolamentate nel Protocollo di Kyoto [5].

2.1 La partnership con Up2You

Per la realizzazione del progetto “Boschi Mercatino Franchising: tutela dell'ambiente con il meccanismo virtuoso del riuso” è stata avviata una partnership con Up2You, condividendo con la giovane start-up l'obiettivo di contribuire alla salvaguardia dell'ambiente, attraverso un meccanismo virtuoso che riduce le emissioni di CO₂ nell'atmosfera. Acquistare usato e contribuire alla nascita di nuovi boschi sono risposte concrete al cambiamento climatico.

2.2 Chi è Up2You

Up2You, start-up innovativa a vocazione sociale, viene fondata a Milano nel gennaio 2020 da Andrea Zuanetti, Alessandro Broglia e Lorenzo Vendemini, ingegneri aerospaziali attenti alla tematica ambientale. Up2You nasce con il preciso intento di aiutare persone e aziende a diventare più sostenibili, in maniera semplice e conveniente, per rispondere a quella che si configura come la sfida del millennio: combattere il cambiamento climatico. Up2You è tra le uniche 4 aziende in Italia autorizzata a ritirare e gestire carbon credits VCS per conto di altre aziende, permettendo loro di neutralizzare le proprie emissioni. I progetti di tutela ambientale sviluppati nell'ambito del programma Verified Carbon Standard sono certificati, auditati da terze parti e tracciabili; per essere certificati seguono un rigoroso processo di valutazione e coprono una vasta gamma di settori, compresa la preservazione di foreste ed ecosistemi, le energie rinnovabili, la silvicoltura e altri [3]. I crediti di carbonio certificati permettono di compensare le emissioni attraverso quantità di CO₂ che è già stata catturata. È estremamente importante che la CO₂ emessa oggi, non sia catturata in futuro a distanza di anni. Iniziative a fini esclusivamente comunicativi, talvolta associate alla piantumazione di alberi, compiono questa semplificazione, facendo sì che molecole di CO₂ rimangano anni nell'atmosfera (con impatto sul riscaldamento globale) prima di essere effettivamente catturate. Ecco perché Up2You utilizza crediti di carbonio certificati per le attività di neutralizzazione delle emissioni, che attestano e garantiscono che le emissioni neutralizzate si riferiscono a tonnellate di CO₂ già catturate [3].

Laddove invece si realizzano progetti ambientali sul territorio o di riqualifica di aree, Up2You determina metriche e benefici anche in termini di CO₂ lungo l'intera durata del progetto, che in questo caso però non saranno utilizzati ai fini di compensazione delle emissioni.

Oltre a questo, la start-up offre servizi trasversali per ogni tipologia di business che voglia impegnarsi nella salvaguardia dell'ambiente; inoltre, tramite una piattaforma digitale, Up2You coinvolge anche le persone interessate alla sostenibilità. Accedendo alla piattaforma, i membri della community possono compiere una serie di missioni green, come ad esempio utilizzare la bicicletta per andare al lavoro o sostituire l'uso delle bottigliette in plastica con una borraccia.

Completando le missioni otterranno punti spendibili nella rete di aziende sostenibili partner di Up2You, ma anche per piantare un albero in uno dei tanti progetti di tutela ambientale sparsi per il mondo.

2.2 Il progetto

La fase iniziale del progetto “Boschi Mercatino Franchising: tutela dell’ambiente con il meccanismo virtuoso del riuso” si realizzerà grazie alla messa a dimora di 750 piante che cattureranno più di 1.000 tonnellate di CO₂ nel corso della propria vita.

Il progetto prevede inoltre una fase di coinvolgimento attivo dei clienti, che potranno non solo acquistare e/o portare in vendita abiti e oggetti di seconda mano, dando loro nuova vita, ma avranno la possibilità di contribuire alla nascita di nuovi boschi, piantando un albero in uno dei progetti di tutela ambientale di Up2You attivi in Italia. Acquistare usato e piantare un albero sono gesti apparentemente piccoli ma dalla portata consistente: permettono di catturare la CO₂, le cui emissioni sono causa primaria del cambiamento climatico. I progetti di tutela ambientale selezionati insieme ad Up2You catturano CO₂ attraverso la messa a dimora di alberi in progetti attivi in Italia, con una logica di prossimità rispetto alla presenza dei negozi sul territorio, sia per una logica di maggior coinvolgimento della clientela stessa che per un’azione più positiva a livello d’impatto sui territori nei quali gli stessi negozi si vanno a localizzare. Nella scelta dei progetti a cui aderire, Mercatino® ha preso in considerazione anche l’aspetto sociale, oltre che quello prettamente ambientale: sono infatti presenti progetti dai risvolti educativi, che coinvolgono studenti, così come quelli di ricostruzione di ecosistemi danneggiati, ma anche progetti che si curano di creare posti di lavoro in zone piuttosto difficili. Si scelgono in questo caso aree abbandonate che, tramite la messa a dimora delle piante, possano rivalutarsi e generare lavoro.

2.3 Distribuzione delle piantumazioni sul territorio

Le piantumazioni seguono i criteri della stagionalità delle piante e dei territori nei quali vengono piantate, anche al fine di consentirne un adeguato accrescimento dopo la messa a dimora. Pertanto delle 750 piante alcune sono già state messe a dimora; per altre sono state già individuate delle possibili aree, ma sono ancora in fase di definizione gli accordi con i proprietari dei terreni o le amministrazioni locali; in altri casi ancora le piante sono già state destinate alla piantumazione in un determinato territorio, ma si aspetta un clima favorevole alla messa a dimora. Inoltre diversi sono i progetti all’interno dei quali si collocano, seguendo il criterio dell’”adozione” di parte degli alberi di un progetto più ampio, al fine di contribuire il più possibile alla costituzione di vere e proprie zone boschive, agro-forestali o incrementare la forestazione urbana, e non piantare alberi isolati.

I progetti già avviati sono:

- Smart Shared Farm, Sulcis (Sardegna). Il progetto si inserisce in un contesto di recupero di terreni: l’obiettivo è dar vita a un giardino agricolo da cui poter ricavare prodotti bio locali coltivati senza l’uso di trattamenti chimici, facendo piuttosto affidamento su sistemi tecnologici innovativi. Il progetto ha anche un impatto positivo dal punto di vista sociale, in quanto contribuisce alla creazione di nuovi posti di lavoro: le attività preparatorie e di installazione hanno coinvolto personale della zona, e lo stesso avviene per le attività di manutenzione, potatura e raccolta. Attualmente piantati 1100 alberi di cui 50 da Mercatino®.

- Forestazione, Galatina (Puglia). Tra le coltivazioni di ulivi e viti, c’era un campo a inerbito, ma allo stesso tempo improduttivo. Scopo del progetto è quello di ripopolare di alberi tutta l’area, contribuendo al miglioramento della qualità dell’aria e del suolo. Attualmente piantati 300 alberi di cui 150 da Mercatino®.

- Forestazione Urbana, Lombriasco (Piemonte). Il progetto si inserisce all'interno dei progetti di forestazione urbana. Il parco si estende su una superficie di circa 2000 metri quadri, precedentemente utilizzata per la coltivazione di mais a fini industriali, e che sarebbe stata altrimenti destinata all'agricoltura intensiva, qualora non ci fosse stata la possibilità di avviare il progetto di forestazione. Un parco di Paulownie ora costituisce il polmone verde della città, dove i cittadini possono godere della natura e respirare aria pulita. Attualmente piantati 70 alberi di cui 50 da Mercatino®.

- Riqualficazione Urbana, Pralormo (Piemonte). Il progetto prevede la messa a dimora di Paulownie con l'obiettivo di creare zone d'ombra nelle vicinanze di alcuni capannoni, andando in questo modo a migliorare la qualità dell'aria e a rinverdire tutta la zona circostante. Pianta protagonista di questo progetto è la Paulownia, che cresce circa 5 volte più rapidamente rispetto alle altre specie, arrivando a raggiungere fino a 15 metri in pochi anni dalla messa a dimora. Per questo motivo è ottima per catturare notevoli quantità di CO₂, contribuendo in maniera significativa a migliorare la qualità dell'aria e a far fronte al riscaldamento globale. Attualmente piantati 50 alberi tutti da Mercatino®.

In autunno prenderanno avvio altri importanti progetti di piantumazione, che coinvolgeranno l'Italia da Nord a Sud, e che vedranno protagoniste sempre le piante di Paulownia. In questi progetti più ampi Mercatino® si è impegnata a piantare oltre 450 piante così distribuite:

- 50 piante a Piombino (Toscana). Il progetto si inserisce all'interno dei progetti di forestazione urbana. Le piante sono già in dei vasetti, aspettando un clima ideale per la messa a dimora nel terreno.

- 150 piante presso l'Università della Tuscia (Lazio). Il progetto si inserisce all'interno dei progetti di forestazione urbana. Inoltre le piante di Paulownia verranno utilizzate per una ricerca universitaria.

- 50 piante a Trofarello (Piemonte). Il progetto si inserisce all'interno dei progetti di riqualficazione urbana.

- 50 piante a Rivoli (Piemonte).

100 piante a Novara (Piemonte). Il progetto prevede lo studio sulle proprietà nutrizionali e mediche del miele di Paulownia.

- 50 piante in Sicilia. Sono in corso ancora valutazioni del territorio e accordi con enti privati e/o pubblica amministrazione per individuare il luogo per lo sviluppo del progetto.

2.4 Perché la Paulownia?

Come si evince dalla distribuzione delle piantumazioni sul territorio, protagonista principale dei diversi progetti è la pianta di Paulownia. Gli alberi di Paulownia sono coltivati principalmente per il loro legno, che viene utilizzato per produrre mobili, strumenti musicali e pavimenti; ma hanno un grande valore per produzione di biomassa o elevato assorbimento di CO₂, infatti è la pianta che ne assorbe di più al mondo e se tagliata alla base ricresce, contrastando la deforestazione [6].

Inoltre la Paulownia è tra le piante più indicate per l'Agro-forestazione: pratica che comprende l'insieme dei sistemi agricoli che vedono la coltivazione di specie arboree e/o arbustive, consociate a seminativi e/o pascoli, nella stessa unità di superficie. Molti studi accademici e sperimentazioni effettuate hanno dimostrato che è ideale per gli aspetti del microclima generato ovvero la radiazione solare, temperatura, umidità, velocità del vento, evaporazione e contenuto di umidità del suolo [7]. La Paulownia tal quale risulta infestante, ma grazie alla collaborazione dei migliori enti di ricerca, di specialisti del settore e dei principali dipartimenti agronomici universitari, è stato sviluppato l'ibrido Bio-125 che non è infestante e quindi non crea alcun danno alla biodiversità, rendendo controllabile il suo sviluppo. Per le sue proprietà è continuo oggetto di approfondimenti scientifici per il suo utilizzo in medicina. Infatti

sono state analizzate diverse componenti, trovando un'alta presenza di composti polifenolici con elevata attività antiossidante. Ancora gli alberi di Paulownia, grazie al loro buon valore nutrizionale, possono essere usati come ingrediente alternativo per l'alimentazione, tramite le foglie, come ingrediente nel mangime alternativo per diversi animali a causa delle loro varie proprietà biochimiche. Un aspetto molto interessante è che queste piante offrono nutrimento alle api, infatti questa pianta produce enormi grappoli di fiori; un ettaro di Paulownia può garantire oltre 700 Kg di miele con caratteristiche nutrizionali ottime (ricco di vitamine e minerali, antisettico e antibatterico, contro l'ipoglicemia,...) [8].

3. Conclusioni

Il futuro dell'uomo dipende dal futuro della vita sulla Terra. La vita è diversità.[...] Oltre all'agricoltore che ogni giorno lavora la terra, sceglie sementi e piante da coltivare, anche chi vive nelle città può fare molto per la biodiversità. Innanzitutto conoscere i parchi e gli spazi verdi della propria città, frequentarli, abituarli a viverli. Ma anche piantare alberi, curare aiuole, far crescere fiori ed erbe sui propri terrazzi.[...] si possono allevare api in città, far crescere orti sui terrazzi e realizzare moltissime altre azioni per aumentare la biodiversità anche in aree urbane. [9]

La responsabilità sociale ed ambientale è dal 1995, anno di fondazione della Mercatino S.r.l., parte integrante delle strategie e delle attività operative. Questa "politica del fare" ha contribuito fortemente all'evoluzione della cultura del riuso, che ha sensibilizzato, nel corso degli anni, milioni di cittadini al riutilizzo degli oggetti. Questo aspetto posiziona l'azienda sul territorio quale portatrice di un interesse che si traduce in due grandi vantaggi socialmente utili: si evitano gli sprechi e si rende un servizio all'ambiente. Il progetto "Boschi Mercatino Franchising: tutela dell'ambiente con il meccanismo virtuoso del riuso" persegue l'obiettivo di contribuire all'incremento della biodiversità attraverso la piantumazione di piante, prevalentemente di Paulownia. Nella prima fase del progetto verranno piantate 750 piante che cattureranno più di 1.000 tonnellate di CO₂ nel corso della propria vita. Ma il fine ultimo è il coinvolgimento della clientela nel progetto, e quindi dei cittadini italiani, per far crescere la responsabilità individuale verso la sostenibilità ambientale, attraverso la messa in atto di comportamenti virtuosi che rispettino la terra, la biodiversità e tutte le specie viventi e non viventi che contribuiscono agli equilibri indispensabili alla vita. Soltanto promuovendo un cambiamento prima di tutto culturale, possiamo davvero salvaguardare le generazioni presenti e future.

Bibliografia

- [1] **Sala S., Castellani V.**, *Atlante dell'ecoinnovazione. Metodi, strumenti ed esperienze per l'innovazione, la competitività ambientale d'impresa e lo sviluppo sostenibile*, Franco Angeli.
- [2] **Ecoinnovazione Srl, spin-off ENEA**, *L'impatto ambientale del riuso dei prodotti*.
- [3] **Up2You**, *Carbon Neutrality. Cos'è, come raggiungerla e perché*.
- [4] **Mitterer W., Manella G.**, *Costruire sostenibilità: crisi ambientale e bioarchitettura*, Franco Angeli.
- [5] **Fischlin A., Buchter B., Matile L.**, *Serbatoi di carbonio nell'economia forestale. Conteggio dell'assorbimento e delle emissioni nel contesto del Protocollo di Kyoto*, Ufficio federale dell'ambiente (UFAM).
- [6] **Berti S., Lauriola M.P.**, *Il legno di paulownia: generalità e prove di caratterizzazione*. Sherwood, 27: 5-7.
- [7] **Zhang H.** *Biomass of Paulownia and Establishment of Plantations Special for Wood Energy*. In Proceedings Avebiom Congresso Internacional De Bioenergia, Valladolid, 24-25 October.
- [8] **Accademia cinese di selvicoltura. Staff (1986)**, *Paulonia in Cina: Coltura ed utilizzazione*. Rete asiatica per le scienze biologiche ed il centro di ricerca internazionale di sviluppo.
- [9] **Cavallo R.**, *La bibbia dell'ecologia. Riflessioni sulla cura del Creato*, Elledici.

MONITORING AND CONTROL - AIR QUALITY

EMISSIONI ODORIGENE: DALLE TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO ALLE NUOVE STRATEGIE DI CONTROLLO

La ricerca scientifica, i produttori di tecnologie, le politiche della pubblica amministrazione e le esperienze degli enti di controllo si stanno confrontando e contaminando mutuamente sul tema delle emissioni odorigene, che sta assumendo sempre maggior rilevanza nella programmazione ambientale degli insediamenti industriali.

La sessione presenta contributi di enti pubblici di ricerca che operano su questo fronte, la presentazione di casi studio e buone pratiche.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, ISPRA, Società Chimica Italiana, Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali**

Presidenti di sessione:

- Gaetano Settimo, *Istituto Superiore di Sanità*
- Gianluigi De Gennaro, *Università di Bari*
- Lucia Muto, *ISPRA*

Sviluppo di una metodologia per il monitoraggio degli impatti odorigeni in un ambiente cittadino

Corrado Corradi, corrado.corradi@aceaspa.it, Alessandro Filippi, Giancarlo Cecchini, Alessandro Frugis, Giulio De Prosperis, Acea Elabori S.p.A., Roma, Massimo Spizzirri, Luisa Merluzzi, Acea ATO2 S.p.A., Roma

Riassunto

In un ambito di sostenibilità sociale ed ambientale il Gruppo Acea ha messo in atto un sistema di valutazione degli impatti odorigeni, derivanti dai processi depurativi delle acque reflue urbane, realizzati nei propri impianti di trattamento. Il sistema, basato su un'evoluta tecnologia di misurazione e analisi, valuta i possibili impatti odorigeni ricadenti nelle aree impianto e nelle immediate vicinanze, con l'obiettivo di fornire un puntuale riscontro al gestore al fine di attuare le migliori pratiche volte ad eliminare o mitigare le emissioni odorogene.

Summary

In a context of social and environmental sustainability, the Acea Group has implemented a system for assessing the odor impacts deriving from the purification processes of urban waste water, carried out in its own treatment plants. The system, based on advanced measurement and analysis technology, evaluates the possible odorous impacts falling in the plant areas and in the immediate vicinity, with the aim of providing timely feedback to the operator in order to implement the best practices aimed at eliminating or mitigate odor emissions.

1. Introduzione

Perseguendo l'obiettivo di prevenire, ridurre e, per quanto possibile, eliminare eventuali impatti ambientali e disturbi alla cittadinanza, la società Acea ATO2 S.p.A. (Gruppo Acea S.p.A.) ha intrapreso un percorso finalizzato a gestire i fenomeni di natura odorigena con un atteggiamento proattivo, mediante l'ausilio di nuove tecnologie di monitoraggio ad oggi presenti sul mercato. A tal fine è stata implementata una rete di monitoraggio in continuo mediante utilizzo di IOMS in grado di stimare, istante per istante, l'impatto odorigeno che un impianto di depurazione delle acque reflue urbane potenzialmente può generare sul territorio circostante. Tale rete di monitoraggio è stata implementata su due grandi impianti di depurazione delle acque reflue urbane della città di Roma ed ha consentito il monitoraggio in continuo delle emissioni odorogene contribuendo in maniera significativa all'ottimizzazione dei cicli produttivi.

2. Relazione

2.1 Quadro di riferimento normativo

In Italia il problema delle emissioni odorigene dovute ad attività antropiche non è ancora stato affrontato a livello normativo nazionale; non esiste, infatti, un provvedimento di legge

dedicato a regolamentare le emissioni odorigene e l'impatto olfattivo. Il Decreto Legislativo n. 183/2017 [1], entrato in vigore nel dicembre 2017, ha introdotto il tema delle emissioni odorigene all'interno del Testo Unico Ambientale (D. Lgs. n.152/2006 e ss. mm. ii.) attraverso l'articolo 272-bis [2]. La modifica introdotta non contiene alcuna prescrizione a cui i gestori degli impianti devono attenersi, ma si limita a delegare le Regioni o gli Enti autorizzanti a prevedere delle misure atte a prevenire e limitare le emissioni odorigene degli stabilimenti compresi alla parte quinta del D. Lgs. 152/06 e ss. mm. ii. Nello specifico l'art. 272-bis è suddiviso in due commi: il primo indica una serie precisa di importanti misure che le normative regionali e le autorizzazioni possono prevedere al fine di prevenire e limitare le emissioni (comma 1). Nel comma 2, invece, si affidano ruolo e poteri di indirizzo in materia al Coordinamento tra Ministero dell'Ambiente, Regioni e autorità competenti in materia di aria ambiente. Precedentemente al D. Lgs. n. 183/2017, la crescente attenzione verso la qualità della vita, considerata non solo come benessere psico-fisico, ma anche quale godimento dell'ambiente che ci circonda, e la sempre maggiore sensibilità verso il problema degli odori, aveva determinato l'assunzione, da parte di alcune Regioni, di atti normativi (linee guida) volti a identificare i presidi ambientali e i sistemi di trattamento delle arie per limitare al minimo l'impatto delle emissioni odorigene. Tali linee guida sono finalizzate a definire una metodica per la caratterizzazione delle emissioni odorigene e del loro impatto sul territorio circostante, con l'obiettivo di ridurre i conflitti tra attività produttiva e popolazione consentendo e favorendo la coesistenza delle due realtà. Diversamente le disposizioni regionali di settore affrontano il problema delle emissioni odorigene in modo specifico fissando limiti di emissione e rese di efficienza dei presidi di abbattimento per specifiche attività produttive. Per quanto concerne il monitoraggio strumentale degli odori in campo ambientale, a livello nazionale, è stata pubblicata la norma UNI 11761:2019 "Emissioni e qualità dell'aria – Determinazione degli odori tramite IOMS (Instrumental Odour Monitoring Systems)" [3] che illustra i requisiti tecnici e di utilizzo di questo tipo di sistemi. Il documento, attualmente in revisione, identifica i parametri minimi che devono essere dichiarati dal costruttore IOMS al fine di permettere all'utilizzatore di valutarne l'idoneità allo scopo della misura per la specifica applicazione o, in caso siano presenti, alle richieste normative applicabili o per permettere il confronto tra diversi modelli.

2.2 Sistema di monitoraggio in continuo degli odori

È definito sistema di monitoraggio in continuo degli odori un sistema in grado di valutare, istante per istante, l'impatto odorigeno che un impianto ha sul territorio circostante. Il sistema di monitoraggio installato presso due grandi impianti di depurazione delle acque reflue urbane di Acea ATO2 S.p.a.- Roma, si compone di una parte hardware, costituita da una stazione meteorologica e una serie di nasi elettronici, più correttamente definiti IOMS (Instrumental Odour Monitoring System), e di una parte software, deputata alla gestione dei dati determinati in tempo reale ed alla successiva elaborazione del modello di dispersione mediante visualizzazione del plume emissivo. La componente hardware è deputata al monitoraggio in tempo reale dei parametri meteorologici e del monitoraggio delle emissioni odorigene al perimetro o alle sorgenti dell'impianto. La componente software è deputata al calcolo del modello di dispersione utilizzando dati di input fissi, ricavati durante la caratterizzazione dell'impronta olfattiva dell'impianto, e input variabili, ottenuti dalla strumentazione hardware. La sinergia tra il comparto hardware e software permette di ottenere un modello di dispersione e quindi l'impatto odorigeno dell'impianto in tempo reale, non vincolato, come succede per altri tipi di sistemi, ai soli parametri fissi ricavati in fase di caratterizzazione preliminare.

2.2.1 Instrumental Odour Monitoring System (IOMS)

Il Naso Elettronico o IOMS è un sistema complesso caratterizzato da una struttura simile a

quella del sistema olfattivo umano. Lo strumento utilizza una matrice di sensori chimici che forniscono un'impronta dell'odore che viene successivamente classificata sulla base delle conoscenze acquisite in una fase di addestramento del sistema. Durante la procedura di calibrazione (il cosiddetto addestramento) campioni di aria prelevati da diverse sorgenti odorigene/emissive dell'impianto in esame vengono sottoposti sia all'analisi olfattometrica (panel di annusatori) che alla misura elettronica (naso elettronico). Successivamente, tramite elaborazione statistica chemiometrica, viene creata una mappa degli odori con le loro rispettive intensità. Il Naso Elettronico, posizionato in un luogo adeguato alla misura, è programmato per un monitoraggio in continuo della aria ambientale. La tipologia di strumenti installati presso gli impianti di depurazione opera con 4 sensori:

- n°1 sensore ad ossidi metallici (MOS: Metal Oxide Sensor);
- n°1 sensore elettrochimico di Acido Solfidrico (H₂S);
- n°1 sensore elettrochimico di Composti Organici Volatili (COV);
- n°1 sensore PID (Photo Ionization Detector) di Composti Organici Volatili (COV).

Nella tabella successiva si riportano le specifiche dei sensori installati per ciascuno IOMS.

Sensore	Tecnologia	Campo di misura	Precisione	Risoluzione
C ₆ H ₆	MOS	0-30 ppbv	0,1 ppbv	0,1 ppbv
H ₂ S	Elettrochimico	0-3000 ppbv	15 ppbv	1 ppbv
VOC	Elettrochimico	0-25 ppmv	0,1 ppmv	0,1 ppmv
VOC	PID	0-15 ppmv	1 ppbv	1 ppbv

Tab.1 – Specifiche tecniche sensori IOMS

2.2.2 Software di modellizzazione

Il software integrato alla rete di monitoraggio odori è una suite completa che fornisce al gestore dell'impianto tutta una serie di funzionalità atte a monitorare le emissioni odorigene emesse dall'impianto e l'effetto che queste hanno sul territorio circostante. Il software si compone di un'interfaccia grafica principale in cui il gestore può monitorare la dispersione degli odori in tempo reale e le misure di concentrazione di odore fornite dalla rete di IOMS, integrandole con i dati rilevati dalla centralina meteo. Il modello di dispersione elaborato è calcolato dal software di modellazione "AERMOD", modello stazionario a pennacchio di tipo Gaussiano e comprende una serie di funzionalità che permettono al gestore di:

- gestire automaticamente le segnalazioni dei cittadini con registrazione, validazione, mappa e statistiche;
- visualizzare e scaricare tutte le misure effettuate dagli strumenti hardware installati in impianto;
- registrare eventuali manutenzioni impiantistiche, ordinarie e straordinarie, che verranno automaticamente utilizzate dal software nella validazione delle segnalazioni;
- impostare l'invio di allarmi automatici al superamento di soglie preimpostate;
- condurre una survey dei residenti attraverso l'invio automatico di moduli da compilare a cittadini precedentemente selezionati.

Lo sviluppo del modello di dispersione è realizzato utilizzando i dati in tempo reale registrati dalla stazione meteo e la concentrazione di odore determinata dagli IOMS componenti la rete di monitoraggio. Il modello di dispersione sviluppato modifica i dati di input iniziali delle sorgenti rispetto a quelle che sono le reali condizioni meteorologiche sito-specifiche e rispetto alle reali emissioni prodotte dall'impianto attraverso le misure degli IOMS.

2.3 Implementazione rete di monitoraggio in continuo

L'implementazione della rete di monitoraggio in continuo degli odori, presso i due impianti di depurazione delle acque reflue urbane di Roma, ha previsto una serie di indagini preliminari atte a identificarne le peculiarità. Tali indagini hanno avuto lo scopo di configurare i sistemi di monitoraggio in continuo in modo da poter monitorare in maniera efficace le emissioni odorigene rispetto alla meteorologia e all'orografia sito specifica e rispetto alla distribuzione dei ricettori sensibili localizzati intorno agli impianti di depurazione. Le indagini preliminari effettuate, sono state articolate come di seguito riportato:

- caratterizzazione dell'impronta olfattiva;
- analisi meteo-territoriale sito specifica;
- posizionamento Nasi Elettronici;
- addestramento Nasi Elettronici;
- calibrazione del modello di dispersione degli odori.

2.3.1 Caratterizzazione dell'impronta olfattiva

Per definire la concentrazione di odore (ouE/m^3) e ove possibile la portata di odore, si è proceduto all'individuazione ed al successivo campionamento dei punti emissivi all'interno di ciascun impianto di depurazione, utilizzando i metodi riportati nell'allegato 2 delle "Linee Guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno" (D.g.r. Lombardia n. IX/3018 del 2012) [4]. Lo scopo del campionamento è stato quello di ottenere informazioni rappresentative sulle caratteristiche delle sorgenti attraverso il prelievo istantaneo di frazioni di volume dall'effluente.

2.3.2 Addestramento IOMS

La procedura di addestramento è stata eseguita per consentire a ciascuno IOMS di distinguere le diverse matrici odorigene delle sorgenti. Le superfici dei sensori montati all'interno dello IOMS rispondono in maniera differente all'esposizione a miscele di aeriforme con matrici differenti, fornendo in questo modo la possibilità di ricavare una matrice di calibrazione caratteristica per ognuna di esse e quindi di calibrare la risposta in intensità di odore. Tale procedura ha previsto la diluizione di ogni campione prelevato alle sorgenti al fine di ottenere, per ogni matrice individuata, una serie ordinata di sotto-campioni aventi concentrazioni di odore differenti. La somministrazione di tali sotto-campioni a ciascuno IOMS e l'analisi in parallelo mediante olfattometria dinamica, secondo il metodo UNI EN 13725: 2004 [5], per la misura della concentrazione di odore, ha permesso di ricavare la curva di taratura caratteristica di ogni matrice odorigena dell'impianto. Le sorgenti selezionate, ritenute più significative, sono state scelte in base ai risultati ottenuti nella fase di caratterizzazione dell'impronta odorigena e di analisi di processo.

2.3.3 Analisi meteo-territoriale

L'analisi meteorologica ha avuto lo scopo di analizzare la meteorologia e la orografia sito specifica al fine di individuare i ricettori sensibili quali scuole, edifici pubblici e abitazioni posti all'interno di una determinata area intorno all'impianto, secondo quanto descritto dalle Linee Guida della Regione Lombardia in materia di odori (D.g.r. IX/3018 15 febbraio 2012). Per caratterizzare il territorio in modo completo ed esaustivo, è stata svolta un'indagine sui ricettori sensibili presenti sul territorio, sulla base delle Linee Guida della Regione Lombardia in materia di odori (D.g.r. IX/3018 15 febbraio 2012), dando priorità ai ricettori sensibili come scuole, ospedali e successivamente centri abitati e case isolate.



Fig. 1 – Individuazione ricettori sensibili

2.3.4 Posizionamento IOMS

Tutte le informazioni raccolte nelle fasi precedenti, sono state elaborate al fine di individuare le emissioni aventi maggiore impatto in termini di intensità e portata di odore sui ricettori sensibili ritenuti più rilevanti, considerando orografia e meteorologia sito specifica. Essendo un sistema discreto, ovvero determinato dal numero di IOMS costituenti la rete di monitoraggio, il corretto posizionamento degli stessi, all'interno degli impianti di depurazione, determina le direzioni verso cui lo sviluppo del modello di dispersione sarà più accurato e puntuale. La caratterizzazione dell'impronta odorigena, per gli impianti di depurazione individuati, ha evidenziato come le sorgenti più rilevanti siano risultate essere legate ai processi depurativi iniziali, quali grigliatura, sedimentazione primaria e trattamento biologico ed ai processi di trattamento fanghi. L'analisi anemologica sito specifica e l'analisi dei ricettori sensibili con le pregresse segnalazioni pervenute al gestore, hanno focalizzato l'attenzione alle zone residenziali poste principalmente in prossimità degli impianti.



Fig. 2 – Localizzazione IOMS impianti di depurazione

3. Conclusioni

I sistemi installati offrono una buona copertura di dati, con percentuali complessive, per entrambi gli impianti, al di sopra del 90% del periodo monitorato, così come evidenziato nella successiva tabella.

Impianto	IOMS1	IOMS2	IOMS2	Stazione Metereologica
1	98,5%	92,3%	94,0%	98,5%
2	98,6%	94,4%	93,2%	98,6%

Tab. 2 – Copertura dati (%)

Si è osservato come il modello di dispersione simula e si adatta dinamicamente ai segnali provenienti dagli IOMS posti al perimetro dell'impianto. Dal punto di vista della gestione degli odori, per tale tipologia di impianti, il sistema fornisce sicuramente una serie di funzionalità che permettono di monitorare eventi odorigeni presenti e passati e valutare l'attendibilità delle eventuali segnalazioni ricevute.

Bibliografia

[1] **D. Lgs. n.183/2017**, attuazione della direttiva (UE) 2015/2193 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 novembre 2015, relativa alla limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati da impianti di combustione medi, nonché per il riordino del quadro normativo degli stabilimenti che producono emissioni nell'atmosfera, ai sensi dell'articolo 17 della legge 12 agosto 2016, n. 170.

[2] **D. Lgs. n.152/2006 e ss. mm. ii.**, Norme in materia ambientale.

[3] **UNI 11761:2019**, Emissioni e qualità dell'aria - Determinazione degli odori tramite IOMS (Instrumental Odour Monitoring Systems).

[4] **D.g.r. 15 febbraio 2012 - n. IX/3018**, Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno.

[5] **UNI EN 13725: 2004**, Qualità dell'aria - Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica.

Cultura della sostenibilità e sostenibilità della cultura

*Camilla Lo Schiavo, camillaloschiavo1994@gmail.com, Gianluigi de Gennaro,
Ufficio Ricerche Fondazione Symbola, Roma*

Riassunto

Già prima della crisi pandemica, e ancor di più nell'ottica di una ripresa post-Covid, nella filiera delle imprese culturali e creative erano sempre più numerosi gli esempi di chi sceglie pratiche green. L'obiettivo di questo articolo è quello di circoscrivere il concetto di sostenibilità in rapporto ai beni culturali, mediante una serie di strumenti e casi studio. Dal lato artistico, sono rilevanti le opere degli street artist Saype e di Street Art for Rights. I risultati ottenuti rivelano un percorso virtuoso della filiera ICC, improntato su una cultura antropica e rinnovabile.

Summary

Even before the pandemic crisis, and even more so in the perspective of a post-Covid recovery, in the supply chain of cultural and creative companies there were more and more examples of those who choose green practices. The aim of this article is to circumscribe the concept of sustainability in relation to cultural heritage, through a series of tools and case studies. On the artistic side, the works of street artists Saype and Street Art for Rights are relevant. The results obtained reveal a virtuous path of the ICC chain, based on an anthropic and renewable culture.

Introduzione

“Credi che finché la terra è rotonda, potrai trovare ovunque paesaggi naturali? Può una faccia rotonda avere più di un naso?”

Il paradosso espresso da Salvador Dalí tocca un argomento scottante: se già a metà del Novecento l'artista evidenziava l'assurdità della presunta infinitezza dei beni, oggi tale situazione è uno scenario talmente ineluttabile da necessitare al più presto una soluzione. In un mondo nel quale le risorse non sono infinite e le attività umane comportano effetti irreversibili la consapevolezza del proprio ruolo è di primaria importanza. La cultura può aiutare a intervenire in questo contesto: ponendo la tematica ambientale al centro della filiera culturale e creativa possono generarsi nuovi network e sinergie (interne ed esterne)¹ tra differenti settori in modo da favorire il ripensamento di alcune scelte politiche gestionali². È sufficiente l'esempio della campagna di comunicazione lanciata dalle Gallerie degli Uffizi, in cui il mondo artistico abbraccia la divulgazione gastronomica italiana. L'approccio green può sicuramente rendere il settore più competitivo e incisivo: l'ONU, del resto, alla sua settantaquattresima assemblea generale, ha dichiarato che sia la creatività e sia la sostenibilità sono un valore aggiunto e portante per vincere la battaglia ecologica.

¹ Quaderni di Symbola, *Io sono Cultura. L'Italia della qualità e della bellezza sfida la crisi*, pp. 34-35, 2021

² C. Mio, *L'azienda sostenibile*, p. 45, 2021

1. L'Unione Europea e gli strumenti green

Gli strumenti introdotti dall'Unione Europea per una realtà più sostenibile sono principalmente tre: ai rifinanziamenti dei programmi **Europa Creativa** (con un budget rafforzato di 1 mld rispetto alla precedente edizione) e **Horizon Europe** (con un sostegno di circa 96 miliardi per le ICC) si aggiunge il **Nuovo Bauhaus Europeo**, ovvero uno nuovo spazio di co-working dove ingegneri, designer, architetti e artisti sviluppano legami tra mondo delle ICC e quello della produzione, della scienza e della tecnologia, per rafforzare la leadership europea nell'innovazione ambientale e nell'economia circolare³. Da ciò si comprendono due fattori: il primo è l'accettazione della biodiversità, in cui ogni forma vive per tali variabili ambientali costituendo un ecosistema che possa generare e rafforzare la produttività⁴; il secondo è che la cultura del terzo millennio non può che essere sostenibile. La sfida per i materiali e i processi sarà quella di abbracciare scelte produttive sempre più verdi, coniugando i parametri dell'Agenda 2030 con nuove forme e significati culturali e creativi.

2. Denuncia in uno scatto: la waste land di Giovanni Izzo

Prima di parlare di sostenibilità, può rivelarsi interessante l'esamina della testimonianza artistica di Giovanni Izzo, fotografo campano che ha messo al centro del suo lavoro l'equilibrio tra ambiente e comunità. Le sue fotografie rappresentano paesaggi i cui contorni sono delineati da una serie di bottiglie, bicchieri e avanzi di plastica. Gli scatti dell'artista immortalano Castel Volturno (provincia di Caserta), in particolare la striscia costiera della domiziana, con tonnellate di rifiuti e relitti di quelli che un tempo furono lidi e case e che oggi sono macerie o residui sommersi dal mare. Secondo l'ex sindaco Mario Luise:

*"Oltre all'erosione, c'è anche una responsabilità umana, a causa dell'escavazione di sabbia lungo la costa. Le costruzioni sono state raggiunte dal mare, non costruite sul mare. Anche quando sono state edificate abusivamente, si trovavano molto più indietro."*⁵

Izzo incominciò a immortalare il litorale circa vent'anni fa. Raccolte una serie di analogiche, presentò il suo lavoro in svariate testate locali e nazionali, nonché in centri universitari. *"The Domiziana"*⁶ fu proposto al pubblico nel 2017, in una mostra/installazione dell'università di Bath (Inghilterra) pensata in occasione della seconda Conferenza generale del Gruppo permanente sul crimine⁷; a seguire, il materiale fu esposto in varie lezioni della facoltà di giurisprudenza della Federico II di Napoli e traslato sugli schermi nazionali con *Plastic War*, cortometraggio di Catia Barone riprodotto questo marzo da Rai Documentari con la regia di Leonardo Lo Frano. L'artista denuncia, oltre che un degrado pluriennale dell'ambiente, un silente legame tra camorra e mafia nigerina. Quest'ultima, lungo l'Agro norcino, acquistava crack per rivenderlo ai tossicodipendenti provenienti dalla provincia di Salerno⁸, accampati e fotografati nei Palazzi Grimani. L'intento di Izzo era quello di notificare un cambiamento etnografico e morfologico: come la plastica annienta la bellezza della *Campania felix*, così l'immigrazione clandestina, gli abusi edilizi e la prostituzione sono meccanismi resilienti che determinano una condizione dissipata e decadente. In un'intervista del 2017 il fotografo afferma:

³ Quaderni di Symbola, *Io sono Cultura. L'Italia della qualità e della bellezza sfida la crisi*, p. 35, 2021

⁴ C. Mio, *L'azienda sostenibile*, p. 35, 2021

⁵ *Inchiostro*. Periodico della Scuola di giornalismo Suor Orsola Benincasa, XIII, p. 4, 2013

⁶ Criminalità organizzata e vita: la JCU dà il benvenuto al fotografo Giovanni Izzo, <https://news.johncabot.edu/2018/11/giovanni-izzo/>

⁷ Organizzata dall'**European Consortium for Political Research** (Ecpnr)

⁸ <https://www.lacittadisalerno.it/cronaca/i-narcopendolari-nell-inferno-dei-palazzi-1.2543654>

“Alcune persone, a seguito della mia mostra in Inghilterra nell’Università di Bath, mi hanno accusato di aver denigrato la mia terra. Egregi Signori incravattati, io non sto denigrando la mia terra. No. Io ne sto facendo conoscere le problematiche, serie, accendendo i riflettori su di esse, a differenza di chi preferisce “nasconderle” e poi: cosa dovrebbe fare un professionista, un cittadino comune, un uomo, un padre di famiglia, se non “denunciare” questo avvilente stato di cose? questo è il nostro compito, il compito che dovrebbe accollarsi ogni singolo individuo!”⁹

La plastica delle fotografie di Izzo sembra aver raggiunto una sorta di equilibrio, per quanto paradossale, ma si tratta di una calma apparente, che deflagra a contatto con la violenza che l’artista in realtà denuncia. Il suo è un invito al cambiamento, affinché l’ambiente non sia una triste e inquinata scenografia ma un cuore pulsante che determini un’eco-tendenza e che innesci un’eco-efficienza, produttiva, ma soprattutto sociale.



Fig. 1 – Giuseppe Izzo, Castel Volturno, striscia domiziana

3. Street art e sostenibilità della cultura: il caso di Saype

Le denunce visive di Izzo permettono di avvicinarsi alla tematica delle sostenibilità di pertinenza: con essa s’intendono tre variabili, quella sociale, ambientale ed economia, il cui incontro genera una dimensione vivibile poiché determinata e rispettata per la sua biodiversità¹⁰. Ragionare perciò in termini di sostenibilità è oramai diventata una priorità¹¹: la filiera ICC sta cercando di avvicinarsi a tale tematica, allacciando ad esempio importanti canali di dialogo con alcuni decisori politici per favorire un’innovazione non soltanto economica, ma soprattutto sociale. A tal riguardo, va citata la best practice di Voices of Culture¹², un dialogo tra commissione Europea e settore culturale, il cui obiettivo è quello di far sì che i professionisti delle ICC (selezionati attraverso un invito aperto) possano essere ascoltati dai responsabili politici europei. A seguito di questo scambio è stato pubblicato a febbraio 2021 un rapporto¹³ che, partendo da un ‘uso inclusivo’ della cultura, esamina sfide e opportunità grazie alle quali

⁹ <https://www.livenet.it/breaking-news/giovanni-izzo-domitiana-inghilterra/>

¹⁰ C. Mio, L’azienda sostenibile, p.23, 2021

¹¹ A tal riguardo si consiglia la lettura di E. Granata, *Biodiversity: Città aperte, creative e sostenibili che cambiano il mondo*, Giunti, 2019.

¹² <https://voicesofculture.eu/>

¹³ <https://www.cultureinexternalrelations.eu/2018/10/22/voices-of-culture-brainstorming-report/#:~:text=Voices%20of%20Culture%20is%20the,Commission%20and%20the%20cultural%20sector.&text=The%20report%20looks%20at%20the,with%20culture%20and%20social%20inclusion.>

la filiera può contribuire al raggiungimento dei 17 obiettivi dell'Agenda ONU 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. L'adozione di un approccio green, per esempio le politiche di riduzione dell'impatto ambientale per realizzare attività e prodotti culturali più sostenibili, consente alle imprese culturali e creative di essere più impattanti e competitive. Casi virtuosi, che riflettono tali scelte ecologiche, si riscontrano nel mondo della street art. Un esempio internazionale è quello dell'artista franco-svizzero Saype, pioniere della *field painting*, un connubio tra narrazione, graffitismo e *land art*. La sua peculiarità risiede nel materiale che adopera: dipinge sull'erba enormi affreschi (alcuni possiedono raggiungono una superficie di 1000 metri quadrati), utilizzando un particolare tipo di vernice autoprodotta/di sua creazione (biodegradabile al 100%) composta da carbone di gesso, acqua e proteine di latte. La miscela non è nociva, poiché la caseina (proteina del latte) assume il ruolo di collante senza emettere vapori, e funge da base su cui poggia l'immagine, delimitata a sua volta dalle strisce nere del carbone. Le opere di Saype (il cui nome deriva dalla contrazione delle parole *say* e *peace*, dire pace) ritraggono uomini estremante realistici o braccia legate tra loro in segno di solidarietà, e fanno parte del ciclo *Beyond Walls – Oltre i muri*, iniziato nell'estate del 2019 a Parigi. Obiettivo del progetto è quello di coprire cinque continenti per un totale di oltre venti città, attivando una catena artistica di sostenibilità.

“Ci troviamo a un punto della storia in cui il mondo si sta polarizzando e in cui molte persone si stanno ripiegando su sé stesse - ha dichiarato l'artista a commento della sua opera. Tuttavia, credo profondamente che sia solo rimanendo insieme che l'umanità possa rispondere alle più grandi sfide del nostro tempo¹⁴”.



Fig. 2 – *Beyond Walls – Oltre i muri*, Parco Archeologico della Porta Palatina di Torino.

Dai giardini della Torre Eiffel al Parco Archeologico della Porta Palatina di Torino (Fig. 2)¹⁵, le sue pitture rivelano un urlo disperato di umanità, globale poiché ambientale.

¹⁴ <https://asvis.it/notizie/929-7756/beyond-walls-oltre-i-muri-di-saype-quando-larte-promuove-la-sostenibilita>

¹⁵ Rilevante è la collaborazione con il gruppo Lavazza, tra i promotori dell'evento artistico *Beyond the Wall* e che aveva già riprodotto la sua opera *Take Care for Future* nel Calendario Lavazza. “Beyond Walls è un’opera di grande forza visiva e immediatezza - ha dichiarato Francesca Lavazza - Siamo convinti che l’arte e la sostenibilità siano linguaggi in grado di ispirare e modellare il nostro futuro. Per questo collaboriamo con artisti che fanno propri i valori della condivisione, del rispetto per l’ambiente e la positività, contribuendo a diffondere e affermare i 17 Obiettivi di sviluppo sostenibile, ormai parte integrante della visione e delle azioni del Gruppo Lavazza”.

4. Il caso nazionale: Street Art for rights 2021

Dai murali di Saype si passa alle opere d'arte urbana della periferia romana. Il caso nazionale che segue è *Street Art for rights*, iniziativa artistica e sociale ideata e diretta da Giuseppe Casa e curata da Oriana Rizzuto. Il progetto prevede una diramazione di opere in vari quartieri della capitale, con l'intento di riqualificare zone contraddistinte da contesti sociali e territoriali delicati. L'obiettivo, cioè, è quello di dare vita a una nuova rete locale attraverso il coinvolgimento attivo di artisti e network regionali, stimolando così un senso di appartenenza e condivisione nei confronti del proprio territorio. Le opere, 17 in totale (fig.3), possiedono due caratteristiche principali: la prima è che filtrano i temi del SDGs 2030¹⁶ attraverso il linguaggio artistico, trasformando i quartieri romani in ambasciatori fisici della sostenibilità e di un cambiamento concreto e possibile; la seconda è che sono realizzate con un particolare tipo di vernice, la Airlite, brevetto italiano della start up di Bolzano Advanced Materials¹⁷.



Fig. 3 – Street Art For rights.

Si tratta di una miscela in grado di abbattere l'88% degli inquinanti atmosferici, grazie a un processo simile a quello della fotosintesi clorofilliana: sfruttando le proprietà naturali del biossido di titanio, si genera una reazione ossidante con cui vengono catturate e distrutte le sostanze inquinanti presenti nell'aria (gli ossidi di azoto, di zolfo, il monossido di carbonio e le polveri sottili). Secondo l'azienda produttrice, l'effetto di cento metri quadrati di parete tinteggiati con Airlite è equipollente a quello di un bosco della medesima estensione ed è in grado di compensare le emissioni medie di diciotto autovetture in un anno¹⁸. Inoltre, il principio attivo della vernice determina una sorta di superficie d'acqua molecolare (ovvero invisibile e non palpabile): ciò evita la creazione di depositi di sporco sulle pareti, genera un effetto antimuffa e impedisce un passaggio eccessivo del calore, riflettendo la maggior parte delle radiazioni solari infrarosse.

5. Conclusioni: Verso una cultura sostenibile

Da questi esempi recenti si evince che la cultura e la creatività, in Italia e nel mondo, scalpitano in vista della ripresa post-Covid. La filiera, rimasta ferma a lungo, ha mostrato di avere - già prima della pandemia¹⁹ e ancor di più in vista della ripresa - una concezione più inclusiva di

¹⁶ <http://www.vita.it/it/article/2021/03/19/obiettivi-di-sviluppo-sostenibile-2030-li-racconta-la-street-art/158729/>

¹⁷ <https://www.altoadigeinnovazione.it/airlite-eco-pittura-che-elimina-inquinamento-nellaria/>

¹⁸ <https://www.green.it/smog-pittura-assorbente-airlite-la-vernice-purifica-laria/>

¹⁹ Si pensi all'*Environment and Climate Network dell'American Alliance of Museum* che negli ultimi dieci anni ha incoraggiato la diffusione di pratiche green nei musei americani con l'istituzione di premi annuali per l'eccellenza della sostenibilità (SEA) o al *Climate Heritage Network*, una rete nazionale di mutuo sostegno di organizzazioni artistiche

cultura, che non si esaurisce in una visione antropocentrica della stessa. Una visione cioè che per secoli si è concentrata esclusivamente sulla presenza (e sull'assenza) dell'essere umano, e che soltanto da poco riesce a interrogarsi sugli effetti che le sue azioni comportano²⁰. Una visione che mette al centro gli esseri viventi, perché parte di un ecosistema, e che ne riconosce l'importanza in un modo sempre più fragile e frammentato. Serve agire in tempo: è la missione che una parte crescente di chi opera nell'ambito artistico ha sposato, affinché i danni causati dall'essere umano non siano irreversibili.

“Ha cultura chi ha coscienza di sé e del tutto, chi sente la relazione con tutti gli esseri”²¹.

La lezione di Gramsci mantiene la sua validità a distanza di quasi un secolo. La coscienza di sé è la coscienza del tutto: è la lezione del terzo millennio della sostenibilità della cultura e della cultura della sostenibilità.

e culturali impegnate ad aiutare le comunità nell'affrontare i cambiamenti climatici e nel realizzare le ambizioni dell'accordo di Parigi.

²⁰ Quaderni di Symbola, *Io sono Cultura. L'Italia della qualità e della bellezza sfida la crisi*, p. 38, 2021

²¹ A. Gramsci, *Quaderni del carcere*, p.135, 2014.

Il problema delle maleodoranze nel comune di Marcianise – L'applicazione di un approccio integrato di monitoraggio, analisi ed elaborazione dei dati adottato dal Dipartimento ARPAC di Caserta

Giuseppina Merola, g.merola@arpacampania.it,

Agenzia Regionale della Protezione Ambientale in Campania, Caserta

Pasquale Luongo, p.luongo@arpacampania.it,

Agenzia Regionale della Protezione Ambientale in Campania, Caserta

Anna Danisi, a.danisi@arpacampania.it,

Agenzia Regionale della Protezione Ambientale in Campania, Caserta

Riassunto

Lo studio si basa sul monitoraggio di aria ambiente svolto presso il territorio comunale di Marcianise (CE), nel periodo estivo, mediante l'installazione di campionatori passivi per la ricerca di vari parametri come COV, H₂S, NH₃. I dati analitici sono stati integrati con dati meteo rilevati in situ, nonché con dati sistematizzati relativi alle segnalazioni di soggetti ricettori strategicamente individuati sul territorio.

Lo studio ha consentito di evidenziare come le denunciate problematiche di maleodoranze sono sostanzialmente il frutto di molteplici e concomitanti fattori e come le analisi e le attività di monitoraggio debbano essere necessariamente concepite in un'ottica integrata che tenga conto degli aspetti orografici, climatici, di utilizzo del territorio, di sorgenti di vario tipo (lineari, areali, ecc.), di ubicazione e sensibilità dei recettori, laddove tutti questi fattori debbono contestualmente ed integralmente essere elaborati, al fine di individuare, in primis, le potenziali sorgenti odorigene per poi, dove possibile, ipotizzare delle soluzioni di tipo tecnico-impiantistico e/o gestionale per il superamento delle criticità presenti.

Summary

The study deal with the monitoring of ambient air carried out in the municipal area of Marcianise (CE), in the summer, through the installation of passive samplers to search for various parameters such as VOC, H₂S, NH₃. The analytical data were integrated with weather data collected in situ, as well as with systematized data relating to the reports of recipients strategically identified in the area.

The study highlights how the reported malodorous problems are substantially the result of multiple and concomitant factors and how the analyzes and monitoring activities must necessarily be conceived from an integrated perspective that takes into account the orographic, climatic and use aspects of the territory, of sources of various types (linear, areal, etc.), of location and sensitivity of the receptors, where all these factors must be simultaneously and fully elaborated, in order

to identify, first of all, the potential odor sources and then, where possible, hypothesize technical-plant and / or management solutions for overcoming the critical issues present.

1. Introduzione

Stante la diffusa situazione di disagio lamentata dai cittadini del comune di Marcianise (CE) a causa di maleodoranze, percepite soprattutto nelle ore notturne in alcune aree residenziali, nel corso del 2019, è stato effettuato un monitoraggio di aria ambiente sul territorio comunale, nel periodo estivo, mediante l'installazione di campionatori passivi per la ricerca dei parametri COV, H₂S, NH₃.

Lo scopo del monitoraggio è stato quello di disporre di valori specifici di alcuni parametri utilizzati come traccianti per la successiva identificazione delle sorgenti emmissive presenti, a seguito di un'analisi dei dati territoriali disponibili, attraverso la quale si è riusciti ad avanzare alcune ipotesi sulla provenienza delle emissioni odorogene.

2. Modalità di esecuzione del monitoraggio e campionamento

I campionatori passivi tipo Analyst sono stati posizionati in zone laddove le segnalazioni dei cittadini erano più frequenti e comunque lontani da aree dove viene di norma effettuata la raccolta differenziata, in particolare della frazione umida.

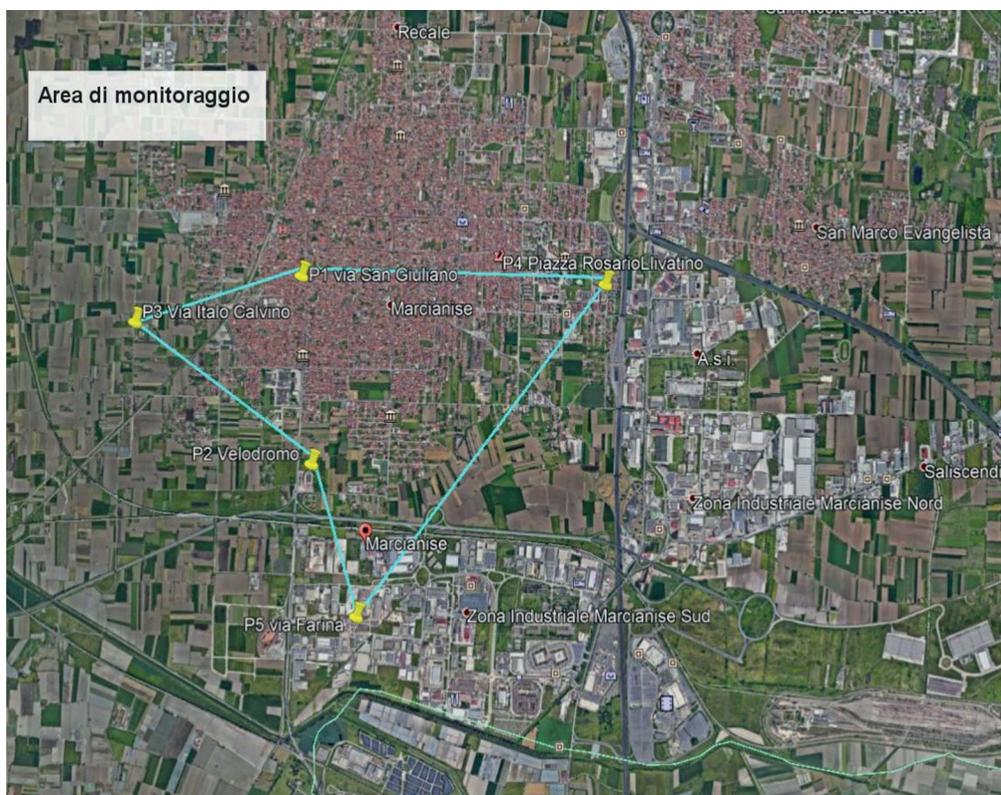


Fig. 1 – Area di monitoraggio con localizzazione punti di campionamento P1, P2, P3, P4 e P5

Il territorio comunale di Marcianise è costituito da una piana depressa con altitudine inferiore ai 20-25 m s.l.m.; la circolazione atmosferica è condizionata dai rilievi carbonatici appenninici che formano un arco orientato da SE a NO e limitano l'afflusso delle masse d'aria; tale configurazione orografica ha importanti effetti sulla dispersione degli inquinanti per il dislivello con le zone collinari più prossime, con conseguenti inversioni termiche nei bassi strati della zona più depressa.

È stata installata una stazione meteorologica in loc. Carbone presso l'impianto di depurazione di Marcianise, al fine di rilevare i dati meteo a scala locale; le condizioni atmosferiche sono state mediamente stabili con limitato ricambio di masse d'aria e scarso rimescolamento, con assenza di precipitazioni e temperature fra 24 e 31°C. Il regime dei venti è stato caratterizzato dallo sviluppo nella tarda mattinata di brezza marina dalla costa verso i rilievi appenninici, con provenienza dei venti dominanti dai quadranti occidentali, con intensità comprese tra 1-2,5 m/s (vedi fig. 2).

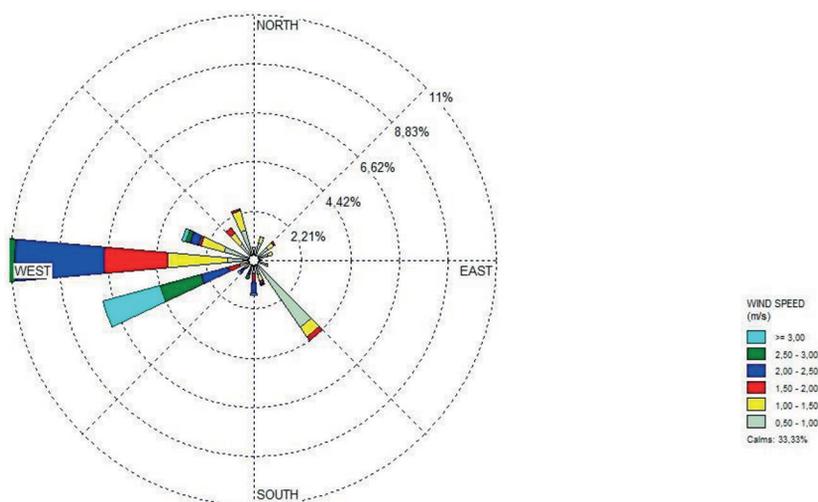


Fig. 2 – Rosa dei venti dominanti in loc. Carbone

Relativamente agli effetti delle condizioni meteorologiche sulle emissioni e sulle concentrazioni dei parametri ricercati, si evidenzia che la campagna di monitoraggio è stata eseguita durante la stagione estiva, periodo nel quale la concentrazione di ammoniaca in atmosfera è generalmente maggiore per la dipendenza dalla temperatura sia dell'equilibrio nitrato di ammonio/ammoniaca, che della partizione fra ammoniaca in fase acquosa ed ammoniaca rilasciata in atmosfera (maggiori emissioni provenienti da allevamenti, vegetazione e suolo).

Le concentrazioni rilevate di COV, invece, possono essere state sottostimate, in quanto, nel periodo estivo, le condizioni meteo climatiche (alte temperature) favoriscono la diffusione degli inquinanti e le reazioni di foto ossidazione.

3. Risultati analitici

Si riportano di seguito i risultati delle misure [3] per alcune postazioni ritenute più rappresentative (tabelle 1-2-3):

Periodo campionamento	[NH ₃] µg/m ³ (293 K) valore medio	Direzione Vento prevalente	Precipitazione	Tmedia mensile (°C)
1° mese di monitoraggio	15,8	W-SW	assenti	26,6
2° mese di monitoraggio	8,5	W-SW	Modeste per 5 gg	27,5

Tabella 1 – Ammoniaca NH₃ - Valori medi mensili di NH₃ ottenuti con il campionatore passivo (postazione P2) e associazione con le condizioni meteorologiche registrate nelle due campagne di campionamento. (In merito alla percezione delle maleodoranze si rappresenta che la soglia olfattiva dell'ammoniaca è pari a 142 µg/m³).

Periodo campionamento	[COV] µg/m ³ (293 K) valore medio	Direzione Vento prevalente	Precipitazione	Tmedia mensile (°C)
1° mese di monitoraggio	55,9 etilacetato	W-SW	assenti	26,6
2° mese di monitoraggio	2,2 toluene, 36 etilacetato	W-SW	Modeste per 5 gg	27,5

Tabella 2 – Composti Organici Volatili COV - Valori medi mensili di COV ottenuti con il campionatore passivo (postazione P5) e associazione con le condizioni meteorologiche registrate nelle due campagne di campionamento

Periodo campionamento	[H ₂ S] µg/m ³ (293 K) valore medio	Direzione Vento prevalente	Precipitazione	Tmedia mensile (°C)
1° mese di monitoraggio	1,29	W-SW	assenti	26,6
2° mese di monitoraggio	5,74	W-SW		27,5

Tabella 3 – Idrogeno solforato H₂S - Valori medi mensili di H₂S ottenuti con il campionatore passivo (postazione P5) e associazione con le condizioni meteorologiche registrate nelle due campagne di campionamento. (In merito alla percezione delle maleodoranze, si rappresenta che la soglia olfattiva dell'idrogeno solforato è pari a 0,7 µg/m³)

È importante sottolineare che, dall'esame dei risultati analitici, i valori dei COV sono costanti e comparabili in tutti i siti e ciò potrebbe evidenziare che non esistono sorgenti puntuali localizzate, ad eccezione della zona industriale (postazione P5) dove si riscontrano valori di etilacetato consistenti, compatibili con le attività industriali ivi presenti.

4. Raccolta dei dati presso i recettori

All'avvio della campagna di monitoraggio sono state distribuite delle schede per la rilevazione del disturbo olfattivo ad un campione di cittadini ivi residenti, poi riconsegnate per la successiva elaborazione. [4]

Le segnalazioni di eventi odorigeni per il primo periodo di monitoraggio (816 ore di esposizione) corrispondono a 90 ore di annotazione di maleodoranze che evidenziano come la durata degli episodi di disturbo olfattivo superi l'11% del periodo monitorato, come dettagliato nella tabella 4.

Tutte le schede [4] sono state sottoposte a verifica di compatibilità con la direzione dei venti, in considerazione della posizione delle sorgenti potenzialmente odorigene e della collocazione dei segnalatori, suffragate dai risultati analitici dei parametri monitorati che decrescono all'allontanarsi dalle potenziali sorgenti individuate. Le segnalazioni di maleodoranze sono

tutte avvenute principalmente a causa della sussistenza di condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo degli inquinanti caratterizzate da venti deboli o assenti ed elevata umidità relativa (parametro spesso collegato al ristagno degli inquinanti, rif. fig. 4).

Data	segnalazioni	N° segnalatori	% Segnalatori	Direzione vento	Intensità m/s
17/07	putridume	6	43	SE	1,3
22/07	putridume	7	50	SE	0,4
22/07	bruciato	4	28	SE	0,4
23/07	putridume	6	43	ESE	0,1
24/07	putridume	6	43	SE	0,9
25/07	putridume	8	57	assente	////
26/07	putridume	6	43	SSW	0,4
27/07	putridume	6	43	SSE-SE	0,4
28/07	putridume	7	50	S-SSW	2,2
01/08	letame	12	86	---	1,0
02/08	letame	12	86	---	1,0

Tabella 4 – Riepilogo delle segnalazioni ricevute

Scheda di segnalazione odori molesti

Segnalatore:
(nome e cognome)
Indirizzo:
(via, numero civico, Comune) **VIA XXIV MAGGIO, 8**

Data	Ora inizio	Ora fine	Intensità (*)	Sensazione odorosa (**)
16/07	22:00	23:00	FORTE	PUTRIDUME
17/07	7:00	8:00	//	//
18/07	20:00	22:00	//	//
19/07	24:00	5:00	//	BRUCIATO
20/07	5:00	7:30	//	//
21/07	6:00	8:00	//	PUTRIDUME
22/07	5:00		//	//
23/07	//		//	//
24/07	//		//	//
25/07	//		//	//
26/07	3:00	7:00	//	//
27/07	//		//	//
28/07	6:00		//	//
29/07	21:00	24:00	//	//
30/07	4:00	3:00	//	BRUCIATO
31/07	24:00	24:00	//	PUTRIDUME
01/08	9:00	24:00	molto forte	LETAME
02/08	24:00	24:00	//	LETAME
03/08	23:00	2:00	//	BRUCIATO
04/08	23:00	3:00	//	BRUCIATO
05/08	22:00	3:00	//	BRUCIATO

* scala di intensità: percepibile, forte, molto forte
 ** sensazione odorosa: uova marce, putridume, cavolo marcio, cipolla in decomposizione, pungente, pesce avariato, bruciato, solvente

ARPA Campania - Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania - Ente di Diritto Pubblico istituito con L.R. 10/96
 Sede Legale: via Michele St. Maria del Fiante - Centro Professionale, Torre 1 - 80143 Napoli
 Tel. 0812329111 - fax 0812329225 - direzione@arpa.campania.it - www.arpa.campania.it - P.I. 01/001330

Fig. 3 – Esempio di scheda di rilevazione disturbo olfattivo compilata

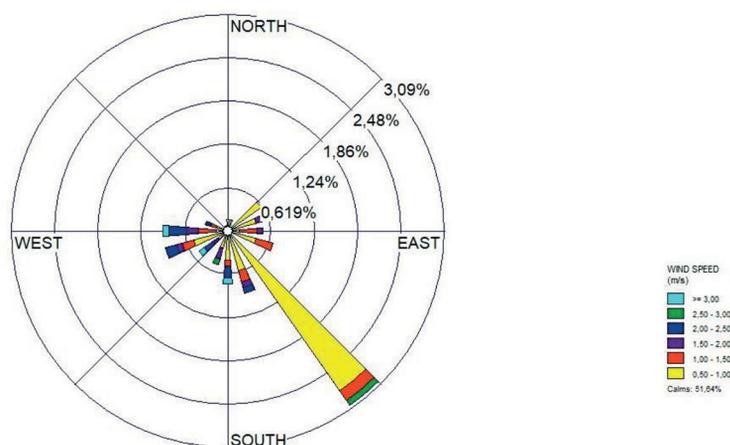


Fig. 4 – Rosa dei venti dominanti nel periodo notturno (dalle ore 21:00 alle ore 09:00) in loc. Carbone

Le 48 ore di segnalazioni avvenute contestualmente sono riferite ai giorni 01-02/08/2019, così come riportato nelle schede di rilevazione odori, allorquando tutti i segnalatori hanno percepito un odore di letame. In pari data, è stato effettuato un sopralluogo da parte di tecnici Arpac, riscontrando che le doglianze lamentate erano attribuibili ad uno spandimento di letame su di un terreno agricolo di circa due ettari.

5. Conclusioni

In conclusione, quindi, alla luce degli esiti del monitoraggio effettuato, delle risultanze dei dati meteo raccolti, delle elaborazioni delle schede di rilevazione, è emerso che il centro abitato di Marcianise risente verosimilmente, in prevalenza, dell'influenza delle emissioni odorigene provenienti da svariate fonti di seguito riassunte:

1. impianti di trattamento rifiuti (STIR di S.Maria C.V. e Caivano) – edifici e biofiltri;
2. allevamenti di animali (avicoli e zootecnici);
3. terreni agricoli interessati da pratiche di fertirrigazione (spandimenti di letame);
4. impianti di depurazione delle acque reflue urbane ubicati a Marcianise e nel limitrofo comune di Orta di Atella, (vasche degli impianti di depurazione) [2];
5. zone ASI di Marcianise e di Pascarola (zona sud di Caivano).

Le problematiche degli impianti di cui al punto 1) sono legate a sorgenti volumetriche, ossia edifici dai quali fuoriescono odori, attraverso porte ed altre aperture, specificatamente quelli destinati alla stabilizzazione dei rifiuti organici oppure sorgenti areali attive (biofiltri).

Lo spandimento del letame (punto 3) è una pratica molto diffusa sui terreni posti ad ovest rispetto al centro abitato di Marcianise, per cui è stata proposta al comune l'adozione di adeguati provvedimenti e/o prescrizioni, ad esempio vietandola nei giorni festivi, oppure limitandola a particolari fasce orarie.

Le criticità relative agli impianti di cui al punto 4) sono legate a sorgenti di emissioni diffuse del tipo areali passive ovvero le vasche degli impianti di depurazione, per i quali impianti sono attualmente in corso interventi di adeguamento e rifunzionalizzazione, laddove gran parte di detti interventi riguarda presidi di deodorizzazione, con la previsione, laddove possibile, del convogliamento e depurazione delle emissioni odorigene.

In conclusione, quindi, si può ritenere che le problematiche di maleodoranze denunciate siano il frutto di molteplici e concomitanti fattori, così come dettagliato in precedenza, e che le analisi e le attività di monitoraggio da mettere in campo, in linea generale, ovvero anche in

casi analoghi a quello preso in esame, debbano essere concepite necessariamente in un'ottica integrata [1] che tenga conto degli aspetti orografici, climatici, di utilizzo del territorio, di presenza di sorgenti di vario tipo (lineari, areali, ecc.), di ubicazione e sensibilità dei recettori, laddove tutti questi fattori dovranno contestualmente ed integralmente essere "letti" ed interpretati, al fine di individuare *in primis* le potenziali sorgenti odorigene per poi, dove possibile, ipotizzare delle soluzioni di tipo tecnico-impiantistico e/o gestionale per il superamento delle criticità.

Bibliografia

- [1] AA.VV. Emissioni odorigene e impatto olfattivo – Prevenzione e trattamento, ed. Geva, 2008
- [2] S. Toscano, Valutazione dell'impatto odorigeno derivante da impianto di depurazione delle acque reflue, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio, Politecnico di Torino, a.a.2018/2019
- [3] APAT, Metodi di misura delle emissioni olfattive – quadro normativo e campagne di misura, Manuali e Linee guida 19/2003
- [4] Regione Lombardia, D.G.R. 15 febbraio 2012, n.IX/3018 – Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno.

Rischio occupazionale e olfattometria dinamica: proposta di un metodo per la valutazione del rischio per gli esaminatori coinvolti nelle analisi olfattometriche

Elisa Polvara⁽¹⁾ elisa.polvara@polimi.it, *Andrea Spinazzè*⁽²⁾, *Marzio Invernizzi*⁽¹⁾,
Andrea Cattaneo⁽²⁾, *Selena Sironi*⁽¹⁾, *Domenico Maria Cavallo*⁽²⁾
(1) Politecnico di Milano, Milano; (2) Università degli Studi dell'Insubria, Como

Riassunto

L'olfattometria dinamica coinvolge degli esaminatori, i quali sono esposti durante le analisi a molecole potenzialmente pericolose presenti nei campioni odorigeni, per cui risulta fondamentale valutare il rischio di esposizione per questi lavoratori. Nonostante la sua rilevanza, ancora non esiste un metodo normato per valutare il rischio occupazionale per gli esaminatori olfattometrici. Inoltre, i modelli proposti all'interno della letteratura scientifica presentano alcune criticità. Pertanto, questo lavoro mira a suggerire un nuovo modello per la valutazione del rischio, basato sul calcolo dell'Hazard Index (HI) e del Inhalation Risk (IR), approfondendo le problematiche evidenziate durante lo studio di campioni reali. Questo approccio, infatti, propone una gerarchia tra le diverse tipologie di valori limite disponibili, per calcolare, in modo robusto, il valore minimo di diluizione da adottare durante le analisi.

Summary

Dynamic olfactometry directly involves examiners, who are exposed to hazardous pollutants potentially present in odorous samples and it is fundamental to evaluate the occupational exposure risk for these workers. Despite the importance of this topic, a standardized method to evaluate this risk is not provided yet. In addition, the models described in the scientific literature present some critical aspects. Therefore, this work aims to suggest a new model for the risk assessment of olfactometric workers, based on the determination of Hazard Index (HI) and Inhalation Risk (IR). The novelty of this approach is the overcoming of critical aspects observed in the literature models if applied to real odorous samples, proposing a hierarchical selection from the different databases available. These implementations allow calculating, in a robust manner, the minimum dilution value to be adopted during olfactometric analysis.

1. Introduzione

Le emissioni odorigene sono sempre più spesso oggetto di interesse da parte degli organi di controllo in materia ambientale [1]. Tali emissioni rappresentano un problema sempre più rilevante per diverse tipologie di aziende, soprattutto per il potenziale impatto che queste possono avere sull'ambiente e sulla salute, che genera preoccupazione e lamentele da parte

della popolazione esposta [2,3]. Per questi motivi, gli enti di controllo sono sempre più interessati al monitoraggio e al contenimento dell'inquinamento odorigeno dovuto alle attività di diverse realtà industriali. Attualmente, una delle tecniche più diffuse per quantificare la concentrazione di odore (in unità odorimetriche per metro cubo; ou_e/m^3) è l'olfattometria dinamica. Regolamentata dalla norma EN 13725:2003, questa è una tecnica sensoriale che coinvolge direttamente degli esaminatori - o panellisti. Essi sono appositamente selezionati e addestrati per rappresentare una sensibilità allo stimolo odorigeno media. Durante l'analisi, agli esaminatori viene presentato il campione di odore a concentrazione crescente attraverso l'olfattometro. Questo è uno specifico strumento che diluisce il campione con aria neutra in specifici rapporti di diluizione [4]. Durante l'analisi, quando gli esaminatori percepiscono un odore diverso dall'aria neutra devono segnalarlo: perciò, la concentrazione di odore di un campione è definita come il numero di diluizioni necessarie affinché il campione raggiunga la sua soglia di percezione. Di conseguenza i panellisti sono direttamente esposti al campione e quindi agli inquinanti potenzialmente pericolosi presenti al suo interno, seppur diluiti. Quindi, durante le analisi olfattometriche essi sono esposti a un rischio non noto: per questo motivo, per poter condurre analisi olfattometriche, è necessario valutare il rischio occupazionale per questa classe di lavoratori. Per poter garantire la sicurezza del panel olfattometrico, l'unica misura attuabile è la definizione di un valore minimo di diluizione da non superare durante lo svolgimento delle analisi. Infatti, in accordo con le prescrizioni della normativa, non è possibile pretrattare il campione o utilizzare dispositivi di protezione, quali maschere o filtri. Perciò la corretta valutazione dello step di diluizione da non superare per non esporre gli esaminatori a un rischio diventa un passaggio cruciale per garantire la sicurezza del personale coinvolto e lo svolgimento delle analisi in condizioni di sicurezza.

2. Relazione

Questo lavoro ha lo scopo di presentare una nuova metodica per la determinazione del valore minimo di diluizione da adottare durante lo svolgimento di analisi olfattometriche di campioni odorigeni, cercando di approfondire e superare le lacune osservate nelle prescrizioni della normativa e nei modelli descritti all'interno della letteratura scientifica.

2.1 *Stato dell'arte*

Il problema del potenziale rischio di esposizione per gli esaminatori olfattometrici è noto da tempo, così come la necessità di valutare il rischio a cui questi lavoratori sono esposti durante le analisi, come evidenziato dalla norma EN 13725:2003 e dalla sua attuale revisione (pr EN 13725:2018). La norma del 2003 riportava la necessità di informare il personale coinvolto del potenziale rischio e di minimizzarlo. Nell'ottica di una miglior definizione del problema, l'attuale revisione si prefigge di introdurre una descrizione più dettagliata, rispetto a quanto precedentemente definito, imponendo a ogni laboratorio l'utilizzo dei «current occupational exposure limits» [5]. Tuttavia, non viene ulteriormente specificato quali i valori limite debbano essere utilizzati. D'altra parte, considerando anche solo la dimensione europea, coesistono diversi valori limite di esposizione, che possono variare tra loro a seconda dell'approccio utilizzato per la valutazione e gestione del rischio [6]. La non univoca definizione dei limiti occupazionali da utilizzare può quindi comportare l'ottenimento di risultati non comparabili tra diversi laboratori. Inoltre, la normativa attualmente non descrive una procedura univoca e dettagliata su come valutare il rischio occupazionale degli esaminatori. All'interno della letteratura scientifica, vengono proposti dei metodi per la determinazione del rischio e la valutazione del valore minimo di diluizione da adottare durante lo svolgimento di analisi olfattometriche [7-9]. Nonostante la rilevanza di questi studi, essi presentano due aspetti critici principali. Il primo è dovuto all'utilizzo, nei modelli proposti, di valori di concentrazione

limite differenti, in termini di durata di esposizione o in termini di popolazione esposta. L'utilizzo di limiti di esposizione diversi, in assenza di uno specifico riferimento normativo, può modificare in maniera sensibile il risultato. Una seconda criticità è connessa all'assenza di indicazioni sul trattamento di quei composti, potenzialmente presenti in campioni di emissione reale, per i quali non sono presenti valori di soglia all'interno dei database utilizzati. La presenza di numerosi composti, la cui soglia di tossicità non è attribuita, comporta una sottostima del rischio, soprattutto per quanto riguarda il rischio non cancerogenico, ottenuto mediante il calcolo dell'Hazard Index (HI). Infatti, esso viene calcolato come la somma degli Hazard Quotients (HQs) di tutti i composti presenti all'interno dell'emissione. A sua volta però, l'HQ di un composto è uguale alla concentrazione di inquinante osservata divisa per la sua soglia di tossicità. In assenza di ulteriori procedure, si trascurano quindi i contributi di queste sostanze. Tuttavia, la presenza di numerosi composti, presenti in concentrazioni non trascurabili, la cui soglia limite non è nota, rappresenta un problema non trascurabile per la valutazione del rischio per gli esaminatori coinvolti. Risulta dunque fondamentale dal punto di vista normativo e scientifico risolvere queste criticità, in modo da ottenere valori di diluizione minima da non superare più precisi e affidabili [10].

2.2 Esposizione del panel

Al fine di valutare correttamente il rischio per gli esaminatori, è necessario analizzare la loro esposizione durante l'attività. Per evitare l'affaticamento del naso, gli esaminatori lavorano in sessioni di analisi da 1 o 2 ore e, generalmente, vengono coinvolti in una sessione giornaliera. Inoltre, ogni presentazione del campione, nei diversi step di diluizione durante la prova, dura al massimo 15 secondi [11]. Perciò, l'esposizione lavorativa di un esaminatore non sarà mai equiparabile a quella di un normale lavoratore (8 ore per giorno – 40 ore settimanali). Tuttavia, a causa delle prescrizioni della norma sul campionamento, che prevede il campionamento dell'emissione direttamente alla sorgente di odore, gli esaminatori sono esposti potenzialmente a concentrazione di inquinanti che non sono diluite in aria ambiente, ma solo mediante l'olfattometro. A bassi step di diluizione, il campione presentato agli esaminatori risulta via via più concentrato

Discutendo invece lo scenario di esposizione, gli esaminatori sono esposti solo per inalazione ai composti presenti nei campioni. Inoltre, generalmente le emissioni odorigene sono miscele complesse e variabili; perciò, è necessario che il metodo di valutazione da utilizzare sia semplice e generale, ma robusto in modo da poter fornire risultati affidabili. Per questi motivi, il metodo proposto si basa sulla valutazione del rischio non carcinogenico, basandosi sull'esposizione breve, mediante la stima dell'Hazard Index (HI); mentre per il rischio carcinogenico, viene calcolato il rischio durante l'intera vita di sviluppare il cancro considerando che non ci sia una soglia di non pericolo e assumendo una relazione lineare dose-risposta.

2.3 Nuova metodica

L'obiettivo della metodica qui proposta è quello di caratterizzare il rischio per i panellisti olfattometrici, cercando di risolvere le criticità osservate e descritte precedentemente. Di seguito vengono descritti i parametri da utilizzare e la procedura proposta per la valutazione del rischio per il calcolo del valore di diluizione minimo da adottare durante le analisi olfattometriche.

2.3.1 Valutazione del rischio: rischio non-carcinogenico

Nel modello proposto, il rischio non-carcinogenico viene valutato calcolando l'Hazard Index (HI). Esso è uguale alla somma degli Hazard Quotients (HQs) di tutti i composti osservati nel campione, come riportato nella Eq. 1. L'HQ per ogni molecola è calcolato

dividendo la concentrazione di esposizione ($C_{i,exp}$) per il limite occupazionale considerato (OELV) (Eq. 2).

$$HI = \sum HQ_i \quad \text{Eq. 1}$$

$$HQ_i = C_{i,exp} / OELV_i \quad \text{Eq. 2}$$

L'Hazard Index rappresenta un approccio semplice e adattabile che può essere facilmente applicato a diversi campioni. Infatti, questo approccio consente di ottenere una valutazione immediata sull'accettabilità del rischio: infatti se $HI \leq 1$, il rischio è considerato accettabile; se $HI > 1$, il rischio non è accettabile ed è necessario calcolare un valore minimo di diluizione. La principale criticità di questo metodo è che, come già discusso, esso richiede i valori limite di riferimento per tutti i composti presenti all'interno del campione. Purtroppo, spesso questi valori non sono disponibili. Per risolvere questa criticità, questa metodica propone di utilizzare diversi valori di riferimento per ogni composto presente nei campioni. In particolare, si propone di utilizzare i seguenti valori di riferimento, nell'ordine qui descritto, che considera la loro base normativa o la solidità della metodologia di derivazione:

- Occupational Exposure Limit Values (OELVs), definiti dalla Comunità Europea e derivanti dalle più recenti ricerche scientifiche disponibili;
- Derived No Effect Levels (DNELs) relative all'esposizione lavorativa;
- Altri limiti occupazionali, come limiti nazionali o i valori proposti dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Ricercando all'interno di questi database, ordinati in maniera gerarchica a seconda della validità di legge che essi presentano, è possibile raccogliere per molti composti un valore di soglia di tossicità da utilizzare nel calcolo dell'HQ. Tuttavia, anche consultando le diverse fonti indicate, potrebbero ancora esserci, all'interno di un campione di emissione reale, composti per cui non è disponibile una concentrazione di riferimento. Perciò, la proposta qui suggerita è di raggruppare i diversi composti in famiglie o gruppi dalle caratteristiche chimiche simili (e.g. idrocarburi alifatici C6-C8, idrocarburi aromatici C9-C14) e definire un limite di esposizione per la classe di composti, invece che per il singolo composto, non essendo disponibile appunto il dato singolo.

Applicando questa serie di approssimazioni, è possibile caratterizzare totalmente le miscele odorogene, calcolando l'HI per l'intera miscela da analizzare e ottenere così la sua completa valutazione del rischio.

2.3.2 Valutazione del rischio: rischio carcinogenico

Il rischio carcinogenico viene calcolato, in accordo con le linee guida esistenti [12], secondo la formula:

$$\text{Inhalation Risk (IR)} = CDI_i * IUR \quad \text{Eq. 3}$$

Nell'Eq. 3, CDI è la concentrazione di inalazione cronica (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e la IUR è la Inhalation Unit Risk, fornita dal Risk Assessment Information System [13]. La CDI invece deve essere calcolata in accordo con il tempo di esposizione dell'esaminatore, secondo l'Eq. 4, applicando i parametri riportati in Tab. 1.

$$CDI_i = (C_{i,exp} * EF * ED * ET) / (AT * LT) \quad \text{Eq. 4}$$

Parametro	Abbreviazione	Unità di misura
Frequenza di esposizione	EF	Giorno/anno
Durata di esposizione	ED	Anno
Tempo di esposizione	ET	Ora/giorno
Tempo medio	AT	Giorni/anni
Lifetime	LT	Anni

Tab. 1 – Parametri per il calcolo della CDI

I parametri riportati in Tab. 1 devono essere definiti da ogni laboratorio in accordo con la specifica attività lavorativa del proprio panel. Perciò, per valutare il proprio rischio specifico, risulta fondamentale che ogni laboratorio olfattometrico tenga nota dell'attività lavorativa rappresentativa degli esaminatori.

Nel modello qui proposto, il rischio carcinogenico deve essere calcolato per tutti i composti cancerogeni o potenzialmente cancerogeni, secondo la definizione fornita nella Part 3 of Annex VI to Regulation (EC) No 1272/2008:

- Cancerogeno se il composto è classificato come 1A o 1B;
- Sospetto cancerogeno se il composto è inserito nella categoria 2

Per il singolo composto, se IR è minore di 10^{-6} il rischio carcinogenico per la sostanza è considerato accettabile; per la miscela, il rischio è considerato accettabile se IR è minore di 10^{-5} .

2.3.3 *Discussione del metodo*

Il modello proposto presenta alcune limitazioni e assunzioni che devono essere considerate e discusse al fine di applicarlo in maniera appropriata. La prima limitazione è correlata all'utilizzo dell'HI. Un limite dell'utilizzo di questo approccio è che questo risulta semplificato e non considera eventuali trasformazioni o effetti sinergici. Tuttavia, proprio grazie alla sua semplicità, questo approccio può essere rapidamente utilizzato durante lo svolgimento delle analisi olfattometriche. Approcci più complessi, infatti, richiedono maggiori elaborazioni e una competenza molto specifica. Ciò limita l'applicabilità della metodica, sia in termini di tempo necessario per l'elaborazione del dato sia in termini di competenze del valutatore. Un secondo aspetto è la selezione del corretto valore di limite di tossicità da adottare all'interno del calcolo, che richiede una particolare esperienza nell'ambito della valutazione del rischio. Tuttavia, la classificazione gerarchica proposta, fondata sulla base normativa o scientifica del dato fornito, permette di poter selezionare un valore di riferimento per un maggior numero di composti potenzialmente presenti in un campione reale.

Inoltre, questo modello rappresenta uno studio preliminare dell'argomento che richiederà ulteriori aggiornamenti e approfondimenti in accordo con l'evoluzione delle conoscenze di questo ambito o di successivi miglioramenti in modo da facilitarne l'applicabilità (e.g. software per il calcolo del valore di diluizione minimo). Tuttavia, allo stato attuale, il presente modello, cercando di superare le criticità osservate, rappresenta un avanzamento per la definizione di un protocollo di valutazione del rischio occupazionale degli esaminatori coinvolti in analisi olfattometriche.

3. Conclusioni

La valutazione del rischio occupazionale per gli esaminatori coinvolti in analisi olfattometriche risulta essere fondamentale per poter condurre queste analisi, sempre più richieste da enti di controllo e industrie, in condizioni di sicurezza. Questo lavoro ha lo scopo di proporre un nuovo metodo, con alcune soluzioni metodologiche, per la valutazione il rischio

di esposizione occupazionale per i panellisti coinvolti nell'olfattometria dinamica. Il metodo proposto si basa sulla valutazione dei rischi cancerogeni e non cancerogeni utilizzando i valori limite di esposizione stabiliti dai regolamenti internazionali e dagli standard di riferimento comunemente applicati nel campo dell'igiene e della tossicologia professionale. Il risultato più importante di questo studio è il suggerimento di un metodo per la scelta dei valori limite scientificamente validi o basati sulle normative da utilizzare per la valutazione degli effetti non cancerogeni per ottenere una valutazione del rischio basata sulla tossicologia per il maggior numero di composti presenti in un campione di odore reale. Dunque, il modello qui proposto appare una pratica e implementabile soluzione che coniuga soluzioni facilmente applicabili con una robusta valutazione del rischio. Ciò risulta fondamentale per l'applicabilità del metodo da parte di vari operatori.

Bibliografia

- [1] **Nicell J. A.**, "Assessment and regulation of odour impacts," *Atmos. Environ.*, vol. 43, no. 1, pp. 196–206, Jan. 2009.
- [2] **Henshaw P., Nicell J., and Sikdar A.**, "Parameters for the assessment of odour impacts on communities," *Atmos. Environ.*, vol. 40, no. 6, pp. 1016–1029, Feb. 2006.
- [3] **Bokowa A. et al.**, "Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide," *Atmosphere (Basel)*, vol. 12, no. 2, p. 206, Feb. 2021.
- [4] **Bax C., Sironi S., and Capelli L.**, "How Can Odors Be Measured? An Overview of Methods and Their Applications," *Atmosphere (Basel)*, vol. 11, no. 1, p. 92, Jan. 2020.
- [5] **pr EN 13725:2018**, *Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate from stationary by sources - Complementary element*. 2018.
- [6] **Cattaneo A., Spinazzè A., and Cavallo D. M.**, "Occupational exposure limit values for chemical risk assessment at European level," *Ital. J. Occup. Environ. Hyg.*, vol. 9, no. October, pp. 93–97, 2018.
- [7] **Davoli E. et al.**, "Dynamic Olfactometry and Potential Sample Toxicity. Guidelines for a Safe Occupational Health Approach," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 30, 2012.
- [8] **Davoli E. et al.**, "Dynamic olfactometry and sample toxicity. a case study for a MSW incinerator odour assessment project," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 54, pp. 13–18, 2016.
- [9] **Polvara E., Capelli L., and Sironi S.**, "Non-carcinogenic occupational exposure risk related to foundry emissions: focus on the workers involved in olfactometric assessments," *J. Environ. Sci. Heal. - Part A Toxic/Hazardous Subst. Environ. Eng.*, vol. 56, no. 6, pp. 646–659, 2021.
- [10] **Polvara E., Invernizzi M., and Sironi S.**, "Occupational Safety for Panellists Involved in Dynamic Olfactometry: a Comparison of Available Risk Assessment Models," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 85, pp. 91–96, 2021.
- [11] **EN 13725:2003**, *Ambient air - Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry*. 2003.
- [12] **US EPA**, "Exposure Assessment Tools by Routes - Inhalation."
- [13] **"The Risk Assessment Information System."** Available: https://rais.ornl.gov/cgi-bin/prg/RISK_search.

Influenza della velocità del vento e della temperatura sull'emissione di COV da superfici liquide: studio sperimentale sulla caratterizzazione di sorgenti areali passive

*Francesca Tagliaferri francesca.tagliaferri@polimi.it, Marzio Invernizzi, Selena Sironi
Politecnico di Milano, Milano*

Riassunto

L'emissione di Composti Organici Volatili (COV) da sorgenti areali liquide, molto spesso connessa a problematiche di molestia olfattiva, è un fenomeno complesso, potenzialmente influenzato da diversi parametri, per esempio la velocità del vento che lambisce la superficie emittente e la temperatura del liquido. Il lavoro sperimentale di seguito discusso si propone di valutare l'influenza di queste due variabili sul rateo emissivo di acetone e butanolo da superfici liquide. I risultati ottenuti evidenziano come il flusso emissivo dei due composti non sembra significativamente influenzato dalla velocità del vento. Pertanto, l'approccio comunemente suggerito di stimare il flusso odorigeno in funzione della radice quadrata della velocità del vento appare eccessivamente conservativo. Al contrario, l'influenza della temperatura risulta molto più marcata, comportando variazioni del flusso emesso fino ad un ordine di grandezza.

Summary

The characterization of liquid area sources for the study of Volatile Organic Compounds emission is a matter of great concern. The volatilization of these species, which very often cause odour annoyance, is a complex phenomenon, potentially affected by several variables. For instance, parameters of great concern are the wind velocity and the liquid temperature. In view of this, the study aims at investigating the influence of these two variables on the emission rate of acetone and butanol from liquid surfaces. The results show as the emission rate of these two compounds appears not to be significantly affected by the velocity. In view of this, the approach commonly suggested to consider a dependence of the odour emission rate on the square root of wind velocity appears to excessively overestimate the emission rate. Conversely, the temperature highly influences the emission phenomenon leading to an increase of one order of magnitude of the emission rate.

1. Introduzione

L'emissione di Composti Organici Volatili (COV) dagli impianti di trattamento delle acque reflue ed i potenziali effetti avversi sulla salute umana e sull'ambiente rappresentano una problematica a cui viene rivolta particolare attenzione da diversi anni [1,2]. Parallelamente,

gli aspetti connessi alle emissioni odorigene da questi impianti stanno diventando un tema di crescente interesse soltanto negli ultimi decenni [3,4], nell'ottica di un miglioramento della qualità della vita e del benessere dei cittadini.

Nonostante la crescente attenzione rivolta a queste tematiche, ci sono ad oggi alcune questioni ancora dibattute. Come evidenziato dalla recente versione (ancora in fase provvisoria) della EN13725 [5], la norma tecnica di riferimento per l'olfattometria in ambito europeo, la quantificazione del rateo emissivo da sorgenti areali liquide passive, come le vasche preposte al trattamento delle acque reflue, è piuttosto complessa. Il rilascio di COV da queste sorgenti e la loro dispersione in atmosfera rappresenta infatti un fenomeno potenzialmente influenzato da numerosi parametri chimico-fisici [6,7].

Alla luce di ciò, lo studio sperimentale di seguito discusso si propone di indagare l'influenza della velocità del vento e della temperatura sull'emissione di COV dalle superfici liquide. Da un lato, infatti, diversi parametri (es. tensione di vapore) che regolano il rilascio delle sostanze organiche sono funzione della temperatura [8-10], mentre il meccanismo convettivo da parte del vento che lambisce la superficie liquida rappresenta la *driving-force* del fenomeno emissivo [11,12]. In particolare, vengono discussi i risultati di alcune prove sperimentali nelle quali viene testato il comportamento di butanolo e acetone, in soluzione acquosa ad una concentrazione di 5 mL/L, facendo variare la velocità del vento all'interno di una cappa dinamica Wind Tunnel. In aggiunta, ulteriori analisi sono state condotte con l'obiettivo di valutare l'influenza della temperatura del liquido sul fenomeno emissivo così da identificare quale delle due variabili studiate risulti più significativa.

2. Relazione

2.1 Stato dell'arte

Consultando la letteratura emergono alcuni studi riguardanti l'influenza della velocità del vento sull'evaporazione da superfici liquide [13-15]. In generale, essi propongono l'esistenza di due diversi meccanismi che governano il trasferimento di materia tra la fase liquida e la fase gas. In alcuni casi, i COV diffondono rapidamente all'interno della fase liquida raggiungendo l'interfaccia in breve tempo. In questo caso il meccanismo di trasferimento è controllato dallo *stripping* dei COV promosso dal meccanismo convettivo da parte del vento. Questi composti sono identificati come *gas-phase controlled*. Al contrario, l'emissione di molecole che incontrano le maggiori resistenze al trasferimento all'interno della fase liquida non dovrebbero essere, almeno in linea teorica, influenzate dalla velocità dell'aria (composti indicati come controllati *liquid-phase controlled*). Vi sono inoltre alcuni composti che seguono un comportamento intermedio, identificati come *gas-liquid-phase controlled*.

Diversi studi riportati in letteratura [16,17] e le linee guida attualmente vigenti in Italia in materia di odore suggeriscono generalmente di tenere conto di una dipendenza del rateo emissivo dalla radice quadrata della velocità del vento. Tuttavia, la Linea Guida di Regione Lombardia, evidenzia come tale approccio possa essere eventualmente trascurato qualora non ritenuto adeguato allo specifico caso in esame. Inoltre, all'interno di alcune normative regionali [18], non viene neppure fatto accenno alla dipendenza dalla velocità del vento. Vista la complessità del tema, la recente revisione della norma pr-EN 13725:2018 menziona la dipendenza dalla radice quadrata della velocità dell'aria solo in un'appendice informativa, senza approfondire la questione. In sostanza, non è stata ancora definita una metodologia universalmente accettata.

La normativa appena citata, nonché alcuni studi riportati in letteratura [9,19], identifica inoltre la temperatura del liquido come possibile fattore di influenza sul flusso emissivo da sorgenti areali liquide. Infatti, diverse variabili chimico-fisiche che governano il processo di

volatilizzazione (es. tensione di vapore, costante di Henry) sono significativamente influenzate da questo parametro.

Un recente studio sperimentale [20] ha indagato il comportamento dell'acetone in soluzione acquosa evidenziando una possibile influenza del rateo emissivo dalla radice quadrata della velocità del vento nel caso in cui il composto sia presente in elevate concentrazioni, almeno 50 mL/L. Tuttavia, il risultato più interessante dello studio riguarda le prove effettuate in condizioni più diluite, dal momento che i composti presenti nelle acque trattate dagli impianti di depurazione sono tipicamente presenti in concentrazioni esigue: a basse concentrazioni, infatti, emerge una dipendenza non significativa tra le due variabili (i.e. rateo emissivo e velocità del vento). Lo studio in questione [20] si limita però a testare il comportamento dell'acetone, una specie identificata come *gas-liquid-phase controlled*.

Alla luce delle risultanze del lavoro condotto da Tagliaferri et al. [20], lo studio sperimentale di seguito discusso si propone di verificare se la scarsa influenza della velocità del vento alle basse concentrazioni si manifesti anche per composti identificati in letteratura come *gas-phase controlled* (i.e. butanolo) unitamente a valutare l'influenza della temperatura sul rateo emissivo.

2.2 Materiali e metodi

Come discusso in precedenza, le prove sperimentali hanno testato il comportamento di acetone e butanolo in soluzione acquosa ad una concentrazione di 5 mL/L. In particolare, all'interno della cappa utilizzata per le prove, l'aria è stata insufflata a tre diverse portate (1500 sL/h, 2500 sL/h e 4000 sL/h), rappresentative di diverse velocità del vento in un range da 0.02 m/s a 0.06 m/s.

Per valutare l'influenza della temperatura del liquido sul fenomeno emissivo, ogni prova è stata ripetuta a due diverse temperature: a 20°C, rappresentativa di una temperatura media annuale, e a 35°C, per simulare l'emissione durante i mesi più caldi, quindi la condizione potenzialmente peggiore.

La *wind-tunnel* adottata per le prove è stata sviluppata dal Laboratorio Olfattometrico del Politecnico di Milano. Per maggiori dettagli relativi alla cappa si rimanda alla descrizione riportata in [19].

La cappa è stata posizionata di volta in volta al di sopra di contenitori in polietilene della capacità di 4 L contenenti delle quantità note di soluzione, in modo da simulare l'azione da parte del vento che lambisce il pelo libero della superficie liquida favorendo il fenomeno emissivo. All'interno della cappa viene insufflata, tramite un regolatore di portata, la portata di aria desiderata così da promuovere le condizioni di trasporto di materia convettivo che avvengono per effetto della ventilazione naturale sulla superficie liquida.

Dopo un breve tempo di condizionamento, sono stati prelevati dei campioni di aria per mezzo di una pompa a depressione che ha la funzione di far fluire l'aria da campionare dalla cappa all'interno del bag di prelievo in Nalophan™ della capacità di circa 3 litri. Per ogni campione gassoso prelevato, è stata misurata la concentrazione del composto selezionato utilizzando un rilevatore portatile a fotoionizzazione (PID), ION Tiger LT. La scelta di utilizzare questo strumento è ascrivibile alla rapidità con cui riesce a fornire una risposta affidabile. Per ogni condizione sperimentale testata (i.e. differenti composti in soluzione, differenti portate di aria flussate nella wind tunnel e diverse temperature del liquido) sono stati prelevati campioni gassosi in triplo, al fine di valutare ridurre il più possibile l'errore casuale sul dato misurato.

Il set-up sperimentale descritto è stato leggermente modificato per le prove sperimentali condotte a 35°C. In questo caso, è stato realizzato un sistema di controllo di temperatura al fine di mantenere le soluzioni alla temperatura desiderata per tutta la durata delle analisi, ricorrendo ad una vasca in acciaio da poter posizionare su di una piastra riscaldante.

Risultati

I risultati ottenuti dalle prove sperimentali condotte su acetone e butanolo a diverse portate sono presentati mostrando l'andamento (Fig. 1) del rateo emissivo (ER) in funzione della velocità del vento a 20°C e a 35°C. Sul grafico viene inoltre riportata la linea di regressione (*power line*) evidenziandone l'equazione corrispondente.

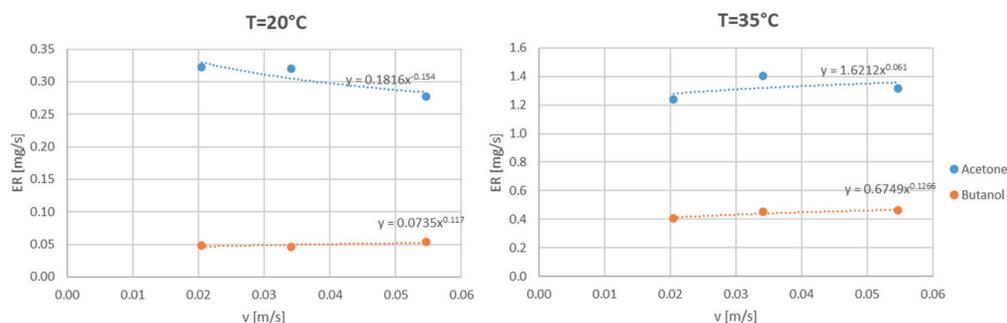


Fig. 1 – Rateo emissivo (ER) di acetone e butanolo in soluzione acquosa a 20°C (sinistra) e 35 °C (destra) in funzione della velocità dell'aria

Dai grafici emerge, sia a 20°C che a 35°C, un'influenza non significativa della velocità del vento sul rateo emissivo di acetone e butanolo. Per chiarire questo aspetto, è interessante osservare la linea di tendenza ottenuta dalla regressione di tipo *power-law* dei dati sperimentali e, in particolare, l'esponente associato alla variabile indipendente (la velocità). Questi coefficienti, riportati in Tab. 1, danno un'indicazione quantitativa in merito all'influenza del parametro indagato.

Temperatura [°C]	COV	Esponente
20	Acetone	-0.15
20	Butanolo	0.12
35	Acetone	0.06
35	Butanolo	0.13

Tab. 1 – Esponente ottenuto dalla linea di regressione *power-law* per acetone e butanolo alle due temperature

Dai risultati riportati in Tab. 1 si evince come, alla concentrazione di 5 mL/L, l'influenza della velocità del vento sul fenomeno emissivo appaia poco significativa. Si evidenzia come questa tendenza sembra emergere non solo dalle prove sperimentali condotte sull'acetone ma anche su quelle condotte per il butanolo il cui rateo emissivo, secondo la letteratura, dovrebbe risentire dell'influenza della portata di aria. Alla luce di tali risultanze, l'approccio comunemente suggerito di stimare il rateo emissivo in funzione della radice quadrata della velocità del vento (ovvero un coefficiente pari a 0.5) appare eccessivamente conservativo, con il rischio di sovrastimare troppo il flusso odorigeno.

Ulteriori prove sperimentali sono state condotte con l'obiettivo di studiare l'influenza della temperatura del liquido sull'emissione dei COV. A titolo di esempio, la Tab. 2 riporta i ratei emissivi di acetone e butanolo ottenuti a 20°C e 35°C mantenendo costante la portata d'aria a 2500 sL/h (le prove sperimentali effettuate a 1500 sL/h e 4000 sL/h conducono a risultati molto simili e non vengono dunque riportate). L'ultima colonna in Tab. 2 mostra il rapporto tra il rateo di emissione delle specie studiate a 35°C e quello ottenuto a 20°C.

Temperatura [°C]	COV	Rateo Emissivo (ER) [mg/s]	ER (35°C)/ER(20°C)
20	Acetone	0.32	4.4
35	Acetone	1.41	
20	Butanolo	0.05	9.8
35	Butanolo	0.45	

Tab. 2 – Rateo emissivo di acetone e butanolo ottenuti a 20°C e 35°C (2500 sL/h)

Diversamente da quanto ottenuto variando la velocità dell'aria, le prove sperimentali condotte a diverse temperature evidenziano un'influenza significativa della temperatura: incrementando la temperatura da 20°C a 35°C, il rateo emissivo aumenta quasi di un ordine di grandezza. Infine, è interessante osservare il comportamento del butanolo e dell'acetone al variare della temperatura. Infatti, l'influenza del parametro indagato sul rateo emissivo del butanolo appare più significativa rispetto a quanto ottenuto per l'acetone. Nel primo caso, infatti, il fattore di variazione ottenuto all'interno dell'intervallo testato è di circa 10, nel caso dell'acetone risulta di poco superiore a 4. Questa conclusione appare coerente con l'andamento teorico di diversi parametri chimico-fisici, che governano il processo di volatilizzazione, in funzione della temperatura. Per il butanolo, infatti, la variazione della tensione di vapore e della costante di Henry con la temperatura (all'interno dell'intervallo studiato di 20°C - 35°C) è più marcata rispetto all'acetone. Di conseguenza, ci si attende una maggiore variabilità del rateo emissivo.

3. Conclusioni

In merito alla caratterizzazione delle emissioni odorigene dagli impianti, le normative attualmente vigenti, non solo in Italia ma anche nel resto del mondo, prevedono generalmente una fase di modellazione della dispersione degli odori finalizzata alla valutazione dell'impatto olfattivo. Tuttavia, per poter ottenere risultati affidabili dallo studio modellistico, è necessario fornire al modello un dato di input con un buon grado di accuratezza. Tra questi il rateo emissivo costituisce una delle variabili la cui stima può essere talvolta di notevole complessità. Lo studio sperimentale discusso è finalizzato a valutare l'influenza della velocità del vento e della temperatura rispetto al flusso emissivo da sorgenti areali liquide. A questo scopo, sono stati testati butanolo e acetone in soluzione acquosa utilizzando una cappa dinamica Wind Tunnel facendo variare i parametri indagati in un opportuno range (la portata di aria nell'intervallo 1500-400 sL/h e la temperatura del liquido nel range 20 °C - 35 °C).

Dai risultati di questo studio, si evince come l'influenza della temperatura sul fenomeno emissivo risulti molto più marcata rispetto a quella della velocità del vento. Quest'ultima, infatti, non sembra far variare il flusso emesso in maniera significativo.

Alla luce di tali risultanze, l'approccio comunemente suggerito di implementare un flusso odorigeno dipendente dalla radice quadrata della velocità del vento sembra comportare una eccessiva sovrastima del rateo emissivo. Inoltre, mentre il comportamento dell'acetone e del butanolo non pare significativamente diverso rispetto alla prima variabile indagata (i.e. la velocità del vento), l'influenza della temperatura sembra essere più marcata nel caso del butanolo, coerentemente con la *trend* di alcuni parametri chimico-fisici (ad esempio la tensione del vapore) dei composti indagati in funzione della temperatura.

Questo lavoro costituisce uno studio preliminare finalizzato ad una conoscenza più esaustiva in merito all'emissione di COV in soluzione acquosa. Ulteriori approfondimenti sono certamente necessari per ampliare la discussione rispetto all'influenza di altre variabili, per esempio l'umidità. Un'evoluzione futura del lavoro potrebbe inoltre essere indirizzata allo sviluppo di un modello teorico per la stima di un rateo emissivo consistente con le evidenze sperimentali.

Bibliografia

- [1] **Melcer H.**, “Advances in water treatment technologies: Monitoring and Modeling VOCs in Wastewater Facilities,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 28, no. 7, 1994.
- [2] **Ben Yang W., Chen W. H., Yuan C. S., Yang J. C., Zhao Q. L.**, “Comparative assessments of VOC emission rates and associated health risks from wastewater treatment processes,” *J. Environ. Monit.*, vol. 14, no. 9, pp. 2464–2474, 2012.
- [3] **Jiang G., Melder D., Keller J., Yuan Z.**, “Odor emissions from domestic wastewater: A review,” *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, vol. 47, no. 17, pp. 1581–1611, 2017.
- [4] **Szakli E., Leotsinidis M.**, “Odor nuisance and health risk assessment of VOC emissions from a rendering plant,” *Air Qual. Atmos. Heal.*, vol. 14, no. 3, pp. 301–312, 2021.
- [5] **CEN**, *pr-EN 13725:2018 - Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate from stationary by sources - Complementary element*, Brussels, 2018.
- [6] **Blunden J., Aneja V. P.**, “Characterizing ammonia and hydrogen sulfide emissions from a swine waste treatment lagoon in North Carolina,” *Atmos. Environ.*, vol. 42, no. 14, pp. 3277–3290, 2008.
- [7] **Invernizzi M., Bellini A., Miola R., Capelli L., Busini V., Sironi S.**, “Assessment of the chemical-physical variables affecting the evaporation of organic compounds from aqueous solutions in a sampling wind tunnel,” *Chemosphere*, vol. 220, pp. 353–361, 2019.
- [8] **Cetin E., Odabasi M., Seyfioglu R.**, “Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery,” *Sci. Total Environ.*, vol. 312, no. 1–3, pp. 103–112, 2003.
- [9] **Ding N., Melloni L., Zhang H., Tian X., Poepfel D.**, “Ding et al,” *Nature Neuroscience*, vol. 19, no. 1, pp. 158–164, 2016.
- [10] **Rajabi H., Hadi Mosleh M., Mandal P., Lea-Langton A., Sedighi M.**, “Emissions of volatile organic compounds from crude oil processing - Global emission inventory and environmental release,” *Sci. Total Environ.*, vol. 727, p. 138654, 2020.
- [11] **Bianchi A. P., Varney M. S.**, “Volatilisation processes in wastewater treatment plants as a source of potential exposure to VOCs,” *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 41, no. 4, pp. 437–454, 1997.
- [12] **Upstill-Goddard R. C., Watson A. J., Liss P. S., Liddicoat M. I.**, “Gas transfer velocities in lakes measured with SF₆,” *Tellus B*, vol. 42, no. 4, pp. 364–377, 1990.
- [13] **Fingas M. F.**, “Studies on the evaporation of crude oil and petroleum products. II. Boundary layer regulation,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 57, no. 1–3, pp. 41–58, 1998.
- [14] **Mihelcic J. R., Baillole C. R., Crittenden J. C., Rogers T. N.**, “Estimation of VOC emissions from wastewater facilities by volatilization and stripping,” *J. Air Waste Manag. Assoc.*, vol. 43, no. 1, pp. 97–105, 1993.
- [15] **Parker D. B., Caraway E. a, Rhoades M. B., Cole N. a, Todd R. W., Casey K. D.**, “Cafo m,” vol. 53, no. 3, pp. 831–845, 2010.
- [16] **Bliss P. J., Jiang K., Schulz T. J.**, “The development of a sampling system for the determination of odor emission rates from areal surfaces: Part II. Mathematical model,” *J. Air Waste Manag. Assoc.*, vol. 45, no. 12, pp. 989–994, 1995.
- [17] **Lucernoni F., Capelli L., Sironi S.**, “Odour sampling on passive area sources: Principles and methods,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 54, pp. 55–60, 2016.
- [18] **LEGGE REGIONALE 16 luglio 2018**, “10 Bollettino Ufficiale della Regione Puglia - n. 96 suppl. del 19-7-2018.” pp. 10–31, 2018.
- [19] **Capelli L., Sironi S., Del Rosso R., Céntola P.**, “Predicting odour emissions from wastewater treatment plants by means of odour emission factors,” *Water Res.*, vol. 43, no. 7, pp. 1977–1985, 2009.
- [20] **Tagliaferri F., Invernizzi M., Sironi S.**, “Influence of wind velocity on the emission rate of acetone aqueous solution at different concentrations,” *Chem. Eng. Trans.*, 2021.

MONITORING AND CONTROL - AIR QUALITY

LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR SEMPRE PIÙ UNA SFIDA PER LA SALUTE: COSA DEVE CAMBIARE, COME E QUANDO

Della qualità dell'aria *indoor*, dei suoi principi e del suo ruolo di prevenzione della salute, si parla molto e in particolare in questa "fase storica" nella quale riveste importanti implicazioni economiche (i.e. ecobonus 110%), ambientali (riduzione delle emissioni inquinanti per il riscaldamento/raffrescamento es. direttive comunitarie e accordi internazionali COP) e sanitarie (connesse con la gestione degli ambienti *indoor* durante la pandemia da COVID-19).

La sessione presenta alcuni esempi e casi di studio.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Istituto Superiore di Sanità**

Presidente di sessione:

- Gaetano Settimo, *Istituto Superiore di Sanità*
- Gianluigi De Gennaro, *Università di Bari*

Edifici efficienti: necessaria una “next generation” di soluzioni per la qualità e salubrità dell’aria

*Jacques Gandini, j.gandini@gandinistudio.com, Managing Director di GANDINI S.R.L.
Renewable Energies in HVAC & nearly Zero Energy Buildings Consulting.
Legnago (Verona) ITALY*

Riassunto

Da decenni si parla in maniera attiva di quanto la qualità dell’aria abbia un impatto determinante nella vita dell’uomo sulla terra. Nella maggior parte dei casi, le persone sono inconsapevoli della bassa qualità dell’aria a cui possono essere esposte, sia all’esterno che all’interno degli edifici.

In particolare, se per la qualità dell’aria esterna esiste ormai un network di stazioni territoriali di rilevamento molto efficiente che informa in tempo reale enti preposti e cittadini, quando si parla di IAQ (Indoor Air Quality, ovvero qualità dell’aria all’interno degli edifici) bisogna tenere conto che molti inquinanti non sono percepibili dai normali sensi dell’uomo e che le persone si adattano a livelli di IAQ che possono cambiare anche gradualmente. Poche persone comprendono, inoltre, che una quota rilevante (anche 1/3) dei costi per la climatizzazione, estiva ed invernale, degli ambienti può essere dovuta ad una scorretta gestione della qualità dell’aria interna. Proprio in questo contesto, la nuova strategia Europea denominata “Renovation Wave”, lanciata lo scorso 14 ottobre 2020, mira a raddoppiare il tasso di retrofit degli edifici puntando ad un profondo rinnovo dell’edilizia esistente. In questo contesto di profonda riqualifica del parco edilizio Europeo in tutti i settori (residenziale, commerciale ed indirettamente anche di quello industriale), si prevede una grande crescita dei sistemi di ventilazione e purificazione dell’aria all’interno degli edifici.

La presente relazione offre uno spaccato della situazione aggiornata in tema di Indoor Air Quality, passando in rassegna le diverse tematiche collegate ai dispositivi di filtrazione tradizionali come ad esempio quella meccanica (normata dalla UNI EN ISO 16890:2017) e quella elettronica (normata dalla UNI 11254:2007), ma anche delle tecnologie emergenti di purificazione, igienizzazione, disinfezione e sanificazione dell’aria e più in generale classificabili nel campo della “Air Filtration and Disinfection” (secondo ASHRAE – American Society of Heating and Air Conditioning Engineers - USA).

Summary

For decades we have been actively talking about how much air quality has a decisive impact on human life on earth. In most cases, people are unaware of the low quality of the air they can be exposed to, both inside and outside buildings.

In particular, if for the quality of outdoor air there is now a network of very efficient territorial detection stations that inform in real time authorities and citizens, when it comes to IAQ (Indoor Air Quality) it must be taken into account that many pollutants are not perceptible to the normal senses of man and that people adapt to levels of IAQ that can also gradually change. Few people also understand that a significant share (even 1/3) of the costs for space air conditioning in sum-

mer and space heating winter, of the indoor environments may be due to incorrect management of indoor air quality. Precisely in this context, the new European strategy called “Renovation Wave”, launched on 14 October 2020, aims to double the retrofit rate of buildings by aiming at a profound renovation of existing buildings. In this context of profound redevelopment of the European building stock in all sectors (residential, commercial and indirectly also the industrial one), a great growth of ventilation and air purification systems inside buildings is expected. This report offers a detailed point of view of the updated situation in terms of Indoor Air Quality, reviewing the various issues related to traditional filtration devices such as mechanical (normed by UNI EN ISO 16890:2017) and electronic (normed by UNI 11254:2007), but also of the emerging technologies of air purification, sanitation, disinfection and sanitization and more generally classifiable in the field of “Air Filtration and Disinfection” (according to ASHRAE - American Society of Heating and Air Conditioning Engineers - USA).

1. Introduzione

Una nuova visione decarbonizzata dell'Europa sta prendendo forma: una visione che tiene in forte considerazione il fatto che la maggior parte del parco immobiliare Europeo è vecchio e inefficiente, al punto da essere responsabile di circa il 40% del consumo energetico globale e del 36% delle emissioni di gas a effetto serra derivanti dall'energia. Riqualificare il patrimonio edilizio è, quindi, una misura essenziale ai fini della decarbonizzazione Europea al centro della “Roadmap 2050”.

Proprio in questo contesto, la nuova strategia “Renovation Wave”, lanciata lo scorso 14 ottobre 2020, mira a raddoppiare il tasso di retrofit, oggi tristemente fisso all'1%. Secondo le stime di Bruxelles, entro la fine del decennio 2020-2030, potrebbero essere ristrutturati 35 milioni di edifici.

Oltre ai vantaggi ecologici, la riqualificazione energetica creerebbe anche posti di lavoro locali e stimolerebbe nuovi investimenti. Un recente rapporto sulla ripresa sostenibile della IEA (International Energy Agency) ha rilevato che la ristrutturazione edilizia offre la più grande leva occupazionale: 12-18 posti di lavoro locali per ogni milione di Euro di investimenti. La Commissione europea ritiene che vi sia un potenziale per ben 160.000 nuovi posti di lavoro nel settore delle costruzioni UE entro il 2030.

In questo contesto di profonda riqualifica del parco edilizio Europeo in tutti i settori: residenziale, commerciale ed indirettamente anche di quello industriale, sempre più sensibile alla qualità dell'aria dei luoghi di lavoro, il “Vettore Aria” viene ad assumere carattere di rilevanza cruciale, poiché da veicolo del comfort e della ventilazione, diventa, specie negli edifici con maggiori gradi di isolamento termico, elemento da presidiare in termini di rinnovo, purificazione, igienizzazione, disinfezione e sanificazione dell'aria interna agli edifici, nonché di salubrità degli ambienti stessi.

Consapevoli della sfida e della complessità di dover affrontare un tema così importante in un momento così critico di cambiamento del settore (es.: IAQ / COVID-19 / Energy Transition, ecc.), avvantaggiati dai 25 anni di esperienza specifica nel settore dell'HVAC&R (Heating, Ventilating, Air Conditioning & Refrigeration) e rafforzati dalla conoscenza delle normative di settore, derivante anche dalla presenza personale ed attiva all'interno delle commissioni Italiane: CT 204 (Direttiva EPBD – Energy Performance of Buildings Directive), CT241 (Impianti di climatizzazione: progettazione, installazione, collaudo e prestazioni) e CT242 (Materiali, componenti e sistemi per la depurazione e la filtrazione di aria, gas e fumi) del CTI (Comitato Termotecnico Italiano - Milano) e commissioni Europee: CEN/TC 156 (Ventilation for buildings) per i Working Group WG 5 (Air handling units) e WG 21 (Energy performance calculation of ventilation and cooling systems) del CEN (European Committee for Standardization - Bruxelles), abbiamo cercato, con il presente documento, di elevare il

punto di osservazione, andando in primis a valutare la traiettoria di evoluzione degli edifici, sia residenziali che non residenziali, che impatta sulle necessità di IAQ.

2. Evolvono gli edifici, che diventando più efficienti ed implicano nuove necessità di ventilazione che a loro volta richiamano, con diverso vigore rispetto al passato, ai temi del rinnovo, purificazione, igienizzazione, disinfezione e sanificazione dell'aria

Guardando ai prossimi 30 anni, al di là dei trend naturali di mercato dell'IAQ, di breve e medio periodo, è necessario tenere conto del fatto che l'azione legislativa comunitaria EU e degli stati membri potrà avere un peso determinante nell'influenzare un ulteriore sviluppo delle tecnologie della ventilazione, rinnovo, purificazione, igienizzazione, disinfezione e sanificazione dell'aria.

Tali elementi si inseriscono in un quadro di edilizia efficiente ormai consolidato per i paesi comunitari, che a far data con il primo gennaio 2021, hanno visto la definitiva entrata in vigore della nuova Direttiva Europea (EU) 2018/844 EPBD che fissa i parametri degli efficientissimi edifici nZEB (nearly Zero Energy Buildings).

Gli ambienti confinati sono solitamente più inquinati rispetto all'ambiente circostante, perché agli inquinanti esterni si sommano quelli emessi dall'edificio e quelli generati direttamente e indirettamente dai suoi occupanti. Per esempio, è noto che elevati valori di umidità all'interno dei locali possono favorire lo sviluppo di attività biologiche dannose come muffe, formazioni batteriche e acari. Una gestione inadeguata dell'edificio, come il mantenere al suo interno dei valori elevati di umidità per tempi abbastanza lunghi, provoca lo sviluppo di attività biologiche dannose che a loro volta causano allergie, asma, irritazioni e nei casi più gravi infezioni e patologie respiratorie più serie. Facilmente si osserva che il carico di inquinanti presenti nei locali confinati, dovuti a cause dirette e indirette, supera anche abbondantemente i valori considerati limite per questa categoria di sostanze.

Al di là degli inquinanti che possono entrare negli ambienti confinati dall'ambiente esterno, nell'edificio si verificano sostanzialmente due tipologie di emissioni: quelle relative all'edificio e quelle causate dagli occupanti.

La ventilazione meccanica può rappresentare una soluzione molto efficace per la corretta evacuazione degli inquinanti dagli edifici. Attraverso l'ingresso di aria esterna opportunamente filtrata e purificata, più ricca di ossigeno e con minor concentrazione di inquinanti di quella interna, gli inquinanti presenti all'interno dell'edificio verranno conseguentemente diluiti ed allontanati dall'edificio, impedendone l'accumulo e la concentrazione.

Per tutte queste ragioni quello della ventilazione e delle connesse soluzioni per la purificazione, igienizzazione, disinfezione e sanificazione dell'aria è un mercato, che (con diverse percentuali a seconda dei diversi segmenti e tecnologie) è previsto in forte crescita negli anni a venire. Nelle stime della Comunità Europea, la ventilazione potrebbe avere un tasso di copertura (ad esempio per il settore non residenziale) del 90% degli edifici: vale a dire al 2050, ci si aspetta che solo il 10% degli edifici potrebbe essere sprovvisto di ventilazione.

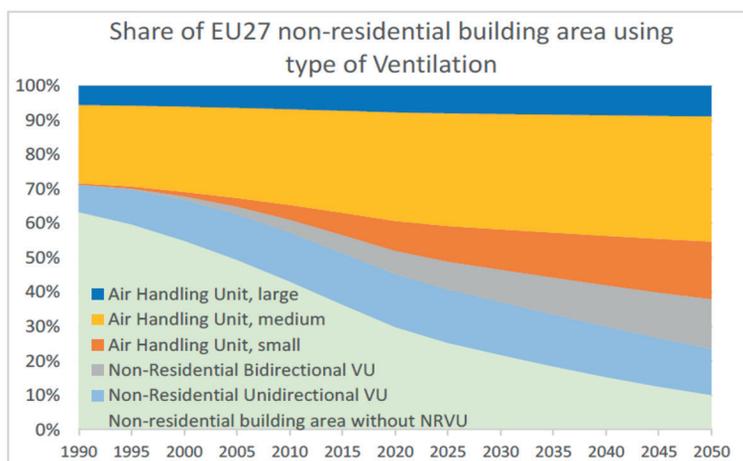


Diagramma 1 – Review study on Regulations EU 1253/2014 (Ecodesign requirements for ventilation units) and EU 1254/2014 (Energy labelling of residential ventilation units) of the European Commission - September 2020 – Non Residential Buildings

Per quanto riguarda il comparto residenziale, le considerazioni possono essere simili, con la differenza che la numerosità di impianti sarà di ordini di grandezza maggiore rispetto al non residenziale e che le portate d'aria in gioco e dunque le dimensioni delle unità di ventilazione saranno più modeste. In questo si prevede che la ventilazione in ambito residenziale potrebbe avere un tasso di copertura del 58% degli edifici nel 2050 (nel 2020 questo valore era stimato al 34%) e dunque ci si aspetta che solo il 42% degli edifici residenziali nel 2050 potrebbe essere sprovvisto di ventilazione.

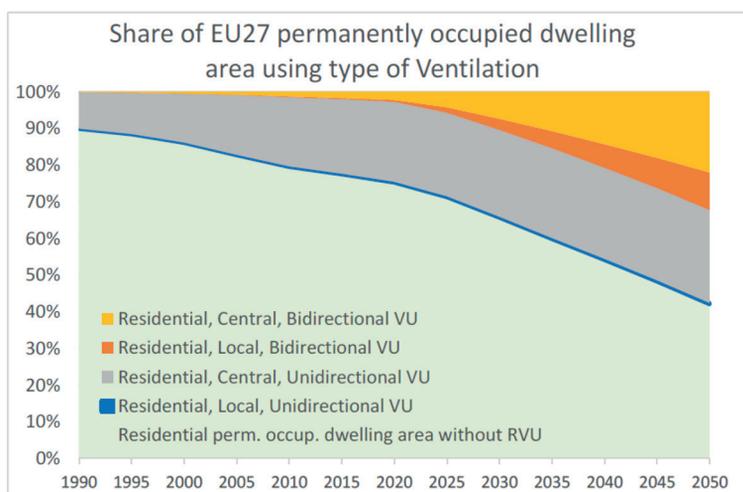


Diagramma 2 – Review study on Regulations EU 1253/2014 (Ecodesign requirements for ventilation units) and EU 1254/2014 (Energy labelling of residential ventilation units) of the European Commission - September 2020 – Residential Buildings

Proprio in questo contesto è dunque rilevante comprendere quanto le tecniche di filtrazione, purificazione, igienizzazione, disinfezione e sanificazione dell'aria possano diventare importanti per garantire adeguati livelli di IAQ (Indoor Air Quality) in tutti i settori sia residenziali che non residenziali.

3. Filtrazione meccanica dell'aria: UNI EN ISO 16890

A giugno 2018, è entrata in vigore la norma UNI EN ISO 16890, la nuova normativa mondiale per la classificazione dei filtri d'aria, che sostituisce la precedente EN 779. La novità più importante introdotta dalla norma UNI EN ISO 16890 riguarda, sicuramente, i criteri di classificazione dei filtri, che dal primo luglio 2018 vengono codificati in base alla capacità di rimuovere le polveri fini, indicate generalmente come PM10, PM2,5 e PM1.

Classi di filtrazione	Requisiti			Valore di classe nel report
	ePM1min	ePM2,5min	ePM10	
ISO Coarse	-	-	< 50%	Efficienza in massa iniziale
ISO ePM10	-	-	≥ 50%	ePM10
ISO ePM2,5	-	≥ 50%	-	ePM2,5
ISO ePM1	≥ 50%	-	-	ePM1

Tab. 1 – Schema a titolo puramente indicativo e non esaustivo

Ciò rappresenta una piccola rivoluzione nel settore della filtrazione e interessa tutti coloro che sono incaricati di dimensionare il corretto treno filtrante: se con la vecchia normativa era abitudine scegliere filtri di efficienza F7 e/o F9, oggi, con la ISO 16890, gli ingegneri hanno finalmente la possibilità di dimensionare un sistema di filtrazione in base alle sue reali applicazioni. Questa norma, grazie alla nuova classificazione, permette una maggior corrispondenza tra i valori di qualità dell'aria richiesta in ambiente e l'esatto grado di efficienza del treno di filtrazione necessario per ottenerla.

4. Filtrazione elettronica dell'aria: UNI 11254

Il principio di funzionamento della filtrazione elettronica a piastre attive, comunemente utilizzata nelle unità di trattamento aria e di ventilazione, si basa sulla carica di particelle sospese per effetto della ionizzazione causata dalle tensioni elevate su filamenti di piccolo diametro e la loro cattura su piastre alimentate (o non) a potenziale diverso in modo tale da creare un campo elettrico che applichi una forza di tipo coulombiano sulle particelle appena caricate tale da rendere trascurabili le forze di origine diversa.

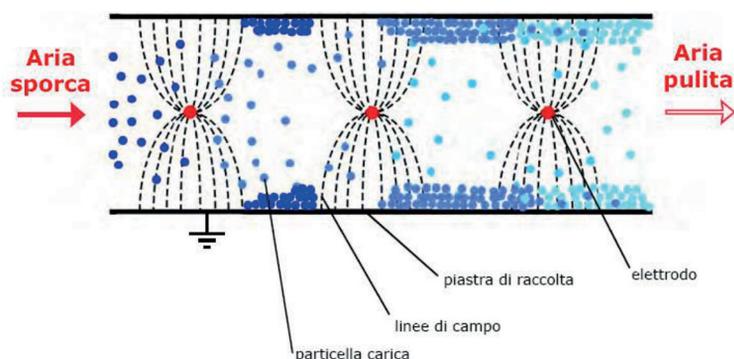


Fig.1 – Principio di funzionamento di un filtro elettronico a piastre attive.

5. Nuove necessità nel campo dell'igienizzazione e sanificazione dell'aria impongono una nuova generazione di soluzioni IAQ

L'anno 2020 è stato per le tecnologie di trattamento dell'aria un anno di grande vitalità per la fortissima accelerazione nelle attività di ricerca e sviluppo di nuove soluzioni da parte di numerosi costruttori nel campo dell'Indoor Air Quality, a causa delle vicende recenti in fatto di pandemia da SARS-CoV-2 (comunemente chiamato COVID-19 o semplicemente Coronavirus).

Per questa ragione, i recenti fatti in materia di emergenza sanitaria epidemiologica inseriscono in maniera abilitante la marcata necessità di nuove soluzioni per fare fronte alla salvaguardia della salubrità degli ambienti, oltre che per la limitazione dei possibili contagi da malattie virali, che impattano sui sistemi di ventilazione e dispositivi di rinnovo, purificazione, disinfezione, igienizzazione e sanificazione dell'aria.

Accanto al vuoto normativo, in Europa, per i dispositivi di disinfezione, igienizzazione e sanificazione dell'aria, va certamente precisato che esistono comunque studi e ricerche molto valide portate avanti da realtà statunitensi come EPA (Environmental Protection Agency – USA) ad esempio dove accanto a Filtrazione meccanica e/o Filtrazione elettronica a piastre attive, si parla in maniera dettagliata di “Air-Cleaning Technologies”.

Un altro punto di riferimento per queste nuove tecnologie è certamente rappresentato da ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - USA) che accanto a Filtrazione meccanica e/o Filtrazione elettronica a piastre attive, parla in maniera dettagliata di:

- Gas-Phase Air Cleaners
- UV-C Ultraviolet Energy
- UV-C LEDs
- UV-C In-Duct Air Disinfection
- UV-C Upper-Air Disinfection
- UV-C In-Duct Surface Disinfection
- UV-C Portable Room Decontamination
- Photocatalytic Oxidation (PCO) and Dry Hydrogen Peroxide (DHP)
- Bipolar Ionization/Corona Discharge
- Needlepoint Ionization and Other Ion or Reactive Oxygen Air Cleaners
- CDC Bipolar Ionization
- Ozone
- Chemical Disinfectants
- Vaporized Hydrogen Peroxide (VHP)

- Pulsed Xenon (Pulsed UV)
- Visible Light (405 nm)
- Far Ultraviolet

6. Conclusioni

La nuova edilizia ad alta efficienza energetica, a livello Europeo, determina indirettamente una crescita rilevante dei sistemi di ventilazione, sia residenziali che non residenziali, come contributo al mantenimento del comfort e della salubrità dell'aria all'interno degli edifici.

I prodotti in commercio dedicati alla ventilazione, rinnovo e purificazione dell'aria normalmente offrono una panoramica piuttosto precisa del trattamento effettuato sull'aria a livello di filtrazione meccanica ed elettronica che sono campi sufficientemente normati e conosciuti.

La salvaguardia della salute ai tempi della pandemia da SARS-CoV-2 (comunemente chiamato COVID-19 o semplicemente Coronavirus) ha fatto emergere la necessità di disporre di soluzioni per l'IAQ (Indoor Air Quality) che possano garantire, in aggiunta e supporto alle tecniche di base sempre confermate (ad esempio di filtrazione meccanica ed elettronica), maggiore grado di sicurezza in termini di disinfezione, igienizzazione e sanificazione dell'aria. I dispositivi di disinfezione, igienizzazione e sanificazione dell'aria, non sono ancora coperti da una norma specifica che ne quantifichi l'efficacia, ne definisca gli ambiti, ne classifichi le caratteristiche. In assenza di riferimenti più precisi è possibile per gli operatori del settore, in aggiunta ai numerosi studi Europei, è possibile fare riferimento a realtà Americane come EPA (Environmental Protection Agency – USA) ed ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - USA) che negli ultimi anni hanno prodotto studi di sicuro interesse in questo campo che va oltre le tecniche tradizionali di filtrazione meccanica ed elettronica e che può dare spunti per lo sviluppo di soluzioni a livello IAQ di nuova generazione per gli edifici energeticamente efficienti del futuro.

Bibliografia

- [1] ASHRAE (the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. USA) - Position Document on Filtration and Air Cleaning;
- [2] EPA – Environmental Protection Agency – United States of America (Indoor Environments Division) - Air Cleaners, HVAC Filters and Coronavirus;
- [3] COM (2018) 773 Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo, al comitato delle regioni e alla banca europea per gli investimenti: Un pianeta pulito per tutti, visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra;
- [4] Direttiva Europea (EU) 2018/844 sull'efficienza energetica degli edifici quale recast (rifusione) della precedente Direttiva 2010/31/EU;
- [5] Agenzia europea per l'ambiente (EEA). Environment and human health. EEA Report No 5/2013, Luxembourg, 2013. doi:10.2800/9092;
- [6] Agenzia europea per l'ambiente (EEA). Segnali ambientali 2013. L'aria che respiriamo. Migliorare la qualità dell'aria in Europa. Luxembourg, 2013. doi:10.2800/89013;
- [7] Scientific Committee on Health and Environmental Risks — Opinion on risk assessment on indoor air quality (2007);
- [8] INDEX-UPRIC - Review of the INDEX health based exposure guidelines for indoor high priority chemicals (2009–2010);
- [9] HEALTH-VENT — Health based ventilation guidelines (2010–2012);
- [10] INDOOR-MONIT — Harmonised criteria and protocols for monitoring key indoor air pollutants (2009–2010);
- [11] AIRMEX — The European indoor air monitoring and exposure assessment study (2006–2009);

- [12] HITEA — Health effects of indoor pollutants: integrating microbial, toxicological and epidemiological approaches (2008–2013);
- [13] EPHECT — Emissions, exposure patterns and health effects of consumer products in the EU (2010–2013);
- [14] OFFICAIR — On the reduction of health effects from combined exposure to indoor air pollutants in modern offices (2010–2013);
- [15] WHO Europe. WHO Guidelines for indoor air quality. Selected pollutants. WHO Regional Office for Europe Regional Publications, Copenhagen, 2010.

Nuovi orizzonti nel campo dell'IAQ con la tecnologia di purificazione dell'aria PCO

*Luca Gatti, luca.gatti@aircontrolclima.it
CEO of AIR CONTROL S.R.L. (Milano - Italy)*

Riassunto

L'attenzione al tema della qualità dell'aria (o IAQ – dall'inglese Indoor Air Quality), anche a causa delle vicende in fatto di pandemia, è un tema di grande valore per le istituzioni e per la comunità tecnico scientifica del comparto HVAC (Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento).

Ovviamente l'anno 2020 è stato per le tecnologie di purificazione dell'aria, un anno di grande vitalità che ha generato una fortissima accelerazione nelle attività di ricerca e sviluppo di nuove soluzioni.

Tra tutte le tecnologie disponibili, la PCO (Photo Catalitic Oxidation), meglio conosciuta come ossidazione fotocatalitica, ha dimostrato, in ambito di test comparativi a livello universitario e ospedaliero, valore rilevante nel contrasto alle cariche virali e patogene incluso il SARS-CoV-2. I test condotti e sottoposti nella presente ricerca dimostrano un'eccellente efficacia della tecnologia nell'abbattimento della carica batterica presente sia negli impianti HVAC, che negli ambienti interni.

Summary

The attention to the air quality of indoor places (or IAQ - Indoor Air Quality) also due to the events of the pandemic, it is a topic of great value for the institutions and for the technical-scientific community of the HVAC (Heating, Ventilation and Air-conditioning) sector.

Obviously, the year 2020 was for air purification technologies, a year of great vitality that generated a very strong acceleration in the research and development of new solutions.

Among all the available technologies, PCO (Photo Catalitic Oxidation), better known as photocatalytic oxidation, has shown, in the context of comparative tests at university and hospital level, relevant value in the fight against viral and pathogenic loads including SARS-CoV-2.

The tests conducted and subjected to this research demonstrate the excellent effectiveness of the technology in reducing the bacterial load present both in HVAC systems and indoors

1. Introduzione

La pandemia da SARS-CoV-2, nonostante sia passato oltre un anno dalla sua comparsa è ancora una indesiderata presenza nella nostra vita quotidiana.

Tra gli strumenti più importanti per la riduzione del rischio di contagio da agenti patogeni aerotrasportati negli ambienti *indoor*, ci sono senza dubbio gli impianti di ventilazione con i relativi sistemi di filtrazione dell'aria. In principio, quando le conoscenze erano ancora limitate, si riteneva che il coronavirus si diffondesse soprattutto attraverso la contaminazione delle superfici. Con il tempo è emerso invece che si tratta di un virus che si trasmette prevalentemente

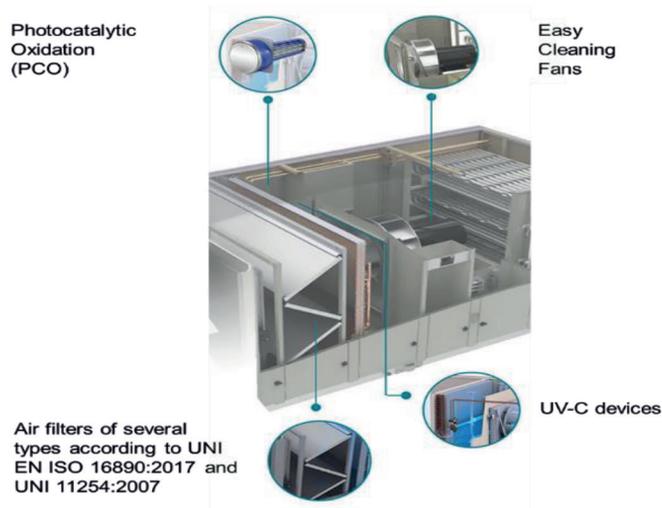


Fig. 2 – Immagine a puro titolo esemplificativo e non esaustivo di alcune tecnologie sia “attive” che “passive”

2. Le tecnologie attive di sanificazione dell’aria

Molte tecnologie attive di sanificazione dell’aria, non sono necessariamente nuove, anzi molte di esse sono rimaste per molti anni ai margini delle scelte dell’industria dei costruttori nel campo dell’IAQ, per la loro non immediatezza di applicazione e per la scarsità di normative di riferimento, oltre che di test provanti l’efficacia della loro azione attiva al di fuori delle esperienze fatte in condizioni controllate nei laboratori di prova.

Tali tecnologie sono state in parte mappate, anche da associazioni di rilevanza mondiale, tra le più diffuse tecnologie attive possiamo certamente considerare:

- Photocatalytic Oxidation (PCO);
- Ultraviolet Germicidal Energy (UV-C);
- Ozone-Generating;
- Plasma;
- Ionization;

Alcune di queste tecnologie, seppur non ancora normate in termini di metodi certificati stanno dimostrando valore rilevante nel contrasto alle cariche virali e patogeno incluso il SARS-CoV-2.

Tecnologia	Meccanismo	Vantaggi	Svantaggi
Ossidazione fotocatalitica (PCO)	(Photo) catalytic oxidation (PCO) utilizza un catalizzatore con superficie massimizzata, solitamente rivestita da biossido di titanio; i gas vengono trasformati quando entrano a contatto con il catalizzatore, preventivamente attivato da una sorgente UV	- Può degradare una vasta gamma di inquinanti patogeni, ossidandoli - Può essere combinato con supporti adsorbenti per migliorare l'efficacia	- Può generare sottoprodotti nocivi se non correttamente ingegnerizzata - Nessun metodo di test standardizzato - Efficienza di rimozione dipendente anche dalla superficie del catalizzatore - Catalizzatore ha una vita finita - Non efficace sul particolato
Ultravioletti	La luce UV uccide o inattiva diversi agenti patogeni	- Può essere efficace se l'intensità è elevata e il tempo di contatto è sufficiente - Può essere utilizzata per inattivare agenti patogeni su batterie di raffreddamento o altre superfici	- Può generare ozono - Può causare lesioni oculari - Elevati requisiti di assorbimento elettrico - Inattiva ma non rimuove i microbi - Efficace sulle superfici ma non esistono dati che ne attestino l'azione sul bioaerosol aerotrasportato - Non agisce sul particolato
Ozono	Generazione intenzionale di ozono mediante effetto corona, UV o altro metodo per ossidare composti odorosi e altri gas	- Reagisce con diversi contaminanti in fase gassosa, ossidandoli - Può essere combinato con mezzi adsorbenti per migliorare l'efficacia	- Elevata concentrazione di ozono - Elevate quantità di sottoprodotti potenzialmente nocivi - Può causare la degradazione dei materiali interni - Non agisce sul particolato
Plasma	Viene generato un arco elettrico tramite il passaggio di corrente elettrica; i gas coinvolti vengono ionizzati e trasformati chimicamente grazie alla rottura dei legami intramolecolari	- Può essere efficace su contaminanti in fase gassosa, ossidandoli - Può essere combinato con altre tecnologie di pulizia dell'aria per migliorare le prestazioni	- L'ampia varietà di tipologie per la generazione del plasma ha creato confusione su come effettivamente funzioni il prodotto - Si possono formare sotto prodotti nocivi - Non agisce sul particolato
Ionizzazione	Attraverso un'alta tensione uno o più elettrodi caricano elettrostaticamente le particelle o i COV	- Silenziosa - Bassa manutenzione - Bassa perdita di carico	- Può generare ozono - Non rimuove il particolato

Tab. 1 – Alcune tecnologie di sanificazione attiva dell'aria. Dossier CTI filtrazione dell'aria, giugno 2021

2.1 La tecnologia PCO

Tra le diverse tecnologie attive, una soluzione emergente risultata efficace ad inattivare virus e batteri nell'aria e sulle superfici, con rilevanti vantaggi in termini complessivi nei confronti della lotta alle cariche patogene aerosospese si è rivelata essere l'Ossidazione Fotocatalitica, comunemente denominata PCO (acronimo inglese: Photocatalytic Oxidation).

L'integrazione di questa tecnologia negli impianti HVAC, generalmente non comporta modifiche degli stessi e non ne aumenta le perdite di carico, come invece ad esempio accade per l'eventuale aggiunta di banchi filtranti ad alta efficienza.

A livello scientifico, è stato dimostrato che la fotocatalisi mediante semiconduttore (SC) degrada efficacemente una vasta gamma di inquinanti anche patogeni. Sebbene il meccanismo dettagliato della fotocatalisi vari a seconda dei diversi inquinanti ed elementi virali aerosospesi, è comunemente accettato che le reazioni primarie responsabili dell'effetto fotocatalitico siano reazioni di ossidoriduzione interfacciali di elettroni e lacune che si generano quando il catalizzatore è esposto a luce di energia sufficiente e caratteristiche ben definite.



Fig. 3 – Immagine a puro titolo esemplificativo e non esaustivo di applicazione della tecnologia fotocatalitica su UTA.

Rispetto ad altri elementi fotocatalizzatori, il biossido di titanio (TiO₂) sembra essere il materiale più promettente grazie al suo comportamento, alla stabilità con alta fotoattività e al costo relativamente basso. Per questi motivi, l'inattivazione fotocatalitica, mediante TiO₂, di un gran numero di contaminanti organici, inclusi batteri e virus, è stata ampiamente oggetto di studi anche molto recenti [2].

3. Considerazioni sull'efficienza nell'impiego dei dispositivi PCO

In termini di efficienza nell'abbattimento delle cariche patogene aerosospese è molto importante comprendere quale può essere la risposta da parte delle diverse tecnologie nei confronti della minimizzazione del rischio da contagio. Nel 2020 sono state fatte varie sperimentazioni per testare l'efficacia della tecnologia della fotocatalisi e una certamente rilevante è quella realizzata da parte del Dipartimento di Scienze biomediche e cliniche "Luigi Sacco" [3]. Essa, riferita ad un ambiente test evidenzia che la tecnologia PCO ha mostrato capacità di abbattere la carica virale nei confronti del virus SARS-CoV-2 inoculata in fase liquida sia su una superficie che su un tessuto.

L'abbattimento sul petri inoculato di SARS-CoV-2, esposto all'aria trattata per 20 minuti in un volume di 2,13 m³ ha mostrato una riduzione di 1.0 log (90.0%) maggiore rispetto al decadimento naturale del virus verificato nella prova di controllo eseguita a pari condizioni, ma senza tecnologia. L'abbattimento sul panno costituito per il 45% di polietere e 55% cellulosa, inoculato di SARS-CoV-2, esposto all'aria trattata per 20 minuti in un volume di 2,13 m³, ha mostrato invece una riduzione di 2.5 log (99.7%) maggiore rispetto al decadimento naturale del virus verificato nella prova di controllo, eseguita a pari condizioni, ma senza tecnologia.

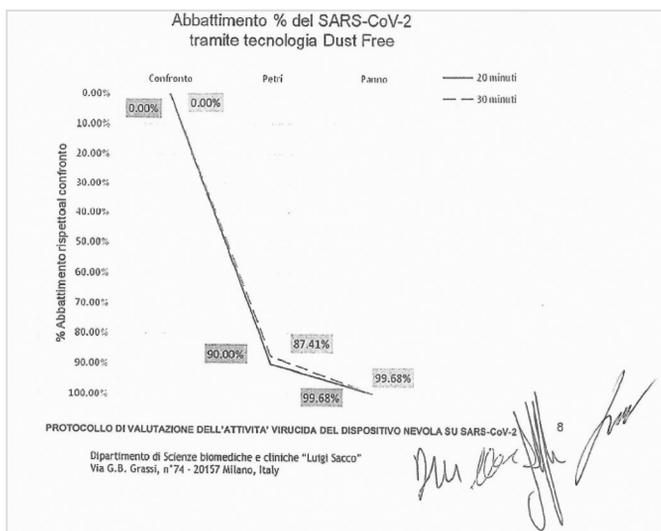


Diagramma 1 – Report finale del dipartimento di scienze biomediche e cliniche «Luigi Sacco» dell'università degli studi di Milano, su tecnologia fotocatalitica lato aria, che, alle condizioni di prova, ha evidenziato, in soli 20 minuti, il 99,68 % di abbattimento della carica virale da SARS-CoV-2.

4. Considerazioni sull'efficacia nell'impiego dei dispositivi PCO: UNI EN 17272:2020

La norma UNI EN 17272:2020 è indicata per la determinazione dell'attività disinfettante dei processi usati 1) in campo medico, 2) in campo veterinario e 3) in campo alimentare, industriale, domestico e istituzionale, che utilizzano processi automatici per la distribuzione di prodotti chimici, mediante diffusione aerea senza alcun operatore per l'applicazione del

disinfettante. Questa norma riguarda la disinfezione di superfici non porose ma non riguarda quella dell'aria. L'obiettivo dei procedimenti indicati è quello di disinfettare le superfici di tutta l'area incluse le superfici esterne delle apparecchiature presenti nei locali. Sono esclusi da questa norma il trattamento dell'aria ed i prodotti o processi disegnati specificatamente per la disinfezione dei dispositivi medici. Questa norma si applica ai processi che rivendicano un'attività verso i seguenti gruppi microorganismi: Batteri vegetativi, Micobatteri, Spore batteriche, Funghi, Spore fungine, Virus e Batteriofagi.

Le prove effettuate dal laboratorio indipendente Eurofins Scientific (leader mondiale nei test di prodotti alimentari, ambientali, farmaceutici, cosmetici e nei servizi CRO di agrosicenza) hanno espresso risultati molto validi nel campo della disinfezione secondo la normativa europea UNI EN 17272:2020, indicata per la determinazione dell'attività disinfettante delle superfici mediante diffusione aerea senza alcun operatore, nel caso specifico è stato valutato lo *Staphylococcus aureus*. I risultati ottenuti dimostrano che la fotocatalisi è riuscita a limitare significativamente la crescita dei microorganismi aero-dispersi, presenti nell'ambiente.

Il laboratorio ha testato il dispositivo con tecnologia PCO secondo la normativa UNI EN 17272 (aprile 2020) e ha verificato una riduzione della carica virale di Human Coronavirus 229E di 4.07 log, vale a dire oltre il 99,99%, in 4 ore [4].

A livello di sicurezza, va rilevato che nella sperimentazione sono state monitorate le concentrazioni di ozono (DLgs 155/2010) e di perossido di idrogeno, quest'ultimo non ha mai superato i limiti imposti di un 1 ppm (NIOSH® - Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations IDLH: Hydrogen peroxide) per la salute degli occupanti nei locali.

	Degree of cytopathic effect lgDICT50	Reduction (log ₁₀)
Sensibility of cells to virus		
- With treatment (S1)		
Carrier 1	8.50	Difference < 1 log
Carrier 2	8.13	
Mean	8.32	
- Without treatment (S2)		
Carrier 1	8.25	
Stop of disinfection activity		
- With treatment (S1)		
Carrier 1	8.25	Difference < 0,5 log
Carrier 2	8.13	
Mean	8.19	
- Without treatment (S2)		
Carrier 1	8.38	
Test controls		
Carrier 1	6.75	
Carrier 2	6.88	
Mean	6.82	
Test		
Carrier 1	2.50	4.07
Carrier 2	3.00	
Carrier 3	2.75	
Mean	2.75	

Diagramma 2 – Report finale Eurofins Scientific su tecnologia fotocatalitica che dimostra la riduzione di Human Coronavirus 229E dopo l'utilizzo di dispositivo ventilconvettore, equipaggiato con dispositivo fotocatalitico.

5. Conclusioni

Tra tutte queste tecnologie, i sistemi “attivi” hanno la capacità di inattivare il virus e quindi si propongono come soluzioni complementari, in aggiunta ai necessari e tradizionali sistemi filtranti, per aumentare l'efficacia virucida dei sistemi di ventilazione e climatizzazione. In questo contesto, tra le varie tecnologie attive, la fotocatalisi per efficienza, efficacia e sicurezza.

za si è dimostrata una soluzione molto valida con pregevoli risultati di laboratorio da parte di università e laboratori indipendenti di comprovato valore tecnico scientifico.

Alla luce di questi test, si evince che la tecnologia ad ossidazione fotocatalitica lato aria può ricoprire un importante ruolo nella minimizzazione dei rischi di contagio da SARS-CoV-2. Grazie alla versatilità d'uso la tecnologia PCO può essere implementata sia in impianti HVAC residenziali ed industriali, sia nuovi che esistenti, ma anche in soluzioni stand alone adeguatamente progettate, contribuendo così a migliorare la sicurezza e salubrità dell'aria all'interno degli edifici.

Bibliografia

[1] World Health Organization 2021, "Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19", anno 2021;

[2] Politecnico di Milano, Dipartimento di chimica, materiali e ingegneria chimica "Giulio Natta", "Photocatalytic activity of titanium dioxide against bacteria and viruses", anno 2021;

[3] Università degli studi di Milano, Dipartimento di scienze biomediche e cliniche "Luigi Sacco", "Protocollo di valutazione dell'attività virucida del dispositivo nevola su SARS-CoV-2", anno 2021;

[4] Eurofins, Biotech-Germande, "Evaluation of virucidal activity of « Dust Free Airknight » process against human Coronavirus 229E according to EN 17272", anno 2021.

AIR QUALITY

INQUINAMENTO ATMOSFERICO: LA SITUAZIONE, MISURE DI CONTROLLO, RISCHI E POLITICHE DI PREVENZIONE

Questa sessione raccoglie contributi annessi ad esperienze e progetti effettuati sulla complessa tematica dell'inquinamento atmosferico, articoli che trattano i diversi aspetti tecnici e sanitari relativi all'inquinamento atmosferico, alle relative problematiche e alle possibilità di soluzione/mitigazione delle stesse.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Istituto Superiore di Sanità**

Presidenti di sessione:

- Gaetano Settimo, *Istituto Superiore di Sanità*
- Gianluigi De Gennaro, *Università di Bari*

Decidere in sistemi complessi: le grandi sfide per la riduzione dell'inquinamento atmosferico

Alberto Pivato alberto.pivato@unipd.it¹, Giovanni Beggio¹, Tiziano Bonato², Giovanna Cappai³, Daniela Cesari⁴, Francesco Di Maria⁵, Gianni Formenton⁶, Luca Palmeri⁷, Rachele Malesani¹, Mauro Masiol⁸

¹Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering (ICEA), University of Padua, Italy

²Società Estense Servizi Ambientali (S.E.S.A. S.p.A.), Este, PD, Italy

³DICAAR - Department of Civil-Environmental Engineering and Architecture, University of Cagliari

⁴Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima – ISAC CNR, UOS Lecce, s.p. Lecce-Monteroni km 1,2, 73100 Lecce

⁵Dipartimento di Ingegneria, University of Perugia, Italy

⁶Environmental Agency of Veneto Region (ARPAV), Mestre, VE, Italy

⁷Department of Industrial Engineering (DII), University of Padua, Italy

⁸Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari Venezia

Riassunto

Le misure per la riduzione dell'inquinamento atmosferico alle diverse scale di impatto sono innumerevoli e interessano tutti i principali settori economici quali: impianti di produzione di energia elettrica e calore, riscaldamento di edifici civili, attività industriali e di costruzione, trasporto stradale e non stradale, agricoltura, etc. Le strategie messe in campo si basano su tre differenti livelli di intervento: (i) strutturali, che hanno lo scopo di prevenire le emissioni inquinanti alla fonte promuovendo tecniche e/o l'utilizzo di materiali e combustibili più puliti ovvero sistemi gestionali meno impattanti; (ii) prescrittivi/tecnologici che hanno lo scopo di ridurre la concentrazione degli inquinanti presenti nelle emissioni; (iii) di risanamento, al fine di ripristinare la qualità dell'ambiente (per es. la riqualificazione e il potenziamento del sistema verde urbano). In questo sistema complesso e variegato, risulta prioritario individuare approcci sistemici e organici che, tramite procedure e criteri tecnici e scientifici condivisi, siano in grado di considerare la problematica con una visione più ampia e globale di quanto si sia riuscito a fare fino ad oggi. Diversi sono gli approcci utilizzabili (modelli multicriterio, LCA, analisi di rischio, etc.), generalmente basati sulla teoria delle decisioni e caratterizzati – seppure con metodologie diverse – da meccanismi comunque simili: una schematica rappresentazione della realtà, formalizzata in un modello e una precisa procedura “decisionale” generalmente basata su regole. I modelli riproducono gli aspetti essenziali di un sistema attraverso l'individuazione degli elementi/fattori che lo costituiscono e la definizione delle relazioni tra di essi; le “regole” formalizzano l'iter decisionale in un contesto logico-matematico, razionale, trasparente e ripercorribile. Il presente “position paper” ha come obiettivo fornire strumenti e criteri che permettano ai “decision-makers” di poter fare scelte più idonee rispetto alle diverse alternative esistenti.

A tal fine, ci si propone di analizzare in modo trasversale gli aspetti metodologici che sottendono ad un processo decisionale volto ad individuare le migliori misure da adottare per minimizzare le emissioni atmosferiche anche con riferimento a specifici contesti socio-economici-ambientali.

Summary

The measures to reduce air pollution, at different scales of impact, are innumerable and affect all the main economic sectors such as: electricity and heat production plants, civil buildings heating systems, industrial and construction activities, road and non-road transport, agriculture, etc. The implemented strategies are based on three different levels of intervention: (i) structural, which aim at preventing at source the pollutant emissions by promoting techniques and / or cleaner materials and fuels use or rather less impactful management systems; (ii) prescriptive / technological, which have the purpose of reducing the pollutant concentrations in the emissions; (iii) remediation, to restore the environment quality (e.g. the re-development and enhancement of the green urban ecosystem).

In this complex and diversified system, to identify systemic and organic approaches is a priority; systems that are able to consider the problem with a broader and more global vision than what has been managed to date, through shared technical and scientific procedures and criteria.

Several approaches can be used (multi-criteria models, LCA, risk analysis, etc.), generally based on the decision theory and characterized by similar mechanisms, even considering different methodologies: a schematic representation of reality, formalized in a pattern and a precise “decision-making” procedure generally rules-based. Patterns reproduce the essential aspects of a system by identifying the elements and factors constituting it and by defining the relations between them; “rules” formalize the decision-making process in a logical-mathematical, rational, transparent and traceable framework.

The objective of this “position paper” is to provide the decision-makers with tools and criteria that allows them to make suitable decision between the various possibilities. To this end, the idea is to cross-sectionally analyze the methodological aspects that underlie a decision-making process necessary to identify the actions to be taken to minimize pollutant air emissions, even referring to specific socio-economical-environmental frameworks.

1. Introduzione

L'inquinamento atmosferico costituirà, se non lo sta già facendo, l'impatto ambientale più rilevante sull'ecosistema nel prossimo futuro, come rilevato da diversi studi disponibili nella letteratura di settore. Ad esempio, uno studio di carattere sanitario riporta che il tasso annuale di incremento di mortalità in Europa per inquinamento dell'aria è di 790.000 unità, pari ad un tasso specifico di mortalità di 133 su 100.000 abitanti e che, conseguentemente, l'attesa di vita media possa ridursi di circa 2,2 anni [1]. In uno studio più generale sullo stato di salute del pianeta Terra, viene proposto un nuovo approccio di sostenibilità globale che si basa sulla individuazione di alcuni limiti o “confini planetari” entro i quali l'umanità possa vivere in sicurezza: su 9 processi individuati che possono influenzare drasticamente la salute del nostro pianeta ben 4 sono direttamente correlabili all'inquinamento atmosferico ovvero (I) cambiamenti climatici, (II) deplezione dell'ozono stratosferico, (III) aerosol atmosferico e (IV) inquinamento di sostanze chimiche [2].

Le misure proposte per la riduzione dell'inquinamento atmosferico sono innumerevoli e fanno riferimento a tutti i principali settori economici: impianti industriali di produzione di energia elettrica e calore, riscaldamento di edifici domestici e commerciali, attività industriali e di costruzione, trasporto su strada, trasporto non stradale, agricoltura, etc.

La natura stessa delle misure comprende tipologie completamente differenti tra loro, tra cui:

- Il controllo e monitoraggio delle emissioni e dello stato di qualità dell'aria (emission and air quality monitoring). Questa misura, benché possa apparire non efficace per ridurre uno stato di inquinamento, costituisce il prerequisito conoscitivo necessario per l'implementazione di qualsiasi azione. La misura mira a definire le concentrazioni e le portate ammissibili per le emissioni da sorgenti stazionarie e mobili in un determinato orizzonte temporale specifico del caso in oggetto, ovvero lo stato di qualità dell'aria.
- La prevenzione e la minimizzazione (prevention and minimization). Si tratta di misure prevalentemente di carattere gestionale e non tecnologiche che mirano a prevenire la generazione di emissioni gassose. Nel campo degli impianti fissi, un esempio è costituito dalla selezione e riduzione dei rifiuti contenenti cloro (PVC) conferiti negli impianti di incenerimento, con la conseguente riduzione della potenziale formazione di diossine [3]. Nel campo del trasporto, un esempio è costituito dalla riduzione del piombo tetraetile nelle benzine che ha comportato una drastica riduzione del piombo nelle aree urbane, così come dalle politiche del "car sharing" per minimizzare il parco veicolare circolante.
- I sistemi tecnologici su impianti fissi (treatment technologies on stationary sources). Si tratta di misure basate sulla diretta installazione nell'impianto stesso di apparecchiature atte a trattare il flusso gassoso una volta generato dal processo produttivo. In questa casistica rientrano i filtri a manica, gli scrubbers, le torri di lavaggio, i biofiltri, etc.
- I sistemi tecnologici su sorgenti mobili (treatment technologies on mobile sources). Si tratta di misure aventi la stessa funzione del caso di cui sopra. In questo caso rientra la ben nota misura costituita dalla marmitta catalitica per le auto e del Selective Catalytic Reduction (SCR) per l'abbattimento degli NO_x.
- I sistemi di dispersione del flusso gassoso (dispersion technologies). Rispetto alle precedenti due misure, questi sistemi applicati non trattano il refluo gassoso ma mirano ad ottimizzare la dispersione del flusso gassoso in atmosfera. Essi sono generalmente applicati agli impianti fissi e sono costituiti prevalentemente dai camini.
- La cattura e stoccaggio di CO₂ (Carbon Capture and Storage/Utilisation, CCS/CCU). In riferimento alla crescente preoccupazione del riscaldamento globale, queste misure rappresentano un insieme di tecnologie e tecniche per la riduzione delle emissioni in atmosfera di CO₂ provenienti da grandi sorgenti stazionarie per mezzo della sua cattura e successivo stoccaggio, ad esempio in formazioni geologiche sotterranee, nelle profondità marine o sotto forma di minerali carbonatici.
- Le misure di assorbimento e fissazione di carbonio nelle foreste e nei prodotti legnosi. Come nel punto precedente si tratta di misure specifiche per la riduzione delle emissioni in atmosfera di CO₂ che sfruttano la fissazione del carbonio nelle biomasse.
- Le misure di "carattere urbano" (air urban based measures). Si tratta di misure da realizzarsi prevalentemente nei tessuti urbani pensati per altre funzioni, ma che possono concorrere ad un parziale miglioramento della qualità dell'aria. Rientrano in questo gruppo, ad esempio, le aree verdi e l'utilizzo di cemento additivato con fotocatalizzatori (p.e. grafene o ossidi di titanio) per ridurre specifici composti chimici.
- Le misure di carattere economico (economic measures). Si tratta di misure indirette che determinano l'applicazione di una delle misure precedentemente discusse facendo leva su meccanismi economici premiali o di mercato. Nel primo caso si annoverano le politiche di sgravi fiscali per l'aumento dell'efficienza energetica degli edifici come la sostituzione delle stufe a legna, sorgenti di particolato atmosferico (PM) considerate rilevanti per l'inquinamento urbano. Nel secondo caso, il sistema dei crediti di carbonio (carbon credits) che prevede un mercato (emission trading approach) per lo scambio di quote di emissioni di gas equivalenti alla CO₂. In questo complesso contesto con ripercussioni sugli ecosistemi, sulla società umana e sull'economia, risulta prioritario individuare approcci sistemici e organici che tramite criteri

condivisi dalla comunità scientifica permettano ai decision-makers di scegliere la soluzione ottimale [4,5], garantendo contestualmente i seguenti vantaggi:

- aiutare il decisore a chiarire meglio i propri obiettivi;
- aiutare ad organizzare in modo organico le informazioni a disposizione;
- individuare e quantificare le principali variabili del sistema e le loro reciproche relazioni;
- permettere l'analisi di scenari alternativi;
- infine, ma non meno importante, assicurare la razionalità, la trasparenza, la ripercorribilità e la partecipazione (se ammessa) della decisione.

Diversi sono gli approcci utilizzabili, generalmente basati sulla Teoria delle Decisioni. A prescindere dalle diverse metodologie impiegate, il meccanismo di queste tecniche è comunque simile. Esso è composto da una schematica rappresentazione della realtà, formalizzata in un modello, e da una precisa procedura "decisionale" generalmente basata su regole e criteri. I modelli permettono di riprodurre gli aspetti essenziali di un sistema attraverso l'individuazione degli elementi/fattori che lo costituiscono e la definizione delle relazioni tra di essi, "eliminando quegli aspetti che, ai fini dello studio in oggetto, costituirebbero un elemento di disturbo e una fuorviante complicazione" [6]. Le "regole" formalizzano l'iter decisionale in un contesto logico-matematico e razionale, il cui giudizio finale sarà valutato sulla base di specifici "criteri" (p.e. costo unitario; danno ambientale; etc.).

È opportuno a questo punto introdurre il problema del "cut-off" o comunque della eliminazione di quei fattori o processi poco rilevanti. Questo aspetto esula dalla trattazione del presente lavoro, ma rappresenta una criticità di cui si deve tenere conto. Ad esempio, se non è possibile quantificare in alcun modo (anche qualitativamente) un fattore, e se ad esso non si riesce ad applicare alcun tipo di operazione logica/matematica, non sarà possibile nemmeno ottenere un giudizio di merito razionale (sia qualitativo sia quantitativo) e pertanto esso non potrà essere considerato.

L'obiettivo principale del presente position paper è quello analizzare in modo trasversale gli aspetti metodologici che sottendono ad un processo decisionale volto ad individuare le migliori misure da adottare per uno specifico caso di inquinamento atmosferico.

2. I modelli decisionali e i criteri da adottare

I modelli raccolgono una vasta varietà di tecniche che si differenziano molto tra loro. Possono presentare un alto valore teorico e scarsa praticità o, viceversa, essere molto facili e utili, ma tecnicamente criticabili. La scelta dell'approccio operativo nella valutazione è un tema molto complesso che meriterebbe attenti approfondimenti. Si consideri che tutti i modelli di stima, previsione, eccetera, sono approssimazioni della "realtà" e del "reale" comportamento del decisore/valutatore, poiché solitamente si cerca di ottenere valutazioni/decisioni "razionali" con l'ausilio di operazioni logico-matematiche che richiedono un processo lineare di operazioni e un'elaborazione quantificata della realtà e della struttura preferenziale del decisore. Quanto più un modello è "razionale", tanto più risulterà semplice per i fruitori. Si deve però tenere anche in considerazione che quanto più "aderente alla realtà" è il modello, tanto più aumenta la sua complessità. Ciò non è una garanzia di precisione; è infatti stato dimostrato che esiste un'incomparabilità tra significatività e precisione legata al grado di complessità del sistema stesso; si tratta del noto "Principio di incomparabilità" elaborato da Zadeh nel 1973 [7]. Come aumenta la complessità del sistema, diminuisce la nostra capacità di fornire giudizi significativi, fino ad una soglia oltre la quale significatività e precisione sono mutuamente esclusive. Per tale motivo, soprattutto in ambito pubblico, si deve essere sicuri di poter disporre del modello quanto più adatto alla situazione contingente, al fine di garantire la sua facile gestione e la trasparenza. In effetti, la reale utilità dei modelli decisionali risiede nella capacità effettiva di rendere trasparente, e quindi razionalmente giustificata, la decisione. Nella maggior parte dei casi,

non è immediatamente evidente il motivo per cui si formula una scelta. È bene tenere a mente che questi strumenti, in quanto procedure pragmatiche, permettono di elencare e mettere in relazione le opzioni della scelta con i criteri (obiettivi) di decisione, fornendo un quadro completo e un supporto robusto al decisore.

È comunque doveroso non eccedere in un'apologia al razionalismo perché potrebbero essere presenti altri fattori importanti che rientrano più nelle "emozioni umane" e difficilmente valutabili solamente con criteri razionali.

Tra i modelli maggiormente utilizzabili nel settore dell'inquinamento atmosferico si citano i modelli multicriterio, l'analisi del ciclo di vita; i modelli fuzzy logic, l'analisi di rischio, l'analisi costi-benefici.

I criteri rappresentano il metro con cui il giudizio finale del processo decisionale viene valutato. Essi possono essere definiti sulla base:

- del contesto sociale, economico e ambientale dove è stato identificato il problema;
- dello studio dei progetti e piani che interessano il problema;
- dell'analisi bibliografica;
- di casi di studio simili;
- dei diversi punti di vista dei soggetti coinvolti.

I criteri ritenuti significativi sono i seguenti:

- la scala di intervento (locale, regionale, nazionale, globale);
- la tipologia di sorgente (fissa, mobile, etc.);
- i composti chimici interessati;
- l'applicabilità dell'intervento in termini tecnologici e autorizzativi;
- i costi unitari;
- il livello di efficacia di riduzione delle emissioni;
- le emissioni evitate;
- gli impatti delle emissioni residue (ambientali, sanitari, ecologici); le emissioni evitate;
- gli effetti incrociati/collaterali;
- i profili di responsabilità della mancata attuazione di misure efficaci a contrastare l'inquinamento atmosferico;
- la capacità di implementare un sistema di monitoraggio efficace.

3. Conclusioni

Decidere vuol dire scegliere tra diverse alternative compresa quella del "non fare". Questa è una azione che compiamo quotidianamente ma sulla cui natura non ragioniamo spesso abbastanza e che all'apparenza sembra molto semplice. Le conseguenze a volte possono essere devastanti, basti pensare al problema del riscaldamento globale.

Nell'ambito dell'inquinamento atmosferico, molti problemi si presentano in modo estremamente complesso ed è quindi necessario poter giungere a soluzioni soddisfacenti che si sviluppino attraverso un approccio razionale, sistemico e trasparente e che possano sintetizzare in una sola preferenza globale diversi criteri ritenuti significativi dalla comunità scientifica.

Bibliografia

- [1] J. Lelieveld et al., "Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions," *Eur. Heart J.*, vol. 40, no. 20, pp. 1590–1596, 2019.
- [2] J. Rockström et al., "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity," *Ecol. Soc.*, vol. 14, no. 2, p. 32, 2009.
- [3] H. Cheng and Y. Hu, "Curbing dioxin emissions from municipal solid waste incineration

in China: Re-thinking about management policies and practices,” *Environ. Pollut.*, vol. 158, no. 9, pp. 2809–2814, 2010.

[4] F. Sisani, F. Di Maria, and D. Cesari, “Environmental and human health impact of different powertrain passenger cars in a life cycle perspective. A focus on health risk and oxidative potential of particulate matter components,” *Sci. Total Environ.*, vol. under pres, 2021.

[5] Y. Tao et al., “How to realize the effect of air pollution control? A hybrid decision framework under the fuzzy environment,” *J. Clean. Prod.*, vol. 305, p. 127093, 2021.

[6] M. Hussein, *Pensare per modelli. Schemi logici e strumenti di calcolo*. Mondadori / The open University, 1972.

[7] L. A. Zadeh, “Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. SMC-3, no. 1, pp. 28–44, 1973.

Determinazione di sostanze organofluorurate nelle deposizioni atmosferiche

*Simona Possamai s.possamai@arpa.piemonte.it, Marco Fontana, Nicola Santamaria, Enrica Pipino, Antonella Salzarulo, Arpa Piemonte, Grugliasco
Schilirò Tiziana, Marchisio Ilaria, Università degli Studi di Torino, Torino*

Riassunto

L'attenzione relativa alle sostanze poli e perfluoroalchiliche è cresciuta negli ultimi anni in modo particolare in relazione alla loro presenza nelle acque. Questo lavoro presenta invece un primo approccio per la ricerca dei PFAS, ma soprattutto di sostanze emergenti come il cC6O4 e l'ADV, prodotti in una azienda del nord Italia, mediante campionamenti passivi di deposizioni atmosferiche totali. Sono stati realizzati test utilizzando depositimetri in polietilene ad alta densità per i quali sono state condotte prove di verifica della pulizia dei supporti di campionamento da disporre in campo; prove di recupero di standard marcati depositati sui supporti di campionamento; test di verifica delle condizioni di trasporto dei campionatori; analisi di bianchi prelevati in zone non esposte a contaminazione; test di omogeneità delle soluzioni preparate per l'analisi dopo il recupero del materiale campionato e test di ripetibilità in campo.

I campioni prelevati sono stati analizzati alla stregua di campioni di acque in LC-MS e i risultati analitici espressi in relazione al numero di giorni di raccolta della deposizione atmosferica e all'area esposta per la raccolta dei campioni.

I risultati sin qui ottenuti sono decisamente soddisfacenti e fanno presupporre la possibilità di sviluppare un metodo robusto e di semplice applicabilità per la ricerca di sostanze aerodisperse caratterizzate da una buona solubilità in acqua.

Summary

The focus on poly and perfluoroalchilic substances has grown in recent years particularly in relation to their presence in water. This work presents a first approach for the research of PFAS, but above all of emerging substances such as cC6O4 and ADV, produced in a company in northern Italy, through passive sampling of total atmospheric depositions. Tests were carried out using high-density polyethylene depositimeters for which tests were carried out to verify the cleanliness of the sampling media to be placed in the field; tests for the recovery of marked standards deposited on the sampling media; test to verify the conditions of transport of the samplers; analysis of blanks taken from areas not exposed to contamination; test of homogeneity of the solutions prepared for analysis after recovery of the sampled material and repeatability tests in the field.

The samples taken were analysed as water samples in LC-MS and the analytical results expressed in relation to the number of days of collection of the atmospheric deposition and the area exposed for the collection of the samples.

The results obtained so far are very satisfactory and suggest the possibility of developing a robust and easily applicable method for the search for airborne substances with good solubility in water.

1. Introduzione

PFAS è l'acronimo inglese di PerFluorinated Alkylated Substances ovvero una famiglia di migliaia di composti organici formati da una catena alchilica di lunghezza variabile (in genere da 4 a 16 atomi di carbonio) totalmente o parzialmente fluorurata e da un gruppo funzionale idrofilico, generalmente un acido carbossilico o solfonico. [1] Si tratta di sostanze chimiche sintetiche ampiamente utilizzate fin dagli anni '40. Tali sostanze contengono tutti legami carbonio-fluoro, ovvero uno dei legami più forti della chimica organica e sono quindi resistenti al degrado e persistenti nell'ambiente.

Le molecole più utilizzate e studiate di questa famiglia sono l'acido perfluorooctanoico (PFOA) e l'acido perfluorooctansolfonico (PFOS), considerati i contaminanti più rappresentativi tra i PFAS, in quanto prodotti di degradazione finale di molti composti fluorurati. I PFAS vengono classificati come contaminanti emergenti, ovvero sostanze non ancora regolamentate, ma di interesse in base a studi e indagini circa la loro presenza, persistenza, (eco)tossicità e effetti sulla salute umana. [2]

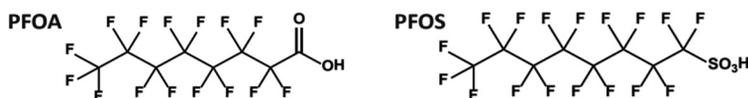


Fig. 1 – Struttura chimica del PFOA e del PFOS.

La Convenzione di Stoccolma sui POPs (Persistent Organic Pollutants), stilata nel 2001, documento in continua evoluzione, ed è stata aggiornata con l'introduzione di PFOA e PFOS, oltre ai loro sali, composti e derivati, tra le sostanze definite come Inquinanti Organici Persistenti. [3] È possibile distinguere PFAS a catena corta e a catena lunga, che può essere a sua volta lineare oppure ramificata. Le principali applicazioni dei PFAS sono nell'industria della plastica e della gomma, nell'industria elettronica, rivestimenti, vernici, grassi e lubrificanti.

L'interesse della comunità scientifica per i potenziali effetti sulla salute umana relativi all'esposizione a PFAS è cominciato all'inizio degli anni 2000, quando l'acido perfluorooctansolfonico (PFOS) è stato rilevato nel sangue di alcuni orsi polari nell'Artico e nella fauna selvatica presente in altre regioni remote. [4] L'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) ha stimato che i pesci e i frutti di mare possano costituire la principale fonte di esposizione cronica a PFOS e PFOA in soggetti adulti, mentre carne e prodotti a base di carne rappresentino fino al 52% dell'esposizione a PFOS in soggetti anziani. Per i neonati, uova e prodotti contenenti uova rappresentano fino al 42% dell'esposizione a PFOS, mentre per il PFOA le fonti principali sono i latticini e l'acqua potabile. [5] L'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha inoltre classificato il PFOA nel gruppo 2B, ovvero come possibile cancerogeno per l'uomo.

A causa delle crescenti preoccupazioni che circondano il potenziale impatto sulla salute e sull'ambiente, la produzione e l'uso di PFAS a catena lunga e dei loro precursori sta diminuendo in favore di PFAS a catena corta. [6]

In particolare, in sostituzione al PFOA e al PFOS, sono state introdotte sul mercato molecole come GenX, (HFPO-DA), ADONA, cC6O4 che sono PFAS la cui struttura chimica è stata modificata inserendo ossigeno tra le catene perfluorurate. [7]

2. Relazione

Il primo caso di contaminazione di acqua potabile è stato segnalato nel 1999 negli Stati Uniti, in acquedotti pubblici e privati situati nelle vicinanze di un impianto di produzione di fluoropolimeri a Washington, West Virginia. [8]

In Italia, dal 2013 al 2017, è stata svolta una campagna di monitoraggio e di analisi delle sostanze perfluoroalchiliche nelle acque superficiali interne (fiumi e laghi) della regione Veneto.

Nel 2007 sono stati pubblicati gli esiti del progetto europeo PERFORCE che aveva lo scopo di indagare le concentrazioni di PFAS nei maggiori fiumi europei. I campioni di acqua sono stati raccolti vicino alle foci di 14 fiumi tra cui Reno, Danubio, Elba, Oder, Senna, Loira e Po. I valori più significativi sono stati riscontrati nel fiume Po, come indicato nella Figura 2. [9] Per la loro diffusione e persistenza, i PFAS hanno richiamato una crescente attenzione delle autorità regolatorie europee, con l'inclusione del PFOS tra le sostanze "pericolose e prioritarie" della Direttiva 2013/39/EU, ovvero sostanze da sottoporre a monitoraggio nei corpi idrici. Le acque superficiali vengono normate in Italia dal D.lgs. 172/2015 (recepimento della Direttiva 2013/39/UE) tramite l'applicazione di Standard di Qualità Ambientali (SQA) che comprendono il PFOS. Il crescente interesse per queste sostanze si può evincere anche dal fatto che dal 12 gennaio 2021 è entrata in vigore la nuova Direttiva UE 2020/2184 per le acque potabili che contiene per la prima volta anche standard qualitativi che riguardano i PFAS. [10] Per quanto riguarda la matrice aria invece ad oggi non esistono valori di riferimento a livello nazionale o europeo. Negli Stati Uniti d'America, lo stato di New York e lo stato del Michigan, hanno proposto concentrazioni ammissibili in aria ambiente per PFOA e PFOS. Il Dipartimento per la conservazione ambientale dello stato di New York ha proposto una concentrazione indicativa annuale ammissibile nell'aria ambiente per il PFOA di 0.0053 µg/m³. [11] Lo stato del Michigan ha regolamentato le emissioni atmosferiche sia per il PFOA che per il PFOS, con un livello di concentrazione ammissibile di 0.07 µg/m³ per un tempo medio di 24 ore. [12]

	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA
Dalälven	<0.94 ^a	0.36	<0.97	<0.14
Vindelälven	<0.58	0.20	<0.65	0.22
Kalix Älv	<0.58	0.26	<0.85	<0.14
Elbe	15.4	2.7	7.6	0.27
Oder	2.2	0.73	3.8	0.73
Vistula	2.3	0.48	3.0	0.36
Po	19	6.6	200	1.46
Danube	3.0	0.95	16.4	0.27
Daugava	<1.4	0.86	<2.2	0.36
Seine	13.3	3.7	8.9	1.26
Loire	3.4	0.90	3.4	0.43
Thames	32	4.1	23	0.79
Rhine (February 2006)	18.2	1.8	11.6	0.55
Rhine (August 2006)	3.3	3.3	12.3	1.50
Guadalquivir	6.2	1.58	4.6	1.02

^a<" denotes values below the MDL

Fig. 2 – Concentrazioni medie di PFCA nell'acqua dei fiumi europei (ng/l).

2.1 Indagine sperimentale

Il progetto di monitoraggio dei PFAS nelle deposizioni atmosferiche è stato avviato da Arpa Piemonte a ridosso di un importante polo chimico a valle del quale, nell'ambito del monitoraggio regionale dei corpi idrici, è emersa una criticità legata al riscontro di sostanze perfluoroalchiliche nelle acque al fine di ampliare il monitoraggio a nuove componenti ambientali.

Non avendo potuto individuare norme di riferimento per il monitoraggio della matrice aria è stata sfruttata la possibilità di utilizzare una cabina di monitoraggio collocata nella zona di massima ricaduta delle immissioni in aria dello stabilimento al fine di condurre alcuni campionamenti sperimentali.

Sulla base dell'esperienza maturata è stata utilizzata strumentazione in polietilene ad alta densità riducendo al minimo l'impiego di strumentazione in vetro.

Sono stati impiegati sistemi di raccolta delle deposizioni totali (frazione secca + frazione umida) costituiti da un bottiglione di raccolta da 10 litri e da un imbuto con diametro 20cm (Figura 3).

Con i deposimetri si campiona la deposizione atmosferica totale (frazione secca + frazione umida), ovvero la massa totale di sostanza inquinante che, in una data area espressa in m^2 e in un determinato periodo espresso in giorni (circa 30 giorni), è trasferita dall'atmosfera al suolo, alla vegetazione, all'acqua, agli edifici e a qualsiasi altro tipo di superficie. La concentrazione delle deposizioni atmosferiche viene espressa come [massa di inquinante (ng) * m^{-2} giorno $^{-1}$].



Fig. 3 – Deposimetro in HDPE.

La sperimentazione è stata suddivisa in test condotti sui deposimetri in laboratorio e test realizzati su campioni reali prelevati in doppio installando i deposimetri in campo.

In laboratorio sono stati verificati:

- lo stato di pulizia dei supporti di campionamento mediante prove di lavaggio dei deposimetri con acqua deionizzata e successivo risciacquo con acqua ultrapura Millipore. Tali test hanno permesso di verificare l'assenza di PFAS rilasciati dallo stesso campionatore e di contaminazioni residue dei detergenti impiegati per la pulizia delle attrezzature,
- il recupero di standard di PFAS depositando 100ml di standard a concentrazione a $0.5\mu g/l$ sulla superficie dell'imbuto del deposimetro e recuperando il campione simulato con acqua ultrapura Millipore al fine di verificare eventuali fenomeni di adsorbimento del materiale del deposimetro.

In campo sono stati verificati:

- la contaminazione eventualmente apportata nelle fasi di trasporto della strumentazione tra il

laboratorio e la zona di prelievo utilizzando un deposimetro mai esposto in campo e trattandolo come un campione reale;

- la ripetibilità in campo esponendo ad ogni campagna di prelievo una coppia di deposimetri del tutto identici al fine di raccogliere una serie di doppiette di campioni reali (Figura 3);
- l'omogeneità della massa del campione prelevato e recuperato mediante passaggio con acqua Millipore sull'imbuto e raccolta dell'acqua di risciacquo unitamente alle acque piovane e di condensa. Dopo aver omogeneizzato il campione mediante agitazione manuale sono state prelevate tre aliquote per ciascun deposimetro al fine di verificare che omogeneità della distribuzione degli inquinanti nella deposizione prelevata e poter sottoporre ad analisi solamente un' aliquota della stessa.

Alle prove realizzate nei pressi del polo chimico oggetto del monitoraggio è stato affiancato un campione prelevato in zona non soggetta a contaminazione al fine di realizzare un "bianco" di confronto.

Per il recupero del campione dai deposimetri è stato scelto di utilizzare un volume di circa 500 ml di acqua Millipore ultrapura per HPLC, tutte le aliquote sono state conservate a temperatura < 4°C e sono state analizzate presso i laboratori dell'Arpa di Grugliasco con la tecnica analitica LC/MS triplo quadrupolo.

2.2 Presentazione dei risultati

Gli esiti delle prove svolte in laboratorio sono stati molto soddisfacenti (Tabella 1):

il campione di acqua deionizzata, utilizzata per il risciacquo dopo il consueto lavaggio del deposimetro, non contiene gli analiti oggetto dell'indagine (PROVA A);

il campione costituito da acqua ultrapura utilizzata per il risciacquo del deposimetro non contiene gli analiti oggetto dell'indagine (PROVA B);

la prova di recupero degli standard depositati sul deposimetro ha dato esito positivo (PROVA C).

Possiamo dunque asserire che i detersivi utilizzati per la pulizia dei supporti di campionamento non apporta contaminazione da PFAS e che il materiale del deposimetro non rilascia tali sostanze. Inoltre la prova di recupero degli standard evidenzia come i deposimetri in polietilene ad alta densità non sequestrino i PFAS aggiunti.

TEST DI LABORATORIO						
PARAMETRO		PROVA A (acqua deionizzata)	PROVA B (acqua ultrapura)	PROVA C (recupero standard) µg/l	PROVA D (test trasporto)	PROVA E (prelievo zona neutra)
Acidoperfluorobutanoico	PFBA	<LOQ	<LOQ	0,090	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoropentanoico	PFPeA	<LOQ	<LOQ	0,090	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluorobutansolfonico	PFBS	<LOQ	<LOQ	0,130	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoroesanoico	PFHxA	<LOQ	<LOQ	0,120	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-eptanoico	PFHPA	<LOQ	<LOQ	0,130	<LOQ	<LOQ
Perfluoro-a-esansolfonatodisodio	PFHXS	<LOQ	<LOQ	0,130	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluorottanoico	PFOA	<LOQ	<LOQ	0,130	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluorottansolfonico	PFOS	<LOQ	<LOQ	0,110	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-decanoico	PFDA	<LOQ	<LOQ	0,100	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-nonanoico	PFNA	<LOQ	<LOQ	0,110	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-undecanoico	PFUdA	<LOQ	<LOQ	0,100	<LOQ	<LOQ
Perfluoro-1-decansolfonatodisodio	PFDS	<LOQ	<LOQ	0,070	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-dodecanoico	PFDoA	<LOQ	<LOQ	0,060	<LOQ	<LOQ
cC6O4(CAS1190931-27-1)	cC6O4	<LOQ	<LOQ	0,080	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-2-propossipropanoico	HFPO	<LOQ	<LOQ	0,140	<LOQ	<LOQ

LOQ stimato = 0,036 µg m-2 g-1. Concentrazione attesa dello standard = 0,1 µg/l

Tab. 1 – Test preliminari di laboratorio.

L'analisi del campione che ha subito solo operazioni di trasporto (PROVA D) e del campione prelevato in zona neutra (PROVA E) hanno consentito di escludere contaminazioni da PFAS derivanti da fasi di preparazione e trasferimento degli strumenti poiché i livelli di PFAS riscontrati sono risultati tutti inferiori all'LOQ (Tabella 1).

Le deposizioni prelevate in campo durante la prima campagna di monitoraggio (Tabella 2), hanno evidenziato la presenza di tre PFAS in concentrazioni superiori all'LOQ nelle deposizioni totali: PFOA, cC6O4 e ADV.

Per ciascun deposimetro esposto in campo sono state prelevate tre aliquote (A-B-C) da destinare all'analisi al fine di verificare che la distribuzione degli analiti nella massa d'acqua del campione fosse omogenea. I dati analitici hanno confermato questa ipotesi semplificando notevolmente la metodica di preparazione dei campioni prima dell'iniezione strumentale.

PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	DEPOS. N° 32	DEPOS. N° 31	depos. n.32-A	depos. n.32-B	depos. n.32-C	depos. n.31-A	depos. n.31-B	depos. n.31-C
Acidoperfluorobutanico	PFBA	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoropentanico	PFPeA	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluorobutansolfonico	PFBS	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoresanoico	PFHxA	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-eptanoico	PFHpA	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Perfluoro-a-esansolfonatodisodio	PFHXS	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoroottanoico	PFOA	µg/m2 gg	0,037	0,036	<LOQ	0,037	0,036	0,036	0,036
Acidoperfluoroottansolfonico	PFOS	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-decanoico	PFDA	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-nonanoico	PFNA	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-undecanoico	PFUdA	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Perfluoro-1-decansolfonatodisodio	PFDS	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Acidoperfluoro-n-dodecanoico	PFDoA	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
cC6O4(CAS1190931-27-1)	cC6O4	µg/m2 gg	5,093	5,059	5,093	5,093	5,331	4,869	4,976
Acidoperfluoro-2-propossipropanoico	HFPO	µg/m2 gg	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
ADV	ADV	µg/m2 gg	0,672	0,687	0,696	0,623	0,696	0,711	0,675

LOQ stimato = 0,036 µg m-2 g-1

Tab. 2 – Valutazione omogeneità.

La raccolta di dati analitici da coppie di deposimetri esposti contemporaneamente presso la postazione di monitoraggio ha consentito di avere informazioni utili riguardo alla ripetibilità del metodo (Tabella 3).

PRELIEVO	Giorni	ADV_N2	PFOA	cC6O4	PIOVOSITA'
	N°	µg m ⁻² g ⁻¹	µg m ⁻² g ⁻¹	µg m ⁻² g ⁻¹	mm
GEN/FEB	19	0,7	0,04	5,09	55
GEN/FEB	19	0,7	0,04	5,06	55
FEB	21	0,08	0,01	2,07	0,4
FEB	21	0,08	0,01	2,69	0,4
MAR	23,1	0,26	<LOQ	0,65	0
MAR	23,1	0,25	<LOQ	0,65	0
APR	33	0,6	<LOQ	0,63	42
APR	33	0,69	<LOQ	0,61	42
MAG	27,8	0,41	<LOQ	2,12	43
MAG	27,8	0,29	<LOQ	1,8	43
GIU	36,2	0,55	0,02	1,25	4
GIU	36,2	0,49	0,01	1,33	4

Tab. 3 – Campioni in doppio.

Tutte le deposizioni totali raccolte hanno confermato la presenza di cC6O4 e ADV, mentre per tutti gli altri composti i valori riscontrati erano inferiori all'LOQ, solo il parametro PFOA è stato rilevato in concentrazioni ridotte.

Le concentrazioni di cC6O4 e ADV determinate nelle deposizioni sono variabili tra una mensilità e l'altra, ma sono sempre concordi tra i due deposimetri esposti in contemporanea. In Tabella 3 è stato riportato anche un dato relativo alla piovosità del periodo di campionamento poiché questo potrebbe essere un dato rilevante nell'interpretazione dei risultati.

3. Conclusioni

I PFAS sono dei contaminanti emergenti per i quali non sono attualmente disponibili metodiche di prelievo e di analisi adatte ad indagare le diverse matrici ambientali, ma considerata la rilevanza del tema è importante sviluppare una metodica che consenta di raccogliere una serie storica di dati utili all'interpretazione di un fenomeno ancora poco indagato.

Nonostante la principale via di esposizione ai PFAS sia l'ingestione, anche l'inalazione non può essere trascurata comprendere come si distribuiscono e come si comportano nell'atmosfera può aiutare ad avere un quadro più completo dell'esposizione.

La breve esperienza maturata nell'utilizzo dei deposimetri per il monitoraggio ha dato esiti soddisfacenti, la metodica sperimentata risulta di semplice applicazione e di facile utilizzo sia in fase di prelievo che di analisi, i sistemi di campionamento sono economici e non necessitano di particolari condizioni al prelievo (raffreddamento, alimentazione...), i campioni vengono preparati e analizzati seguendo un iter semplice (recupero del campione mediante risciacquo con acqua), che riduce al minimo la manipolazione del campione, e analisi secondo le norme già disponibili per la determinazione dei PFAS nelle acque.

Il deposimetro è però un metodo di campionamento passivo, maggiori informazioni potranno essere raccolte sviluppando metodiche di campionamento di tipo attivo che consentano la raccolta di campioni anche in tempi più brevi.

Bibliografia

- [1] Lee YM, Lee JY, Kim MK, Yang H, Lee JE, Son Y, Kho Y, Choi K, Zoh KD. Concentration and distribution of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in the Asan Lake area of South Korea. *J Hazard Mater.* 2020 Jan 5;381:120909. doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.120909. Epub 2019 Jul 18. PMID: 31352148.
- [2] www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2017_6/cantoni_es6_2017.pdf
- [3] Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global Response | International Cooperation | US EPA
- [4] Giesy J, Kannan K Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. *Environmental Science & Technology* 2001; 35: 1339–1342
- [5] Sunderland EM, Hu XC, Dassuncao C, Tokranov AK, Wagner CC, Allen JG. A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) and present understanding of health effects. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2019 Mar;29(2):131-147. doi: 10.1038/s41370-018-0094-1. Epub 2018 Nov 23. PMID: 30470793; PMCID: PMC6380916.
- [6] Lee YM, Lee JY, Kim MK, Yang H, Lee JE, Son Y, Kho Y, Choi K, Zoh KD. Concentration and distribution of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in the Asan Lake area of South Korea. *J Hazard Mater.* 2020 Jan 5;381:120909. doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.120909. Epub 2019 Jul 18. PMID: 31352148.
- [7] <https://www.arpa.veneto.it/arpav/pagine-generiche/sostanze-perfluoro-alchiliche-pfas#sostanze>
- [8] Emmett EA, Shofer FS, Zhang H, Freeman D, Desai C, Shaw LM Community Exposure to Perfluorooctanoate: Relationships Between Serum Concentrations and Exposure Sources. *Journal of occupational and environmental medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine* 2006; 48: 759–770.

- [9] McLachlan MS, Holmstrom KE, Reth M, Berger U. Riverine discharge of perfluorinated carboxylates from the European continent. *Environ Sci Technol*. 2007 Nov 1;41(21):7260-5. doi: 10.1021/es071471p. PMID: 18044497.
- [10] Entrata in vigore la nuova direttiva europea sull'acqua potabile — ARPAT - Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
- [11] https://www.dec.ny.gov/docs/air_pdf/dar1proposed.pdf
- [12] <https://www.natlawreview.com/article/pfas-air-emissions-regulations-ny-joins-fray>

Valutare in modo integrato l'impatto del verde urbano presente e futuro sull'aria in città: la piattaforma del progetto Life Pre VEG-GAP

*Valeria Stacchini, valeria.stacchini@cittametropolitana.bo.it, Città Metropolitana di Bologna
Mibaela Mircea, ENEA Bologna*

Riassunto

Il verde urbano insieme alla morfologia della città controlla il microclima urbano e la permanenza di alcuni inquinanti in aria. Il progetto Life VEG-GAP (<https://www.lifeveggap.eu>), ha sviluppato una strategia per produrre nuove informazioni a supporto dei piani per la qualità dell'aria nelle città e dei piani di adattamento ai cambiamenti climatici, considerando le caratteristiche della vegetazione urbana attuale e pianificata per il futuro. Questa strategia può essere usata anche nella pianificazione urbanistica generale per supportare la valutazione degli impatti di interventi di ampliamento o rigenerazione della città a impatto zero sul clima e ambiente. La piattaforma informatica sviluppata nel progetto mostra l'impatto del verde urbano sulle temperature e alcuni inquinanti: ozono troposferico (O₃), biossido di azoto (NO₂) e polveri sottili (PM10), in tre Città Europee: Bologna, Madrid e Milano.

Summary

The urban greenery together with the city morphology control the urban micro-climate and the permanence of some pollutants in the air. The Life VEG-GAP project (<https://www.lifeveggap.eu>), developed a strategy to produce new information in support of air-quality plans, climate resilience plans, considering the characteristics of current and future urban vegetation. It could be used also in general urban planning to assess zero-impact on climate and environment for city expansion or regeneration interventions. The Life VEG-GAP project's ITC platform shows the impact of urban greenery on temperatures and some pollutants: ground-level ozone (O₃), nitrogen dioxide (NO₂) and fine particles (PM10), in three European cities: Bologna, Madrid and Milan.

1. Introduzione

Le città offrono molte opportunità (lavorative, di studio, culturali, etc.) e per questo attraggono sempre più persone. L'aumento della popolazione porta all'incremento nelle richieste di abitazioni e di risorse (idriche, energetiche, etc.), e ad un aggravarsi delle criticità legate, ad esempio, alla produzione di rifiuti o al traffico veicolare, con conseguenze importanti sull'ambiente e, in particolare, sull'aria. Le città risultano pertanto essere le aree più calde e più insalubri del pianeta a causa della cementificazione che spesso prevale rispetto alle aree verdi, e delle emissioni di inquinanti (autoveicoli, sistemi di riscaldamento e raffreddamento ad uso domestico, impianti industriali, etc.). Entro il 2050, l'Organizzazione delle Nazioni Unite prevede un aumento della popolazione nelle città fino al 68% al livello globale e fino al 74%

in Europa [1] che potrebbe portare ad un peggioramento della situazione attuale se le città non useranno strumenti in grado di permettere loro una adeguata valutazione dell'impatto dei cambiamenti previsti nei loro piani, insieme con le riduzioni delle emissioni antropiche. È infatti più che mai necessaria una oculata pianificazione della crescita delle città per ridurre l'impatto ambientale, tutelare la salute, e di conseguenza migliorarne la qualità della vita. È inoltre importante tenere in considerazione tutti gli aspetti in modo sistemico e operare scelte responsabili basate su informazioni affidabili. Il progetto VEG-GAP (Life18 PRE IT003 - dicembre 2018) è il primo progetto preparatorio Life in Italia: coordinato da ENEA, ha ricevuto un finanziamento di un milione di euro. Otto partner hanno lavorato negli ultimi tre anni per mettere a punto metodologie e strumenti informativi di supporto alle città per meglio comprendere gli impatti della vegetazione su qualità dell'aria e clima, così che i decisori possano scegliere sulla base di evidenze scientifiche. Bologna, Madrid e Milano sono le tre città pilota: attraverso l'analisi di queste realtà specifiche, è stato possibile testare nuove metodologie e strumenti, che in futuro potranno essere applicati ad altre realtà. Il progetto VEG-GAP è stato ispirato dalla consapevolezza che il verde urbano è una straordinaria risorsa per l'aria in città, grazie alla sua capacità di regolare il confort termico e filtrare gli inquinanti. Questa consapevolezza è accompagnata però anche dalla piena conoscenza di come, allo stesso tempo, la vegetazione emetta essa stessa gas in atmosfera, i cosiddetti COV (composti organici volatili) biogenici, che contribuiscono alla formazione di inquinanti secondari come l'ozono (O_3) e delle polveri sottili (PM10). Questo processo è influenzato da una moltitudine di altre sostanze emesse in atmosfera dalle attività antropiche, ma, in particolare dal diossido di azoto (NO_2) emesso dal traffico veicolare. Per rispondere a questa complessità, VEG-GAP ha sviluppato un approccio integrato che tiene conto di tutti questi aspetti, mettendo al centro dei suoi studi ed analisi: le sorgenti emissive antropiche e naturali, la morfologia della città, le aree verdi e le specie vegetali presenti.

2. Piattaforma informatica VEG-GAP: uno strumento per cittadini e amministrazioni

Fornire dati e informazioni affidabili sulla presenza della vegetazione in città, e sui suoi relativi effetti in modo integrato su qualità dell'aria e temperature in città, è l'ambizioso obiettivo della piattaforma sviluppata dal progetto LIFE VEG-GAP. Oggi, infatti, le città e i loro amministratori non dispongono di adeguate informazioni e strumenti di supporto alle decisioni in merito alla quantità di vegetazione, le specie da utilizzare e la loro distribuzione nelle aree urbane per migliorare la qualità dell'aria e mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, tanto più prendendo in considerazione l'integrazione dei vari fattori. La piattaforma VEG-GAP, la cui infrastruttura è stata sviluppata da MEEO S.r.l., fornisce informazioni utili sulla relazione tra vegetazione, temperatura e inquinamento atmosferico, e può essere utilizzata nello sviluppo di strategie di controllo efficaci per mantenere e migliorare la qualità dell'aria nelle città europee. L'obiettivo specifico è quello di comunicare attraverso la visualizzazione di grafici e tabelle in modo immediato i risultati delle simulazioni prodotte dai partner scientifici del progetto (ENEA, ARIANET S.r.l., UPM - Università Politecnica di Madrid, CREA - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) [2,3]. La piattaforma ha due modalità di accesso: una modalità semplificata, che propone un sistema guidato da domande con visualizzazione di mappe e istogrammi predefiniti, e che è ad accesso libero; e una avanzata, ad accesso ristretto, con ulteriori funzioni ad uso specialistico. La piattaforma attualmente contiene dati riguardanti le tre città pilota di Bologna, Madrid e Milano, ma potenzialmente potrà essere estesa ad altre città e territori, così come potranno in futuro essere integrati ulteriori indicatori, variabili, parametri, così come nuove modalità di visualizzazione ed analisi. Inoltre, grazie alla sua flessibilità e modularità, potrebbe in futuro integrarsi con altre piattaforme. Lo sviluppo della piattaforma è stato preceduto da un'analisi dei bisogni

degli utilizzatori; sulla base di questo sono state definiti i requisiti della piattaforma stessa. I bisogni registrati hanno riguardato: la necessità di avere informazioni e dati utili alla valutazione dei servizi eco-sistemici della vegetazione urbana (filtraggio inquinanti, effetto sulla temperatura, emissioni COV biogenici); lo sviluppo di strumenti di supporto geo-referenziati; il monitoraggio dei superamenti dei limiti della qualità dell'aria; il supporto alla valutazione dei possibili rischi e benefici per la salute umana e gli ecosistemi stessi, in relazione alla diversa vegetazione presente; il suggerimento di misure di mitigazione e l'inclusione di raccomandazioni per migliorare legislazione e regolamentazione in materia di qualità dell'aria. I requisiti della piattaforma sono riassunti nella Tab. 1 sottostante:

<p>Funzionalità principali</p> <ul style="list-style-type: none"> • gestire i dati • automatizzare i dati • interpretare i dati • analisi delle serie temporali <p>Sistema software:</p> <ul style="list-style-type: none"> • affidabilità • disponibilità • sicurezza • manutenibilità <p>Accesso ai dati</p> <ul style="list-style-type: none"> • repository centrale (CRESCO) • repository locale (pilot locali) 	<p>Usabilità</p> <ul style="list-style-type: none"> • user friendly • interfaccia web • informazioni georeferenziate • rivolto a utenti di alto livello • utilizzabile anche da tecnici <p>Personalizzazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Testare l'approccio personalizzato in diversi contesti locali specifici (Bologna, Milano, Madrid) <p>Flessibilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Possibilità di caricare dati • Possibilità di esportare i dati
---	--

Tab.1 – *Requisiti della piattaforma VEG-GAP (Fonte: Multi-purpose Information Systems. Deployment and Initial set-up LIFE18 PRE IT003 VEG-GAP, May 2019 - MEEO).*

È stato quindi avviato un processo di co-design, che ha visto coinvolti tutti i partner di progetto ed anche il suo *Advisory Board* e gli attori locali, i quali sono stati coinvolti attraverso workshop organizzati nelle tre città pilota del progetto coordinati dalla Città Metropolitana di Bologna.

MEEO S.r.l. ha sviluppato la piattaforma a partire dalla tecnologia proprietaria ADAM (Advanced geospatial Data Management platform), la quale implementa il concetto di Digital Earth, rendendo i dati geospaziali ambientali globali reperibili, accessibili, interoperabili e riutilizzabili (FAIR). Piena accessibilità è garantita inoltre dalla scelta di basare la piattaforma su formati *Open Standard*: *OGC® WCS 2.0 -The OGC Web Coverage Service (WCS)* per accedere e reperire dati geospaziali; *OGC® Web Map Service (WMS)* per la visualizzazione delle mappe; *W3C® Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.0)* per una piena accessibilità dei contenuti del Web.

Sono tre le componenti della piattaforma ospitate da infrastrutture ENEA: l'interfaccia grafica utente, il *back-end* e i *database*. Tre sono inoltre gli scenari di vegetazione messi a disposizione dalla piattaforma: lo scenario base, il pianificato futuro e lo scenario senza vegetazione. Quattro sono invece le risoluzioni temporali: oraria, giornaliera, mensile e annuale. Lo scenario base (i cui dati si riferiscono all'anno 2015) raccogliere informazioni provenienti da: mappe della vegetazione comunale e *Corine Landcover* (Fig. 1).

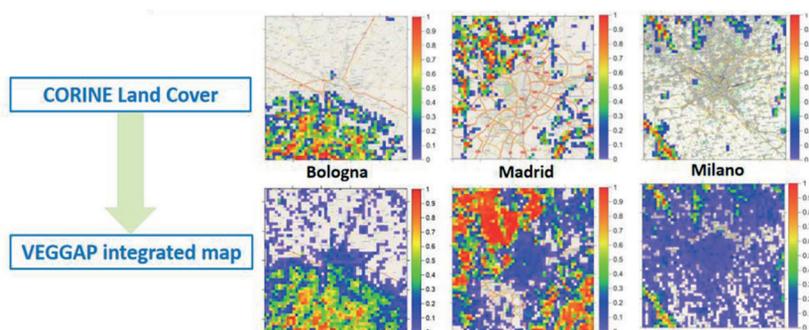


Fig. 1 – Miglioramento delle mappe della vegetazione attraverso l'integrazione dei dati da Corine Land Cover con gli inventari comunali della vegetazione. (Fonte: presentazione ARIANET dell'08 Aprile 2021, progetto LIFE18 PRE IT003 VEG-GAP).

Importanti sono inoltre le informazioni circa la tipologia di vegetazione presente, poiché diverse sono le proprietà e le caratteristiche delle diverse specie. CREA insieme ad ARIANET e ENEA, ha analizzato le specie di alberi e arbusti presenti nei *dataset* delle tre città pilota [4,5], comprese le altezze di ogni pianta, la classe a cui appartengono in relazione alla loro altezza e alla loro capacità di emettere COV. Queste informazioni sono state elaborate in modo da poter essere utilizzate dai modelli meteorologici e di trasporto chimico con quale è stato ricostruito lo stato dell'aria nelle città; tutte le informazioni sono state inoltre rese disponibili anche sulla piattaforma informatica. Da questo *step* iniziale si è passati al confronto dello "stato attuale" con uno "scenario limite" nel quale la vegetazione è stata completamente rimossa: questo ha permesso di riconoscere e valutare l'effettivo contributo della vegetazione, sia per quanto riguarda la presenza di inquinanti, che per l'emissione di COV biogenici e la temperatura. Inoltre, dallo "stato attuale" sono stati costruiti "scenari futuri", tenendo in considerazione interventi di piantumazione previsti nella pianificazione delle città, allo scopo di determinare i possibili impatti e poter eventualmente re-indirizzare i piani futuri [6].

La piattaforma VEG-GAP, accessibile dal sito web <https://www.lifeveggap.eu>, è in grado di comunicare e visualizzare in modo immediato i risultati del progetto, in termini di impatto delle aree verdi sulla qualità dell'aria in ambito urbano e potrà essere di supporto alle autorità locali che si occupano di piani per la qualità dell'aria, e altri piani operativi (come i piani di resilienza al cambiamento climatico e i piani per il verde, o i piani urbanistici generali), nel gestire, automatizzare e interpretare i dati in modo *user-friendly*. In particolare la piattaforma consente di stabilire e analizzare la correlazione tra le caratteristiche della vegetazione e la loro azione di mitigazione sull'inquinamento atmosferico e la temperatura.

2.1. Le funzionalità della Piattaforma Basic

La piattaforma nella forma Basic è liberamente accessibile dal sito web del progetto VEG-GAP. Si rivolge principalmente ad autorità pubbliche, decisori politici, personale non tecnico e cittadini. Propone sia una mappa in cui sono rappresentate spazialmente le variabili fisiche di interesse, sia istogrammi per la rappresentazione dell'andamento temporale delle variabili fisiche selezionate sull'area verde di interesse. Propone semplici percorsi guidati, per un'esplorazione immediata dei risultati di progetto, sotto forma di domande e risposte, per comunicare e sensibilizzare gli effetti della vegetazione sulla qualità dell'aria. In particolare le informazioni disponibili riguardano 1) vegetazione presente ed effetto su 2) temperatura, 3) concentrazione di inquinanti, 4) rimozione inquinanti, 5) emissioni biogeniche. È inoltre visualizzabile un *pop-up* in cui sono riassunte le informazioni statistiche (valori minimi, medi

e massimi delle mappe di concentrazione e rimozione di inquinanti), e un secondo *pop-up* integrativo con ulteriori informazioni di supporto nell'integrazione della mappa. La Fig. 2 esemplifica una schermata della piattaforma che per la fine del progetto sarà disponibile anche in italiano e spagnolo.

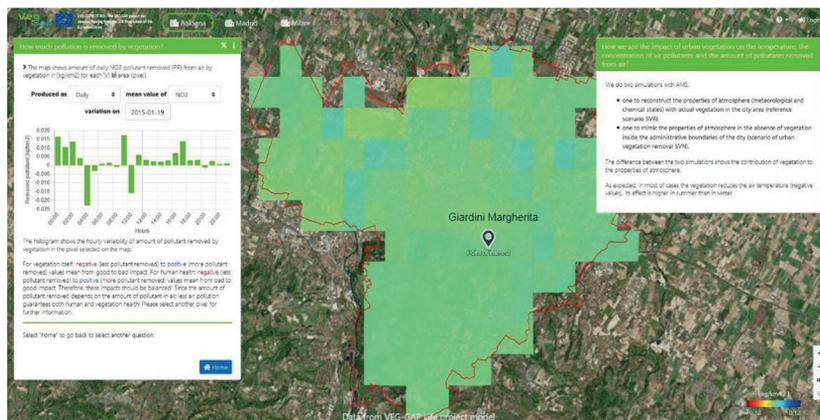


Fig. 2 – Esempio di schermata della piattaforma nella versione basic (Fonte: presentazione al 2° workshop Bologna, Mihaela Mircea, LIFE18 PRE IT003 VEG-GAP, Maggio 2021).

2.1. Le funzionalità della Piattaforma Advanced

La piattaforma avanzata consente un'analisi più accurata e fornisce informazioni aggiuntive rispetto a quella base semplificata. È rivolta a chi si occupa della pianificazione urbana, ricercatori, scienziati, persone con competenze tecniche di dominio; richiede esperienza nell'ambito di sistemi *webgis* e, in generale, nella visualizzazione di dati geo-referenziati e relative analisi temporali. Fornisce accesso a tutti i dati e i risultati generati dai partner di scientifici (ENEA, ARIANET, UPM, CREA) durante il progetto e, per adesso, si appoggia ad oltre 300 *geotiff* e oltre 500 *netcdf files*. Per poter consultare la piattaforma avanzata occorre una registrazione. Nella piattaforma *advanced* è possibile inserire ulteriori scenari oltre a quelli previsti nella forma base, sono inoltre consultabili le mappe sull'intero dominio di calcolo, e non solo su ambito urbano. Rispetto alla versione base sono inoltre prese in considerazione ulteriori variabili (come PM25, umidità, precipitazione, vento, etc.). È possibile il confronto di analisi temporali su differenti punti per una stessa variabile o per variabili diverse. Infine è consentito scaricare dati (.csv o .png format) o mappe (.tiff format) in locale.

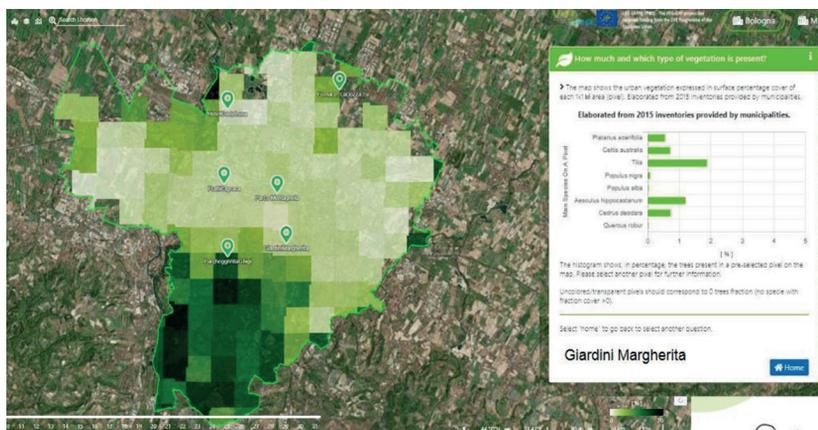


Fig. 4 – Esempio di schermata della piattaforma nella versione Advanced dove si effettua il confronto tra aree diverse per la rimozione di inquinanti – scelta area (Fonte: presentazione 2° workshop Bologna, Mihaela Mircea, LIFE18 PRE IT003 VEG-GAP, Maggio 2021).

2.3. Prossimi passi ed evoluzione della piattaforma

La piattaforma si presenta come un prodotto modulare, flessibile e facilmente replicabile. Questo ne facilita l'evoluzione e l'integrazione. Nei prossimi mesi il consorzio VEG-GAP sarà al lavoro per completare l'elaborazione dei dati delle simulazioni finali. Sulla base delle preziose indicazioni ricevute dagli *stakeholders* e dall'*Advisory Board*, sarà inoltre operato un aggiornamento dei testi e dei messaggi presenti sulla piattaforma. Infine, la versione *Basic* verrà implementata anche nelle altre lingue di lavoro all'interno del progetto (l'italiano e lo spagnolo) al fine di migliorarne l'accessibilità.

Possibili future evoluzioni potrebbero prevedere l'integrazione di altre città ed aree geografiche, fino alla sua adozione come strumento regionale o nazionale per il monitoraggio degli effetti delle aree verdi sulla qualità dell'aria. Questa possibilità potrebbe comportare lo spostamento della piattaforma su di un'altra infrastruttura (come ad esempio un *datacenter* regionale), la definizione e integrazione di ulteriori indicatori e prodotti, nonché l'integrazione con altre piattaforme di gestione della qualità dell'aria.

3. Conclusioni

Le città coprono il 2% della superficie terrestre, ma sono responsabili dell'emissione di oltre il 60% dei gas serra [7] e concentrano oltre tre quarti della popolazione. Stiamo vivendo un momento cruciale, in cui siamo chiamati a pensare a nuovi modelli di ripresa e resilienza, che siano alla prova del tempo. Gli impatti della vegetazione in città è un tema di particolare interesse in questo momento per i ricercatori, e su cui stanno convergendo importanti finanziamenti. La pandemia da Covid-19 ha inoltre contribuito a rendere ancora più urgenti interventi in questa direzione. L'equilibrio fra città e natura è infatti fondamentale per il nostro benessere, la nostra salute, la nostra sicurezza. La presenza di vegetazione in città influisce sulla qualità dell'aria, ma anche sulla salute e il benessere delle persone. Le città sono chiamate a incrementare il proprio patrimonio arboreo attraverso campagne di piantumazione, la costruzione di infrastrutture verdi, *nature-based solutions* (quali pareti e tetti verdi), e di vere e proprie foreste urbane. Le analisi di questi interventi, esistenti e futuri, permetteranno di verificare se le azioni possono generare effetti più o meno positivi, allo scopo di pervenire alle soluzioni più efficienti ed efficaci in riferimento ai servizi eco-sistemici della vegetazione urbana. I risultati del progetto VEG-GAP forniscono le basi per anticipare gli effetti delle diverse

soluzioni, promuovendo una visione integrata nello spazio e nel tempo dei cambiamenti determinati dalla vegetazione urbana e, conseguentemente, dell'aria, consentendo la costruzione di città con un'elevata qualità dell'aria, dove poter vivere meglio e a contatto con la natura.

Bibliografia

- [1] **United Nations**, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420), New York, United Nations, 2019
- [2] **Mircea M., Finardi S., Silibello C., Briganti G., Cappelletti A., Cremona G., D'Isidoro M., Russo F., Passeti S., Mantovani S., Borge R., de la Paz D.**, *Vegetation impact on meteorology and air quality in the cities: Preliminary results from Life VEG-GAP Project*, In "LIFE ASTI, Proceedings of the Second European Workshop 'Urban Heat Island and Heat Resilience: Networking for Future Strategy' 14 October 2020", pp. 208-221
- [3] **Fares S. et al.**, «Exploring new strategies for ozone-risk assessment: A dynamic-threshold case study», *Environmental Pollution* 287 (2021) 117620
- [4] **CREA**, *Databases and maps of air pollution characteristics of vegetation ecosystems, including variables such as location*, 2019.
- [5] **CREA, ARIANET, ENEA**, *Report on the actual vegetation cover, structural and air pollution characteristics in partner municipalities (Bologna, Madrid and Milan)*, 2019.
- [6] **VEG-GAP consortium**, *Report of the vegetation scenarios in partner Municipalities*, 2020.
- [7] Fonte: <https://www.un.org/en/climatechange/climate-solutions/cities-pollution> (accesso effettuato il 17/05/2021).

BIOREMEDIATION AND SITE REQUALIFICATION

STRATEGIE SOSTENIBILI PER LA BONIFICA DEI SITI INQUINATI: ESEMPI VIRTUOSI E RECENTI EVOLUZIONI DELLA RICERCA APPLICATA NAZIONALE E INTERNAZIONALE

Questa sessione è dedicata alle tecnologie di bonifica, con casi studio che mettono in luce l'effettiva portata e i loro limiti. Negli ultimi anni, la ricerca scientifica ha consentito il significativo miglioramento sia nella comprensione della dinamica della contaminazione che nello sviluppo di appropriate tecnologie di caratterizzazione e di bonifica dei siti inquinati. Notevoli sono gli sviluppi nel campo delle tecnologie di bonifica "sostenibili", termine che nel caso delle bonifiche coincide spesso con "efficaci".
La sessione raccoglie alcuni contributi su tali tematiche.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico di Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Marco Petrangeli Papini, *Università di Roma*
- Donatella Giacometti, *Unione Petrolifera*

Innovazione nel campo della bonifica di acque e fanghi industriali

Andrea Ciprandi andrea.c@debem.it Debem srl Busto Arsizio

Riassunto

L'evoluzione del circuito idraulico delle pompe AODD è un passo avanti nel mondo della bonifica di acque e fanghi provenienti da lavorazioni industriali. Il nuovo circuito previene i fermi macchina causati dall'intasamento delle valvole o dalla rottura delle membrane, evitando così seri problemi di sversamento, in ambiente, di fluidi potenzialmente pericolosi.

Summary

The evolution of the hydraulic circuit of AODD pumps is a step forward in the world of remediation of water and sludge from industrial processes. The new circuit prevents machine downtime caused by clogging of the valves or rupture of the membranes, thus avoiding serious problems of spillage of potentially dangerous fluids into the environment.

Introduzione

Il recupero delle acque e dei fanghi derivanti da lavorazioni industriali è un processo complesso, che deve tener conto sia della natura chimico-fisica dei fluidi, sia dei solidi in essi contenuti. Sono proprio quest'ultimi a creare problemi alle pompe adibite al recupero, l'intasamento delle valvole o la rottura delle membrane portano di conseguenza al fermo impianto o, nei casi peggiori, allo sversamento libero e senza controllo dei fluidi in ambiente.

Relazione

Il settore del trattamento / recupero acque / fanghi derivanti da lavorazioni o processi industriali o semplicemente acque reflue o meteoriche, vede le pompe pneumatiche a membrana come una delle principali tipologie di pompe appunto idonee per tali applicazioni.

2.1 Le pompe pneumatiche a doppia membrana – AODD

Le pompe pneumatiche a doppia membrana, il cui acronimo è AODD (Air Operated Double Diaphragm pumps), sono una tipologia di pompe volumetriche caratterizzate da un moto alternativo degli organi mobili. L'energia meccanica di spinta viene trasferita al liquido aumentandone direttamente la pressione. Gli organi mobili in questione sono le cosiddette "membrane" o chiamate anche "diaframmi", che hanno un movimento alternativo aspirante e premente in modo da generare delle variazioni alternate di volume. Le membrane sono coadiuvate nel loro lavoro dalle valvole a sfera di ritegno, che impediscono al fluido, una volta entrato nella camera della pompa, di ritornare indietro nella condotta di aspirazione. Le sfere delle valvole di aspirazione si alzano e fanno passare il fluido quando la membrana crea il vuoto all'interno della camera, quando la membrana si dilata, spinge via il fluido facendo sollevare le sfere delle valvole di mandata, poi il ciclo si ripete.

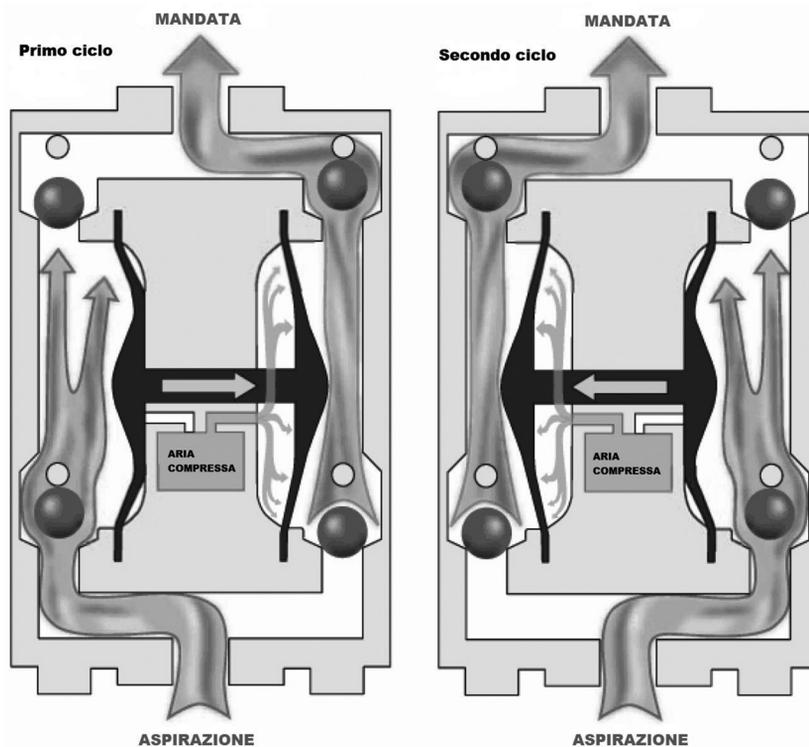


Fig. 1 – Schema funzionamento pompa AODD

2.2 Problematrice nell'utilizzo di pompe pneumatiche a doppia membrana – AODD

Le pompe AODD possono essere costruite in svariati materiali, per essere idonee a movimentare acque o fanghi con presenza residua di fluidi di ogni origine e composizione chimica: acidi, fluidi corrosivi, fluidi abrasivi, sostanze basiche aggressive, olii, ecc... L'ampia gamma di materiali da poter scegliere, per prevenire danni causati da incompatibilità chimica, è sicuramente un plus, che caratterizza questa tipologia di pompe.

I solidi in sospensione invece possono rappresentare un serio problema e minare il corretto funzionamento della pompa stessa.

Le taglie utilizzate sono tendenzialmente da 2" o 3", ma nonostante il largo passaggio che si crea fra la sede e la sfera (sua escursione sull'asse verticale), le valvole di ritegno possono intasarsi e bloccare la pompa. I solidi in sospensione non viaggiano infatti in modo regolare nel fluido, ma tendono a concentrarsi quando trovano un impedimento fisico lungo la loro corsa, quindi il continuo accumulo di particolato solido rende inefficiente il lavoro delle valvole.



Fig. 2 – Sezione di una valvola a sfera in aspirazione

L'intasamento delle valvole a sfera in aspirazione causa inoltre il danneggiamento delle membrane. La pompa infatti, per suo principio di funzionamento, crea il vuoto attraverso il movimento della membrana, quando oltre al fluido non riesce ad aspirare aria le membrane si trovano a lavorare in una condizione di particolare stress arrivando ad implodere, causando una possibile fuoriuscita incontrollata di prodotto nell'ambiente circostante. Per prevenire questa situazione di criticità, molte pompe a membrana vengono dotate non più di valvole a sfera, ma di valvole con chiusura a clapet, con un passaggio solidi molto più ampio e sicuro.



Fig. 3 – Confronto fra una valvola a sfera ed una valvola a clapet

I clapet si aprono e si chiudono permettendo un passaggio completo dei solidi in sospensione ed ovviamente il non ritorno del fluido stesso, avendo una posizione obbligata nel loro movimento.

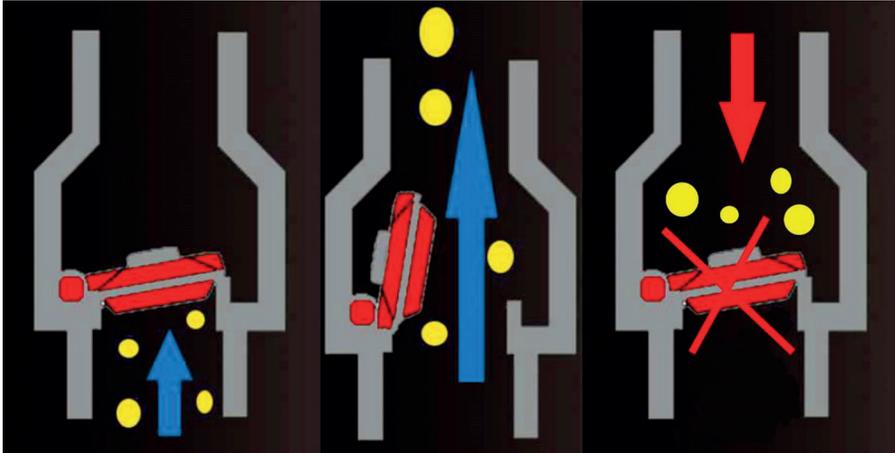


Fig. 4 – Schema di funzionamento di una valvola a clapet

2.3 Problematiche nell'utilizzo di pompe pneumatiche con valvole a clapet

L'utilizzo di valvole a clapet impedisce dunque l'intasamento delle valvole di aspirazione e mandata, ma non riesce a prevenire i danni alle membrane in quanto i solidi, veicolati attraverso il fluido dalla condotta di aspirazione a quella di mandata, vengono a contatto con i diaframmi causandone la rapida usura derivante da abrasione o per semplice contatto con particolari taglienti o contundenti.

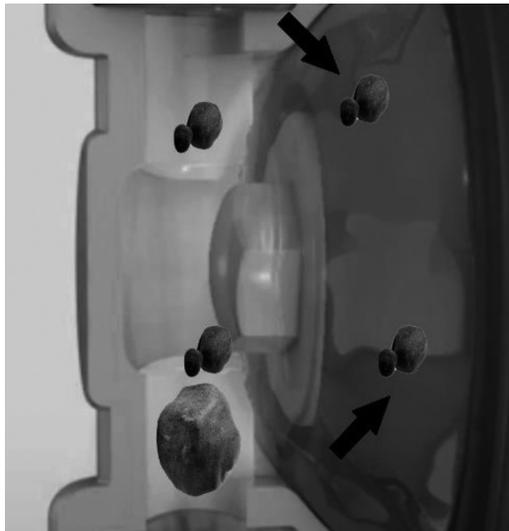


Fig. 5 – Usura di una membrana data dallo sfregamento con i solidi di passaggio

2.4 Il nuovo circuito lato fluido “Orizzontale”

Il concetto di valvola a clapet, utile nella veicolazione di grossi solidi sospesi, deve quindi essere rivisto per ovviare alla problematica di usura prematura dei diaframmi. Il circuito di veicolazione del fluido è stato quindi modificato e si è passati da una concezione classica verticale dello stesso, ad un circuito ORIZZONTALE, dove i solidi, per gravità, non riescono a risalire alla camera pompante e quindi a venire a contatto con le membrane, ma rimangono in galleggiamento nella condotta fino alla loro espulsione dalla pompa.



Fig. 6 – Circuito fluido orizzontale di una pompa con valvole a clapet

Il concetto di “Circuito Orizzontale Fluido” è rivoluzionario in quanto capace di veicolare, oltre a comuni corpi solidi di grande entità quali pietre, ciottoli, pezzetti di plastica, ecc... anche solidi lunghi e filamentosi quali buste di plastica, pezzature di stoffa o di pelle, residui di lavorazione, alghe, foglie, ramoscelli, ecc... fino a lunghezze di circa un metro; operazione non possibile con normali circuiti verticali. Il trattamento ed il recupero delle acque necessita di questa innovazione al fine di avere un processo continuo, senza pericolosi blocchi o impedimenti alla normale movimentazione dei fluidi.

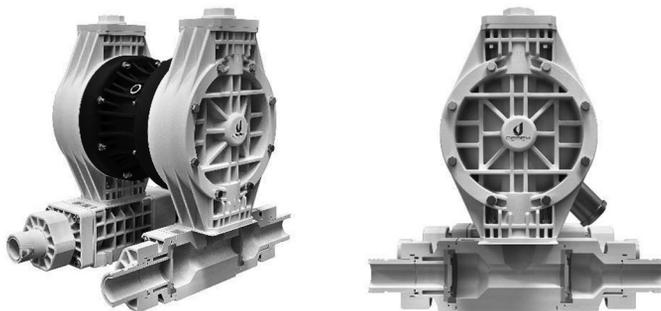


Fig. 7 – Sezione di una pompa con valvole a clapet e circuito fluido orizzontale

3. Conclusioni

Le pompe AODD con valvole a clapet e circuito fluido orizzontale entrano nel settore del trattamento di acque e fanghi proponendosi come un'innovazione ed un potenziamento della fase di recupero. Possono essere utilizzate su vasche di contenimento a cielo aperto, grazie

alla capacità di auto-adesamento, nei serbatoi di accumulo, direttamente in linea in impianti industriali. I comprovati vantaggi di questo nuovo prodotto sono:

- Possibilità di assemblare la pompa tramite configurazioni di materiali compatibili chimicamente con le varie sostanze contenute nei fluidi o in gioco durante i processi chimici di trattamento.
- Auto-adesamento che garantisce libertà nell'installazione della pompa, sia sopra, che sotto battente.

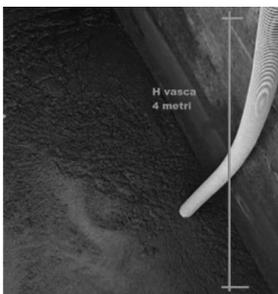


Fig. 8 – Vasca a cielo aperto per la raccolta fanghi chimici alta 4 metri

- Potenza di spinta nel caso di applicazioni su filtro-pressa per la movimentazione di fanghi.
- Valvole a clapet di ampio diametro per un passaggio solidi di grandi dimensioni, costruiti con materiali chimicamente resistenti e robusti anche in caso di fanghi abrasivi.

Sistema anti raggruppamento dei solidi per prevenire il blocco valvola.

- Circuito fluido orizzontale che, oltre a garantire una vita più lunga delle membrane, permette la movimentazione di solidi con lunghezze approssimative al metro, come buste di plastica, alghe, residui di lavorazione quali pezzature di stoffa o pellame, ramoscelli, ecc...



Fig. 9 – Test sulla movimentazione di fluidi con solidi sospesi lunghi e filamentosi

[1] L'acqua è la materia della vita. È matrice, madre e mezzo. Non esiste vita senza acqua.

Bibliografia

- [1] Citazione di Albert Szent-Gyorgyi

Progettazione di un intervento di messa in sicurezza permanente presso la discarica Raffineria Metalli Capra S.p.A. in località Monte Netto, Capriano del Colle (Brescia)

Giulia Di Vincenzo¹, Rodolfo Costa², Francesco Ioppolo³

*¹ giulia.divincenzo@arcadis.com, ² rodolfo.costa@arcadis.com, ³ francesco.ioppolo@arcadis.com
Arcadis Italia S.r.l., Milano (MI)*

Riassunto

Il lavoro descrive la progettazione di un intervento di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) della discarica di Capriano del Colle (Brescia). Al fine di limitare la produzione di percolato e di impedire la migrazione della contaminazione riscontrata in falda verso valle idrogeologica è stato progettato un intervento di MISP della discarica tramite la realizzazione di quattro diaframmi plastici perimetrali da immergere allo strato a bassa permeabilità presente al di sotto dell'acquifero e l'integrazione della copertura superficiale della discarica. A supporto della progettazione dell'intervento di MISP è stato realizzato un modello numerico di flusso e di trasporto dei contaminanti che ha permesso di dimostrare l'efficacia dell'intervento in progetto, di identificare le probabili sorgenti di contaminazione e calcolare le velocità di migrazione, simulando le reazioni chimiche che coinvolgono i contaminanti.

Summary

This work describes the design of a Permanent Safety Implementation (MISP) of the landfill located in Capriano del Colle (Brescia). In order to limit the production of leachate and prevent the migration of the contamination found in the groundwater towards the hydrogeological valley, a MISP intervention of the landfill was designed through the construction of four perimeter plastic diaphragms to be clamped to the low permeability layer present below the aquifer and the integration of the landfill surface cover. To support the design of the MISP intervention, a numerical model of flow and transport of contaminants was created which allowed to demonstrate the effectiveness of the project, to identify the probable sources and to calculate the migration rates, simulating the chemical reactions involving contaminants.

1. Introduzione

Il presente lavoro descrive la progettazione di un intervento di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) della discarica ubicata nel Comune di Capriano del Colle, in località Monte Netto, in provincia di Brescia.

La discarica, inquadrata ai sensi della D.I. del 27/07/84 come discarica di II categoria tipo B, era stata utilizzata per lo smaltimento degli scarti di produzione della fusione secondaria

dell'alluminio provenienti dallo stabilimento Raffineria Metalli Capra di Montirone ed attualmente si configura come una "discarica controllata cessata".

Il monitoraggio delle acque di falda ha evidenziato la presenza di elevate concentrazioni di Ammoniaca, Cloruri e di Cesio 137.

Al fine di limitare la produzione di percolato, di impedire la migrazione della contaminazione verso valle idrogeologica e di garantire un efficace isolamento idraulico dell'area, è stato progettato un intervento di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) della discarica.

Relazione

Inquadramento geografico del sito

L'area oggetto di studio è ubicata nella parte nord-est del territorio comunale di Capriano del Colle (BS), in località Monte Netto, ad una distanza di circa 200 m dal confine con il Comune di Flero.

Il sito è identificato catastalmente al Foglio 3, mappali 80, 81, 94 e 95 del Comune di Capriano del Colle ed ha un'estensione complessiva pari a circa 76.000 m². In **Fig. 1** è riportata un'immagine satellitare tratta da Google Earth con l'ubicazione del sito.



Fig. 1 – Ubicazione della discarica di Capriano del Colle in provincia di Brescia

2.2 Contaminazione riscontrata in sito

Le campagne di monitoraggio delle acque di falda condotte in sito hanno evidenziato come tale matrice risulti impattata da elevate concentrazioni di Ammoniaca e Cloruri, che costituiscono i principali componenti del percolato, formatosi a partire dai rifiuti abbancati. Nel percolato sono state inoltre riscontrate concentrazioni di Cesio 137, eccedenti l'attuale limite di legge (0,1 Bq/g), collegato ad un episodio di radiocontaminazione avvenuto nel 1990 in seguito all'abbancamento di materiale metallico radioattivo commercializzato da una società austriaca.

Come è possibile osservare nelle seguenti figure, Ammoniaca (**Fig. 2**) e cloruri crescono in termini di concentrazione passando dai piezometri ubicati a monte idrogeologica (zona a monte della discarica) a quelli ubicati a valle idrogeologica (zona a valle della discarica), così come la conducibilità elettrica (**Fig. 3**) che ha un andamento simile, presentando valori crescenti da monte a valle della discarica.

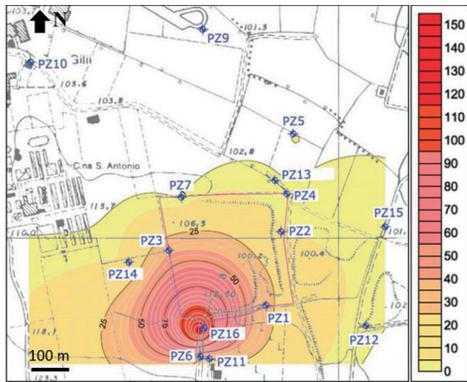


Fig. 2 – Isoconcentrazioni dell’azoto ammoniacale (NH_4^+) (mg/l) – campagna di ottobre 2018

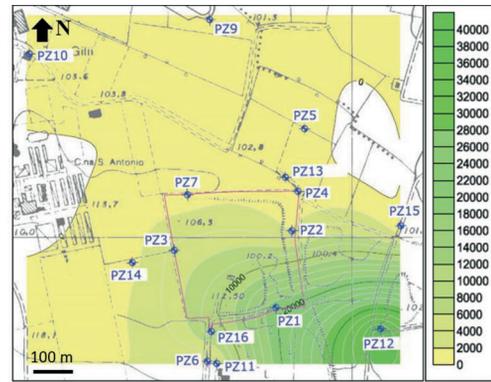


Fig. 3 – Distribuzione della conducibilità elettrica ($\mu\text{S/cm}$) – campagna di ottobre 2018

Inoltre, il pH passa da valori pressoché neutri a monte a valori per lo più basici a valle della discarica. Tali parametri sono correlati alla natura dei materiali stoccati in discarica (scorie saline caratterizzate da 25-30% di cloruri) e alle reazioni chimiche che si sviluppano all’interno del corpo di discarica che determinano l’aumento di pH e la solubilizzazione dell’ammoniaca prodotta in fase gassosa dalle suddette reazioni.

L’ammoniaca (NH_3) allo stato gassoso è fortemente solubile ed in presenza di acqua si dissocia secondo la seguente reazione: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

Tale processo determina la formazione dello ione ammonio e dell’idrossido; quest’ultimo costituisce la causa degli elevati valori di pH riscontrati nel percolato prodotto dalla discarica (pH medio pari a 9,5).

L’azoto ammoniacale, che è uno ione con carica positiva (NH_4^+), sebbene sia solubile in acqua, viene adsorbito e trattenuto sulla superficie delle particelle, in particolare su quella dei fillosilicati (-OH-) che risulta carica negativamente, e della sostanza organica presente (-COO- e -OH-) (Fig. 4), [3].

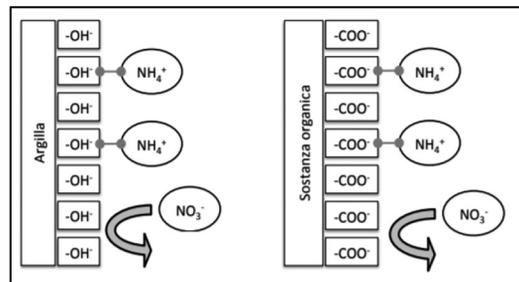


Fig. 4 – Adsorbimento cationico e repulsione ionica tra NH_4^+ e particelle di argilla e sostanza organica nel terreno

2.3 Inquadramento geologico del sito

La peculiarità geologica dell’area di interesse è data dalla presenza del sistema di faglie di Capriano del Colle che forma un cuneo strutturale composto da un sovrascorrimento sud-vergente (CCT) ed un retroscorrimento ad alto angolo associato (CCB) nord-vergente, la cui culminazione è segnata dalla presenza di rilievi isolati come quello del Monte Netto che rappresenta l’espressione topografica del rilievo strutturale sottostante (Fig. 5), [1].

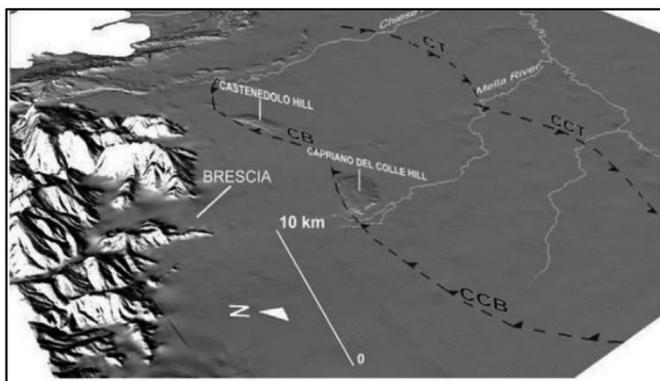


Fig. 5 – Ricostruzione tridimensionale dell'area bresciana in cui viene illustrato il sistema di faglie di Capriano del Colle e Castenedolo, rilievi isolati presenti nella pianura alluvionale circostante, [4]

La successione stratigrafica del Sito è caratterizzata dall'alto verso il basso da [2]:

- una coltre di loess e argille di alterazione (oggetto di escavazione nelle attività di cava condotte nell'area della discarica) con potenza variabile tra circa 3,0 m (nella porzione settentrionale) e circa 10,0 m (nella porzione meridionale del Sito);
- un'unità sabbioso-ghiaiosa sede della circolazione idrica sotterranea con spessore pari a circa 10,0 m;
- un'unità argilloso-limosa corrispondente all'Unità Villafranchiana, presente a profondità variabili tra 14 m e 27 m da p.c. (variabilità dovuta alla struttura geologica del Monte Netto) e caratterizzata da una conducibilità idraulica media pari a $2,15 \cdot 10^{-9}$ m/s;

Dal punto di vista idrogeologico, la presenza del Monte Netto e il conseguente innalzamento dell'unità Villafranchiana, che costituisce l'acquicludo basale dell'acquifero, creano un vero e proprio ostacolo al flusso idrico sotterraneo, il quale tende a biforcarsi e ad aggirare tale monte.

2.4 Strategia d'intervento

Al fine di isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti e garantire un elevato grado di sicurezza per le persone e per l'ambiente, l'unica soluzione praticabile in termini di sostenibilità tecnico-economica è un intervento di messa in sicurezza permanente (MISP) che comprende l'isolamento definitivo delle fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti tramite la realizzazione di quattro diaframmi plastici perimetrali da immergere allo strato a bassa permeabilità (Unità Villafranchiana) presente al di sotto dell'acquifero e l'integrazione della copertura superficiale della discarica, consentendo la riduzione significativa della produzione di percolato a partire dall'infiltrazione delle acque superficiali.

Il percolato prodotto dalla discarica (sia quello già stoccato in sito, sia quello che sarà prodotto durante le attività di MISP e quello residuo ad opere ultimate), che risulta attualmente considerato radioattivo, verrà cementato in sito e ricollocato sulla superficie della discarica, in opportune aree dedicate.

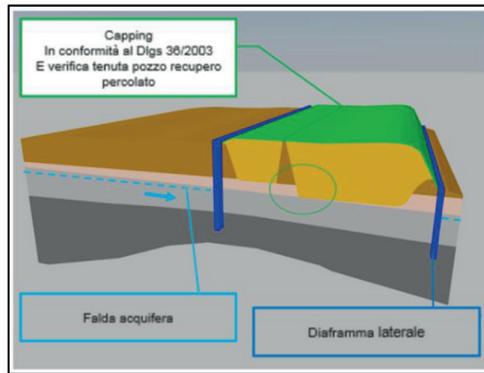


Fig. 6 – Sintesi schematica in sezione della strategia di intervento adottata

2.5 Modello idrogeologico di flusso e trasporto dei contaminanti

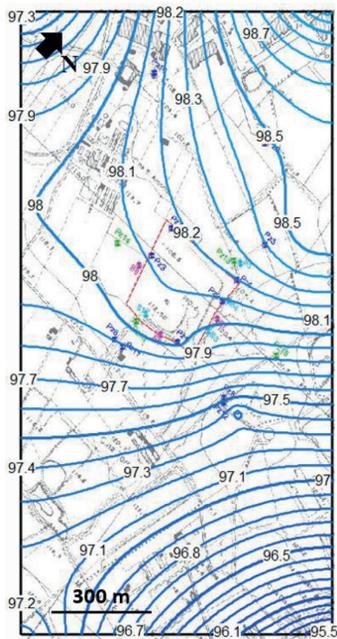


Fig. 7 – Ricostruzione delle linee isopiezometriche presso l'area modellata ed evidenza della deviazione locale del flusso idrico sotterraneo causata dalla struttura geologica del Monte Netto

risorge verso SE (**Fig. 7**) Rispetto ad un modello semplificato, tipicamente utilizzato in aree di alta pianura padana, il presente lavoro ha dimostrato che la complessità idrogeologica considerata nel modello risulta necessaria al fine di ottenere un riscontro corretto

A supporto della progettazione è stato realizzato un modello numerico di flusso e trasporto dei contaminanti con lo scopo di rappresentare nel dettaglio l'acquifero oggetto di studio e la contaminazione in esso presente. Il modello idrogeologico di flusso, sviluppato attraverso il codice di calcolo MODFLOW, ha indicato che la direzione di flusso delle acque sotterranee è fortemente influenzata dalla struttura dell'anticlinale del Monte Netto, che costituisce un vero e proprio ostacolo per la falda. La ricostruzione numerica è in linea con l'andamento atteso riportato in letteratura: nella zona di monte idrogeologico, il flusso è diretto verso SSW, mentre nei pressi della discarica viene deviato verso S, ed infine, procedendo ancora più a valle, si dirige verso SE (**Fig. 7**)

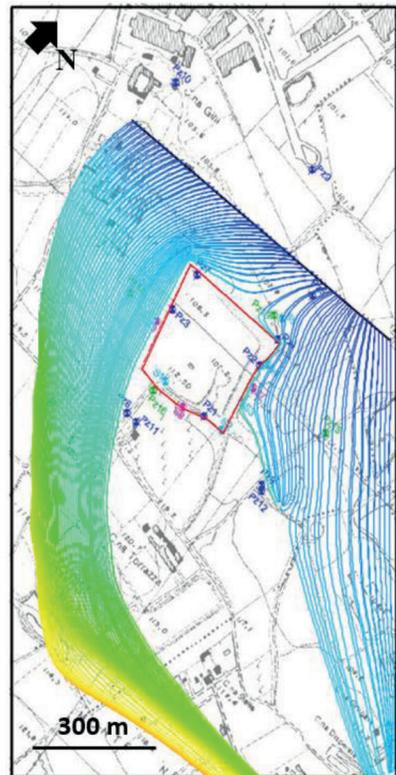


Fig. 8 – Simulazione di trasporto avvevivo di particelle che mostra l'azione provocata dall'installazione dei diaframmi

del modello sia in termini di confronto tra valori simulati e valori osservati, sia in termini di comportamento atteso del sistema in base all'esperienza pregressa sul sito.

La simulazione numerica, sviluppata attraverso il codice di calcolo MODPATH e tramite l'utilizzo del pacchetto MODFLOW HFB (Horizontal Flow Barrier package), ha permesso di simulare il comportamento atteso delle barriere fisiche (diaframmi plastici), impostando le reali caratteristiche progettuali di spessore e conducibilità idraulica. Il modello ha permesso pertanto di verificare che i diaframmi determinano la deviazione del flusso e l'isolamento idraulico della discarica, raggiungendo l'obiettivo progettuale previsto per la MISP del sito.

Il modello di trasporto conservativo e reattivo ha permesso di simulare il trasporto dei principali contaminanti riscontrati (cloruri e ammoniaca), differenziando l'approccio a seconda delle caratteristiche chimiche di ciascuno di essi, ed ipotizzando l'ubicazione, la concentrazione iniziale e le modalità di rilascio dalle sorgenti di contaminazione.

Dalla modellazione, svolta attraverso il codice di calcolo MT3DMS, si evince che la sorgente dei cloruri risulterebbe ubicata in prossimità del piezometro 1, mentre la sorgente dell'ammoniaca si troverebbe nei dintorni del piezometro 16. L'ammoniaca una volta rilasciata, si trasforma in ione ammonio che viene adsorbito sulla superficie delle particelle di argilla presenti nell'acquifero. Tale processo ne ritarda la migrazione, infatti la velocità di spostamento delle due sostanze risulta differente. A parità di tempo, il plume di ammoniaca, essendo caratterizzato da un coefficiente di ritardo pari a $R=2$, percorre metà della distanza percorsa dal plume di cloruri. Pertanto, se la velocità di migrazione dei cloruri è pari a v_{nr} (velocità della sostanza non reattiva) = 280 m/y = 0.77 m/d, quella dell'ammoniaca è uguale a v_r (velocità della sostanza reattiva) = 140 m/y = 0.39 m/d.

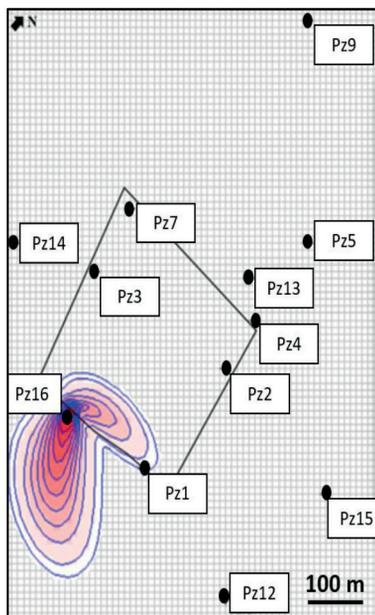


Fig. 9 – Riproduzione della situazione riscontrata nella campagna di monitoraggio di ottobre 2018: dopo circa un anno, a partire da una sorgente posta in Pz 1 con concentrazione pari a 101.000 mg/l, si sviluppa un plume con una concentrazione in corrispondenza del Pz 12 pari a 10.400 mg/l.

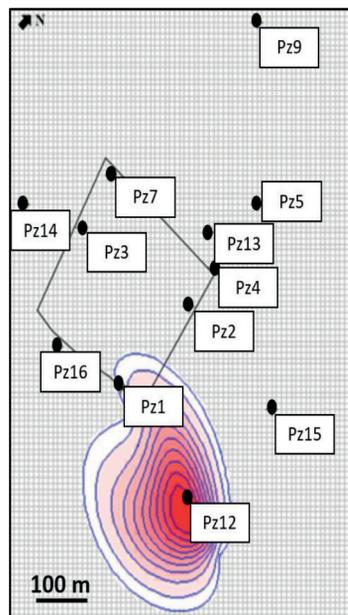


Fig. 10 – Riproduzione della situazione riscontrata nella campagna di monitoraggio di ottobre 2018: il plume di azoto ammoniacale dopo circa un anno dal rilascio a partire da una sorgente continua e costante posta in Pz 16 con concentrazione pari a 131 mg/l

3. Conclusioni

Il presente lavoro ha descritto l'intervento di MISP progettato per la discarica ubicata nel Comune di Capriano del Colle in provincia di Brescia. La scelta della metodologia da applicare per la MISP dell'area, si è basata su criteri di fattibilità tecnico-economica, su criteri di gestione del rischio ambientale e su criteri di sostenibilità, in termini di utilizzo delle risorse già presenti sull'area, minimizzando gli impatti legati al trasporto e all'utilizzo in sito di materiali provenienti dall'esterno.

Considerate le caratteristiche chimiche del materiale abbancato, unite alla residua possibilità di infiltrazione di acque meteoriche all'interno della discarica che portano alla solubilizzazione del Cesio 137 nel percolato e alla dissoluzione di Ammoniaca sia nel percolato, sia nelle acque di falda e dopo aver analizzato la successione stratigrafica del Sito, l'alternativa migliore è risultata quella che comprende l'isolamento definitivo delle fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti, tramite la realizzazione di quattro diaframmi plastici perimetrali e l'integrazione della copertura superficiale della discarica, consentendo la riduzione significativa della produzione di percolato a partire dall'infiltrazione delle acque superficiali. Il percolato prodotto dalla discarica, che risulta attualmente considerato radioattivo, verrà cementato in sito e ricollocato sulla superficie della discarica, in opportune aree dedicate.

A supporto della progettazione dell'intervento di MISP è stato realizzato un modello numerico di flusso e di trasporto dei contaminanti con lo scopo di rappresentare nel dettaglio l'acquifero oggetto di studio e la contaminazione in esso presente. Il modello, sviluppato tramite l'utilizzo di codici di calcolo consolidati quali MODFLOW, MODPATH ed MT3D-MS, riproduce fedelmente la geometria tridimensionale dell'acquifero e la topografia del sito; permette di simulare i diaframmi plastici previsti dal progetto di MISP, considerandone le reali caratteristiche progettuali di spessore e conducibilità idraulica, verificando l'efficienza dell'opera in progetto e l'impatto provocato dai diaframmi sul sistema acquifero; sviluppa le reazioni chimiche che coinvolgono le sostanze inquinanti disciolte in falda e permette di considerare il grado di adsorbimento di ciascuna specie alla matrice solida; infine, consente l'identificazione delle possibili sorgenti e il calcolo delle concentrazioni in esse rilasciate attraverso un approccio differenziato a seconda delle caratteristiche chimiche dei contaminanti.

Bibliografia

- [1] Livio F., Sileo G., Berlusconi A., Michetti A. M., Mueller K., Carcano C., Rogledi S., Quaternary evolution of "blind" fault-related folds in the Central Po Plain (Northern Italy), *Rend. Online SGI*, Vol.5 (2009), 115-120, 7.
- [2] Livio F. A., Berlusconi A., Zerboni A., Trombino L., Sileo G., Michetti A. M., Rodnight H., Spötl C., (2014), Progressive offset and surface deformation along a seismogenic blind thrust in the Po Plain foredeep (Southern Alps, Northern Italy), *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119, 7701-7721, doi: 10.1002/2014Jb011112.
- [3] Masoni A., Ercoli L., (2010), Azoto nel terreno, Riduzione dell'inquinamento delle acque dai nitrati provenienti nell'agricoltura, Felici editore, 211-241.
- [4] Michetti A. M., Giardina F., Livio F., Mueller K., Serva L., Sileo G., Vittori E., Devoti R., Riguzzi F., Carcano C., Rogledi S., Bonadeo L., Brunamonte F., Fioraso G., (2012), Active compressional tectonics, Quaternary capable faults and the seismic landscape of the Po Plain (Northern Italy), *Annals of Geophysics*, 55(5), 969-989.

Trattamento in situ rapido e versatile per siti contaminati da idrocarburi petroliferi – Casi italiani e dal mondo

*Mariangela Donati mdonati@regenesi.com, Marcello Carboni, Paola Gorla
REGENESIS, Torino*

Riassunto

L'inquinamento da idrocarburi rappresenta una problematica estremamente rilevante, per numero di siti, estensione delle aree contaminate e difficoltà degli interventi di bonifica; l'interesse verso tecnologie innovative di trattamento è pertanto elevato, particolarmente quando combinano raggiungimento rapido dei risultati con interferenza minima con le attività del sito. Nella presentazione verranno descritti la metodologia e i risultati di molteplici trattamenti in Italia e in Europa utilizzando PetroFix™, innovativo carbone attivo fluido per la bonifica in situ di idrocarburi, in aree sorgente e in plume di contaminazione.

Summary

Hydrocarbon pollution represents a significant problem, due to the number of sites, the extent of contaminated areas and the difficulty of the activities of remediation; the interest in innovative treatment technologies is therefore high, particularly when they combine rapid achievement of results with minimal interference with site activities. The presentation will describe the methodology and results of multiple treatments in Italy and in Europe using PetroFix™, an innovative colloidal activated carbon for the in-situ remediation of hydrocarbons, in source areas and in plume of contamination.

Keywords: idrocarburi, in situ, bioremediation, carbone attivo colloidale

1. Introduzione

I molteplici casi di studio presentati sono relativi all'utilizzo di PetroFix™, carbone attivo iniettabile per il trattamento di elevati livelli di contaminazione da idrocarburi. Questo reagente è composto da una sospensione ad alta concentrazione di carbone attivo colloidale e da una miscela biostimolante costituita da sali di nitrato e solfato. Tale formulazione consente di rimuovere rapidamente gli idrocarburi dalla fase disciolta, adsorbendoli sulle particelle di carbone attivo, mentre gli accettori di elettroni stimolano la biodegradazione in situ degli idrocarburi. La dimensione delle particelle di carbone attivo <2µm è ottimizzata per consentire una miscelazione semplice e una distribuzione omogenea ed ampia nel sottosuolo.

PetroFix è utilizzato per il trattamento di diverse tipologie di siti (tra le casistiche più comuni si trovano impianti di stoccaggio, punti vendita carburante, raffinerie, stabilimenti chimici e manifatturieri, spill di idrocarburi e anche aree ferroviarie) e grazie alla propria versatilità si presta a un'ampia gamma di applicazioni, tra cui: gestione di fuoriuscite di idrocarburi o plume esistenti da perdite storiche, protezione di recettori sensibili, riduzione del rischio da vapori contaminati, rimozione della responsabilità da rischio off-site, suppor-

to a interventi di pronto intervento ambientale, protezione preventiva da futuri eventi di inquinamento.

Saranno illustrate diverse configurazioni di intervento, evidenziando come il reagente può funzionare rapidamente in diversi scenari e contesti geologici. Mediante iniezione a basse pressioni, si ottiene una distribuzione omogenea e una rapida rimozione dei contaminanti. Le differenti configurazioni di intervento possono essere selezionate in funzione della logistica del sito e degli obiettivi del trattamento; quelle di più frequente applicazione sono griglie a maglia regolare o irregolare, barriere di iniezione e applicazioni in scavo.

2. Tecnologia PetroFix™ e scenari di utilizzo

Il prodotto, denominato commercialmente PetroFix™, è composto da carbone attivo colloidale che combina carbone alla microscala con sali di nitrato (NO_3^-) e solfato (SO_4^{2-}) che fungono da elettro-accettori.



Fig. 1. – PetroFix, carbone attivo colloidale iniettabile.

PetroFix può essere utilizzato in terreni insaturi, in zona di frangia capillare ed in falda. In caso di applicazione all'interno della zona vadosa, consente la riduzione del rischio associato sia alla volatilizzazione dei contaminanti, sia alla percolazione verso la falda. Può essere applicato sia all'interno di scavi che mediante iniezioni dirette, sia in formazioni geologiche naturali che all'interno di materiale di riempimento. Una configurazione particolare di utilizzo inoltre può essere quella di applicazione in situ mediante iniezione diretta attorno a serbatoi interrati o linee/tubazioni che al momento attuale non hanno provocato contaminazioni, ma che potenzialmente possono causarne in futuro. In tale scenario di utilizzo, che non necessita attività di scavo, il carbone attivo rimarrà nel sottosuolo sul lungo termine senza subire alterazioni, consentendo un contenimento dei contaminanti in caso di futuri eventi di spill.



Fig. 2 – Iniezione mediante tecnica *direct push*. Rivestimento a bassa pressione delle zone di flusso permeabili. Si noti l'utilizzo di punta di iniezione retrattile anziché la punta attivata a pressione maggiormente comune per le attività di iniezione. Tale punta retrattile consente una maggiore omogeneità di distribuzione del prodotto nel sottosuolo.

3. Casi di studio

PetroFix è stato iniettato a bassa pressione in diversi siti, tra cui si menzionano stazioni di servizio, depositi carburante e aree ferroviarie, con concentrazioni iniziali di TPH e BTEX in fase disciolta anche di decine di migliaia di ug/L.

Nel corso della presentazione vengono esaminati una serie di interventi europei (tra cui le prime applicazioni eseguite in Italia) e del Nord America illustrando i dati ottenuti. Sono presentate differenti configurazioni di intervento, tra cui griglie a maglia regolare, barriere di iniezione e applicazioni in scavo.

I siti sono stati sottoposti a monitoraggio, mostrando in generale abbattimenti dei contaminanti di 1 ordine di grandezza e oltre a pochi mesi dall'iniezione, una robusta replicazione dei microrganismi coinvolti con i processi biodegradativi ed altre linee di evidenza dei processi di bioremediation.

La rimozione di idrocarburi dalle acque di falda mediante adsorbimento non mostra avere alcun effetto inibitorio sulla biodegradazione, e le condizioni nell'area di trattamento appaiono essere favorevoli alla biodegradazione sul lungo termine. I risultati indicano che PetroFix è un potente reagente in grado di trattare quantità rilevanti o moderate di idrocarburi. L'applicazione a bassa pressione del carbone attivo con gli elettroaccettori garantisce una buona copertura delle zone ad alto flusso in cui si trasportano i contaminanti e promuove la biodegradazione da parte della comunità microbica autoctona.

3.1 Caso di studio 1

Uno degli interventi che saranno presentati è stato realizzato presso una stazione di servizio attiva ubicata in Svezia che presenta le caratteristiche seguenti:

- La sorgente non è stata chiaramente identificata,
- La geologia è composta prevalentemente da limi e argille,
- Necessità di avere un disturbo minimo del sito,
- Nessuna possibilità di rimuovere le strutture interrato,
- Contaminazione localizzata sotto i serbatoi interrati con concentrazioni massime: 31.000 ug/l di BTEX e 8.000 ug/l di TPH.

3.1.1 Strategia di bonifica

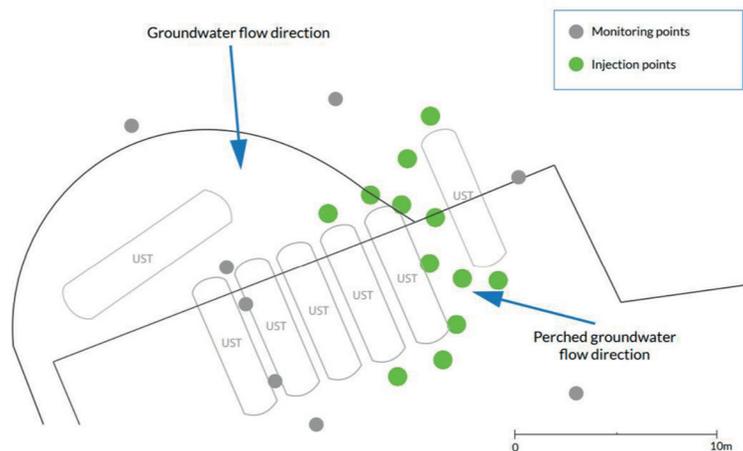


Fig. 3 – Configurazione dell'intervento e localizzazione dei punti di iniezione.

Per fare fronte alle differenti complessità del sito è stata utilizzata una strategia di trattamento integrata, intervenendo per fasi successive:

- Scavo mirato (di limitate dimensioni, vista la presenza di strutture interrato),
- Applicazione di tecnologia ISCO (RegenOx[®]) a fondo scavo,
- Realizzazione di pozzi di iniezione,
- Due campagne di iniezione di tecnologia ISCO (RegenOx[®]),
- Una campagna di iniezione di tecnologia ISCO (RegenOx[®]) combinata a biodegradazione aerobica potenziata (ORC Advanced[®]),
- Una campagna di iniezione con adsorbimento + biodegradazione anaerobica (PetroFix).

Le diverse campagne di iniezione sono state realizzate applicando i reagenti all'interno di 12 pozzi fissi di iniezione distribuiti secondo una griglia di circa 3x3 m su un'area complessiva di circa 50 m².



Fig. 4 – Foto dell'intervento di bonifica. A sinistra: Area di scavo e serbatoio interrato. A destra: Attività di miscelazione del prodotto PetroFix.

3.1.2 Risultati

Sono stati analizzati i dati relativi a 12 mesi di monitoraggio (dati disponibili ad oggi): i primi sei mesi di monitoraggio sono stati effettuati durante le attività di bonifica mentre altri sei mesi successivamente, per convalidare i risultati dell'intervento. Il monitoraggio effettuato nei primi sei mesi ha permesso di adattare leggermente e progressivamente la strategia di bonifica in funzione dei cambiamenti delle condizioni delle acque di falda in seguito alle prime campagne di iniezione.

Dopo 12 mesi di monitoraggio, considerando i dati relativi all'intero sito si è osservata una rimozione pari al 98%, mentre all'interno della zona sorgente si è osservata una riduzione del 99,9% per entrambi i gruppi di contaminanti.

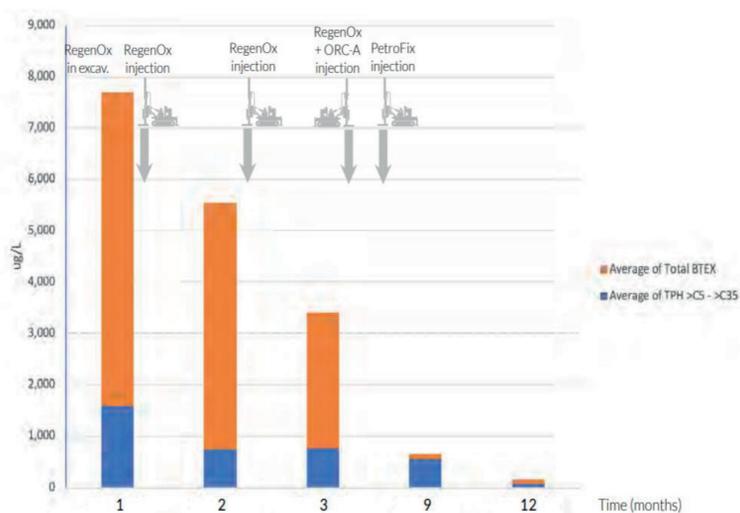


Fig. 5 – Concentrazioni medie su tutto il sito. In blu sono riportati gli idrocarburi totali (range C5 - C35); in arancione è riportata la sommatoria dei BTEX.

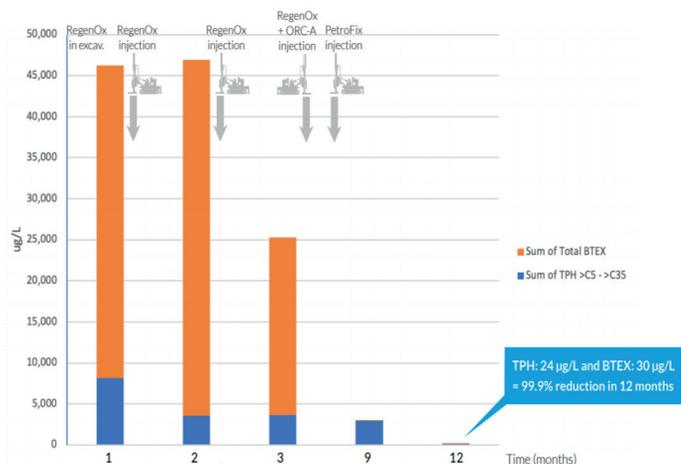


Fig. 6 – Concentrazioni nella zona sorgente. In blu sono riportati gli idrocarburi totali (range C5 - C35); in arancione è riportata la sommatoria dei BTEX.

4. Conclusioni

PetroFix™, un innovativo prodotto costituito da carbone attivo e sali di nitrato e solfato, consente di ottenere un rapido abbattimento delle concentrazioni nelle acque di falda e al tempo stesso potenzia la biodegradazione permettendo di gestire anche elevati livelli di contaminazione. Le casistiche presentate offrono una panoramica eterogenea di modalità e condizioni di intervento. I diversi siti, successivamente al trattamento in situ, sono stati sottoposti a monitoraggio, mostrando in generale abbattimenti dei contaminanti di 1 ordine di grandezza e oltre a pochi mesi dall'iniezione, diverse linee di evidenza del potenziamento dei processi di bioremediation. Da una loro analisi si può constatare come tale tecnologia in situ costituisca una strategia di intervento efficace e sostenibile per il trattamento di tali contaminanti in diversi scenari.

La prassi UNI Pdr 97:2020 su tecniche di scavo e bonifiche con i sistemi ad aspirazione pneumatica

Alessandro Gerotto, ale@gerotto.it Gerotto Federico Srl, Edoardo Marangoni, Gianmario Giurlani (IATT)

Riassunto

La prassi di riferimento UNI/PdR 97:2020 fornisce una descrizione delle pratiche di aspirazione pneumatica per le applicazioni in campo industriale e civile come la manutenzione dei sottoservizi interrati (luce, acqua, gas, telefonia, ecc.), la manutenzione di fognature e depuratori, il settore edile (risanamenti, restauri, infrastrutture, ecc.), gli interventi di bonifica e manutenzione su impianti industriali e petrolchimici in esercizio, impianti biogas e trattamento acque. Le tecniche di aspirazione pneumatica rientrano nell'alveo delle tecnologie trenchless e contribuiscono a ridurre i disagi socio-ambientali rispetto agli scavi tradizionali, favoriscono una maggiore sostenibilità del cantiere, assicurano una maggiore sicurezza degli operatori e ottimizzano l'efficienza operativa.

Summary

The reference practice UNI/PdR 97:2020 provides a description of dry-suction practices for applications in the industrial and civil fields, such as the maintenance of underground utilities (electricity, water, gas, telephony, etc.), the maintenance of sewers and purifiers, the construction sector (renovations, restorations, infrastructures, etc.), reclamation and maintenance of industrial and petrochemical plants in operation, biogas plants and water treatment. Dry-suction techniques are part of trenchless technologies and help reduce social and environmental impact compared to traditional excavation, promote greater site sustainability, ensure greater operator safety and optimise operational efficiency.

1. Introduzione

Le tecnologie trenchless o no-dig rappresentano delle soluzioni alternative alle tecniche di scavo tradizionali perché diminuiscono sensibilmente l'impatto del cantiere nel contesto circostante. Nell'ottica di utilizzare, sia per gli appalti pubblici che per gli interventi privati, soluzioni che siano sempre più sostenibili a livello di costi ambientali, smaltimento dei materiali e ottimizzazione della gestione del cantiere, le tecnologie trenchless risultano essere uno strumento di lavoro fondamentale per preservare l'ambiente naturale e le strutture presenti (edifici, strade, ponti, sottoservizi ecc.). Fra queste soluzioni si annovera la "tecnologia ad aspirazione pneumatica" che sfrutta l'aria come vettore per scavare, rimuovere e aspirare qualsiasi tipo di materiale solido, fluido o melmoso sia in ambito industriale che civile attraverso turbine ad alta potenza o con pompe del vuoto volumetriche. Questa tecnologia è valida per operare nelle costruzioni per le fasi di scavo, demolizione e smaltimento macerie; inoltre può essere utilizzata per i lavori di manutenzione di sottoservizi, reti (energia, gas, fognature, fibra ottica, ecc.); infine, trova applicazione per le operazioni di pulizia, manutenzione e boni-

fica di impianti industriali di diversi settori. La Prassi UNI Pdr 97:2020 è il primo riferimento normativo in Italia che introduce delle linee guida chiare, sia per gli operatori del settore sia per i decisori pubblici e privati, con l'obiettivo di fornire un quadro di riferimento che definisca la tecnologia di "aspirazione pneumatica" più adeguata secondo le prestazioni raggiungibili, le caratteristiche ambientali, la geologia del sito, le condizioni tecniche e logistiche al contorno, con particolare riguardo alle implicazioni specifiche alla sicurezza, che la tecnologia ad "aspirazione" deve garantire.

2. Relazione

I mezzi con tecnologia ad aspirazione pneumatica sono dei sistemi di aspirazione statica montati su ruote, autoalimentati che possono essere veicolati direttamente sul cantiere e che possono utilizzare o la tecnologia a turbine ad alta potenza o la tecnologia con pompe del vuoto volumetriche¹.

L'aspirazione pneumatica utilizza due tecnologie per aspirare il materiale: mediante tecnologia a turbine, attraverso attrezzature chiamate "escavatori a risucchio" o mediante pompe del vuoto volumetriche (depressori) attraverso attrezzature comunemente denominate "aspiratori industriali".

Escavatori a risucchio

L'escavatore a risucchio è un allestimento operato a partire da un comune mezzo pesante a 2, 3 o 4 assi, che viene dotato nella parte posteriore di un cassone ribaltabile di capienza variabile da 5 a 8 metri cubi, munito di coperchio apribile nella parte superiore. All'interno del cassone vengono convogliati i materiali aspirati attraverso un tubo diametro 250mm grazie alla forza aspirante di una, due o tre turbine, il tutto passante attraverso un sistema di filtraggio attivo per restituire all'esterno aria pulita e priva di polveri (<10 mg/m³). La potenza dell'aspirazione è di 46.000 metri cubi/ora di aria veicolabili a massima potenza e il flusso d'aria aspirante può raggiungere velocità superiori a 100 m/s nel tubo di aspirazione. L'escavatore a risucchio può aspirare fino a 100 metri di distanza e raggiungere una profondità di 30 metri.

Aspiratori industriali

L'aspiratore industriale è frutto di un allestimento operato a partire da un comune mezzo pesante a 2, 3, 4 o 5 assi, dotato nella parte posteriore di una cisterna cilindrica con fondi bombati resistente al vuoto e alla pressione, ribaltabile di capienza a partire da 5 metri cubi fino ad oltre 20 metri cubi, munito di coperchio con chiusure a pressione apribile nella parte posteriore. Grazie a questo sistema tecnologico basato su pompe a lobi con portate variabili dai 4.500 m³/h a 18.000 m³/h si può raggiungere il 95% (95000 Pa) di vuoto. La macchina è costruita per aspirare materiali umidi e bagnati oppure polveri o materiali secchi e polverosi, a grandi distanze e grandi profondità. Lo speciale vano filtri, di grandi dimensioni e separato fisicamente dalla cisterna, garantisce la perfetta efficienza di aspirazione e una lunga durata delle calze filtranti. Grazie alla possibilità di creare pressione in cisterna, i materiali solidi o liquidi oltre ad essere scaricati per caduta, possono essere pompati sino a 60 metri da terra, in tetti, silos o altri contenitori, per essere riutilizzati puri senza essere inquinati o evitare l'inquinamento ambientale da polveri (anche sottili in caso di ceneri) o contatto con persone o cose.

2.1 Ambiti di applicazione

Con il termine "aspirazione" si intende quella particolare attività di manutenzione (scavo) che

¹ Direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 17 maggio 2006, relativa alle macchine e che modifica la Direttiva 95/16/CE.

prevede una rimozione di materiali particolarmente gravosa se effettuata con mezzi tradizionali, per la creazione di cavità, fori, per lo svuotamento di sondaggi ed il raggiungimento di sedimentazioni in luoghi difficilmente accessibili, nonché per tutte quelle aspirazioni industriali che si rendono necessarie per la manutenzione dei grandi impianti produttivi in fase di fermata programmata o durante interventi di emergenza in esercizio.

Are di intervento	Ambiti di utilizzo aspirazione sostanze solide	Ambiti di utilizzo aspirazione sostanze liquide	Ambiti di utilizzo pompaggio sostanze solide	Ambiti di utilizzo pompaggio sostanze liquide
Ingegneria civile	Dissotterramento di tubature e collegamenti domestici, condotte di acque potabili e reflue, separatori, collettori	Pulizia di diversi sistemi di canalizzazione interrati (acque reflue), solo con attrezzature aggiuntive per il trasporto di tubi flessibili	Estrazione materiale inerte per interrimento di tubature e collegamenti domestici, condotte di acque potabili e reflue, separatori, collettori	
	Costruzione di sistemi di condutture senza scavi, realizzazione di fosse di spinta e fosse d'arrivo, aspirazione bentonite, metodo keyhole	Dissotterramento tramite aspirazione di tubazioni di alimentazione nell'area di falde acquifere e/o in caso di tubazioni dell'acqua difettose	Interrimento di sistemi di condutture senza scavi, interrimento fosse di spinta e fosse d'arrivo	
	Aspirazione e trasporto di ciottolo per la protezione e isolamento di tetti piani dalle intemperie		Estrazione di ciottolo fino a 60 metri di altezza per rifacimento o isolamento di copertura o isolamento di tetto piano	
	Escavazione di trincee e rifacimento di fondazioni		Estrazione materiale per interrimento di fondazioni difficilmente raggiungibili	
	Escavazione su cantieri stradali, autostradali e ferroviari			

Segue

Aree di intervento	Ambiti di utilizzo aspirazione sostanze solide	Ambiti di utilizzo aspirazione sostanze liquide	Ambiti di utilizzo pompaggio sostanze solide	Ambiti di utilizzo pompaggio sostanze liquide
Industria	Pulizia industriale di strade (con un ulteriore dispositivo per il lavaggio e lo spazzamento)			
	Pulizia di impianti di filtraggio e camere di combustione fredde		Estrazione materiale per riempimento sistemi di filtraggio	
	Svuotamento e dissotterramento di caldaie, bunker, silo, senza sostanze e miscele di sostanze tossiche o esplosive	Svuotamento e dissotterramento residui liquidi di caldaie, bunker, silo, senza sostanze e miscele di sostanze tossiche o esplosive		
	Dissotterramento di forme di terra			
	Pulizia sotto e tra le linee delle tubazioni			
	Aspirazione e trasporto materiale non contaminato settori siderurgico, gomma, plastica, minerario, ceramico		Estrazione e insaccaggio materiale non contaminato settori, siderurgico, gomma, plastica, minerario, ceramico	
	Industria portuale	Aspirazione/pulizia finale di carichi di nave prelevati da bunker	Svuotamento e dissotterramento di caldaie, bunker, silo senza sostanze e miscele di sostanze tossiche o esplosive	

Segue

Are di intervento	Ambiti di utilizzo aspirazione sostanze solide	Ambiti di utilizzo aspirazione sostanze liquide	Ambiti di utilizzo pompaggio sostanze solide	Ambiti di utilizzo pompaggio sostanze liquide
Giardinaggio e paesaggistica	Risanamento radici di alberi (dissotterramento delle radici per innesti non aggressivi)	Aspirazione di fango e residui vegetali da fossati, biotopi e stagni (con o senza attrezzature ausiliarie per l'aspirazione di acqua)		
			Estrazione in distanza o in altezza terreno per giardini pensili o tetti verdi	
	Sostituzione di terrassenza danneggiare radici		Estrazione di terra senza danneggiare radici	
Città e comuni	Aspirazione di sabbia sporca da parchi giochi strutture per il tempo libero	Lavori di aspirazione in caso di rottura di tubi dell'acqua	Estrazione di sabbia pulita da parchi giochi strutture per il tempo libero	
	Aspirazione di tombini e pozzetti di raccolta	Aspirazione di letti filtranti in piscine e impianti di trattamento delle acque		Estrazione di acqua per il riempimento e la creazione di sifoni in pozzetti di raccolta
	Escavazione non distruttiva presso siti archeologici			
	Tecniche di aspirazione a supporto dell'individuazione di sottoservizi e aspirazione materiali di risulta da scavi	Aspirazione di drenaggio liquidi nel caso durante la mappatura emergono tratti ammalorati		

Segue

Are di intervento	Ambiti di utilizzo aspirazione sostanze solide	Ambiti di utilizzo aspirazione sostanze liquide	Ambiti di utilizzo pompaggio sostanze solide	Ambiti di utilizzo pompaggio sostanze liquide
Ristrutturazione edilizie	Dissotterramento di fondamenta prima dell'isolamento		Estrazione materiale per interrimento fondamenta dopo il loro isolamento	
	Aspirazione di qualsiasi tipo di macerie (eccetto amianto)			
	Aspirazione di materiale di riporto da pavimenti esofitti		Estrazione in lunghezza o altezza materiale isolante o inerte per rifacimento pavimenti e solai	
	Aspirazione tetti piani		Estrazione materiale sui tetti piani	
	Dissotterramento discantinati e pozzi ingombrati	Lavaggio in alta pressione e contemporanea aspirazione dei materiali rimossi		
Catastrofi/ avarie	Aspirazione di pietrisco, fango, polvere e sabbia nelle macerie		Estrazione materiale liquido solido o fangoso in posti non accessibili	
	Aspirazione di calcinacci aspirabili di edifici in seguito a crollo terremoto			
Ambiente	Bonifiche ambientali, rimozione selettiva materiale contaminato ed eventuale conferimento a sito autorizzato*			

* In caso di bonifiche da amianto, la catena di filtri in aspirazione viene dotata di filtri assoluti per trattenere le più piccole particelle.

2.2 Fasi di lavorazione

2.2.1 Le indagini preliminari

L'utilizzo delle tecnologie ad aspirazione pneumatica prevede diverse fasi di lavorazione. La prima è costituita dalle indagini preliminari che servono a definire in prima analisi le caratteristiche del cantiere all'interno del quale deve essere applicata la tecnologia di "aspirazione pneumatica" e la presenza nel sottosuolo oggetto dell'intervento di sottoservizi, strutture interrate, serbatoi o altre facilities, in modo da consentire l'impiego della tecnologia, valutare le possibili interferenze e predisporre un progetto preliminare dell'opera valido dal punto di vista tecnico-economico. L'indagine o le indagini devono essere dimensionate e scelte sulla base delle conoscenze bibliografiche della zona tramite la raccolta di tutte le documentazioni ed informazioni geologiche, geotecniche, idrogeologiche e geomorfologiche disponibili per le aree interessate dai possibili tracciati delle opere. In mancanza di riferimenti bibliografici, si devono eseguire appositi rilievi geologici, geomorfologici e idrogeologici di dettaglio².

2.2.2 La preparazione del mezzo e gli accessori

L'utilizzo dei mezzi con tecnologia ad aspirazione pneumatica prevede una serie di allestimenti creati in base al lavoro da svolgere. L'aspirazione dei materiali con tecnologie pneumatiche si traduce in molti casi nell'azione combinata di aria in alta pressione, utilizzata per disgregare materiali particolarmente coesi, e grande potenza di aspirazione per veicolare i materiali disgregati all'interno della cassa di raccolta. Mezzi meccanici di base quali badili, punteruoli e spatole possono essere utili per rimuovere materiali incastrati all'interno della linea di aspirazione e ripristinarne l'efficienza; inoltre, una serie di probes da installare all'inizio della linea aspirante direttamente al naso/pescante (quali prolunghe dentate) aumentano l'efficacia delle azioni di rimozione materiali. Infine, proprio la possibilità di allungare di molti segmenti la linea di aspirazione, che consente di raggiungere punti anche molto lontani dal posizionamento del veicolo, suggerisce l'opportunità di portare al seguito un numero adeguato di raccordi metallici e plastici da interporre tra le varie barre di aspirazione. La scelta tra una tipologia di collegamento o l'altra è dettata dai diversi materiali nei quali le barre che costituiscono la linea di aspirazione possono essere realizzate, nonché dalle esigenze dettate nello specifico dal lavoro da realizzare.

2.2.3 Il recupero dei materiali

Sia per gli escavatori a risucchio che per gli aspiratori industriali, la fase finale di lavorazione consiste nel recupero dei materiali aspirati. Una volta conclusi i lavori di aspirazione, il cassone contenitore viene svuotato e pulito in conformità con le normative ambientali presso un luogo adatto o all'interno del cantiere stesso (all'interno di cassoni scarrabili o su area opportunamente predisposta o insaccato in "big bag"). Nel caso di sistemi con pompa del vuoto, grazie alla possibilità di creare pressione in cisterna, i materiali solidi o liquidi oltre ad essere scaricati per caduta, possono essere pompati sino a 60 metri da terra, in tetti, silos o altri contenitori. Tutte le macchine dotate di allestimento ad aspirazione pneumatica possono essere autorizzate al trasporto dei rifiuti pericolosi³. L'autorizzazione consente di portare direttamente a destino i materiali aspirati evitando un secondo carico da parte di automezzi autorizzati al trasporto dei rifiuti. L'autorizzazione è il culmine di un iter autorizzativo che consente, dopo il suo raggiungimento, di trasportare i materiali rimossi direttamente ad impianti autorizzati alla loro ricezione. Tali trasporti devono essere accompagnati da *Formulario Identificativo del*

² UNI/PdR 26.1:2017 Tecnologie di realizzazione delle infrastrutture interrate a basso impatto ambientale - Sistemi per la localizzazione e mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo.

³ Normativa ADR Direttiva 2008/68/CE, Decreto Legislativo n.35 del 27 gennaio 2010 e modifiche dal 2009 al 2020.

Rifiuto, così come qualsiasi altro veicolo autorizzato al loro trasporto.

Le macchine, nelle rispettive versioni ATEX, possono operare in Zona II e Zona I. Le versioni ATEX comprendono un rilevatore multigas montato a bordo macchina che inibisce le funzioni di aspirazione per sicurezza in caso di superamento delle concentrazioni soglia, un tubo del braccio di aspirazione realizzato in materiale antistatico e un sistema di scarico dell'energia elettrostatica dotato di spia idonea ad indicarne eventuali malfunzionamenti.

3. Conclusioni

Le tecnologie ad aspirazione pneumatica risultano essere un'alternativa sostenibile, sia a livello di impatto sull'ambiente sia a livello di ottimizzazione del bilanciamento costi/benefici. La prassi UNI Pdr 97/2020 è un documento che approfondisce i benefici, i campi di utilizzo e le caratteristiche tecniche di questa tecnologia con l'obiettivo di fare cultura in Italia di queste soluzioni affinché siano proposte all'interno di capitolati a livello pubblico e privato come valida alternativa rispetto a tecniche e tecnologie più invasive per gli interventi di aspirazione, bonifica e manutenzione sia in ambito edilizio ma anche industriale.

Bibliografia

- [1] Direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 17 maggio 2006, relativa alle macchine e che modifica la Direttiva 95/16/CE.
- [2] UNI/PdR 26.1:2017 Tecnologie di realizzazione delle infrastrutture interrate a basso impatto ambientale - Sistemi per la localizzazione e mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo.
- [3] Normativa ADR Direttiva 2008/68/CE, Decreto Legislativo n.35 del 27 gennaio 2010 e modifiche dal 2009 al 2020.

In-situ Thermal Desorption: Case study for soil polluted by cocktail of contaminants

Yannick Lolivier, yannick.lolivier@haemers-tech.com - Haemers Technologies – Brussels

Jan Haemers, jan.haemers@haemers-tech.com - Haemers Technologies - Brussels

Katia Pacella, katia.pacella@haemers-tech.com - Haemers Technologies – Brussels

Youssef Ourrid, youssef.ourrid@haemers-tech.com - Haemers Technologies – Brussels

Summary

The remediation site, located at the Gela Refinery in Italy, is a former landfill of residual oils deposited in the past, causing a pollution of light and heavy hydrocarbons (maximum concentration of 130.000 mg/kg), benzene, polycyclic hydrocarbons aromatic hydrocarbons, chlorinated compound and mercury.

The site is currently treated with an In-Situ Thermal Desorption (ISTD) technology, used to desorb the contaminants through the heating of the soil up to 250°C during 35 days (specific temperature-time combination according to contaminants mixture in the soil). Soil heating is done by a network of heating elements (in this case fueled with natural gas), arranged in batches according to its geometry. The heat is transferred to the soil by conduction and is therefore not dependent to preferential paths or soil heterogeneity. The vapors are extracted by aspiration, then collected and treated in a separated Vapor Treatment Unit (VTU).

In detail, the area for treatment was divided into 24 batches: an internal zone called Zone-A (12 batches) and an external zone called Zone-B (12 batches). The remediation plan started at the end of 2017; up to date the internal zone has been fully remediated and validated by the Regional Environmental Protection Agency (ARPA), while the external zone is ongoing treatment. Remediation plan and soil analysis after treatment confirmed the effectiveness of the technology (official sampling validated by ARPA showed hydrocarbons concentration below target level of 750 mg/kg and often under detection limit).

The case study aims to highlight the main challenges of ISTD, as a sustainable solution, the lessons learned as wells as the evolution of the treatment and achievements of the remediation goals.

1. Introduction

The site is located at the refinery in Gela, Sicily that belongs to the Italian oil group ENI. Many areas inside the refinery are subject to different clean-up methods before going through a definitive conversion of the refinery to a biorefinery. HAEMERS Technologies was appointed to undertake the remediation works with the method of Thermal Desorption with a single vapor treatment unit (VTU). As a result of the relief topography created by the landfill, the target zone is divided in two separate areas each has a different depth of treatment (Zone A and B).

The former landfill is contaminated with hydrocarbons ($\leq C_{12}$ and $\geq C_{12}$), benzene, chloromethane, vinyl chloride, 1-2 dichloroethane, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and

mercury. The average concentrations of the pollutants present in the soil and their respective target concentrations are given in the following table. This article will focus on hydrocarbons (C_≥12) which are the main contaminants in the area.

Contaminants	Zone A (mg/kg)	Zone B (mg/kg)	Target concentrations (mg/kg)
Hydrocarbons (C _≤ 12)	3.600	709	250
Hydrocarbons (C _≥ 12)	19.800	7.723	750
PAH	42	0	100
Hydrocarbons Mono-aromatic without Benzene	277	26,40	100
Benzene	45	11	2
Vinyl chloride	3	3,20	1,3
1,2-Dichloroethane	49	1,70	0,46
Chloromethane	113	0	6,1
Mercury	11	20	-

Table 1 – Average concentrations of COCs and target treatment concentrations

The remediation project began on September 15, 2017, and is expected to be fully remediated in February 2022 so a duration of 4,5 years.

2. Remediation technology Application

In-situ thermal desorption

ISTD technology is an in-situ treatment method in which contaminated soil is heated by thermal conduction which can effectively reach organic contaminants in situ, independently of large soil heterogeneity. Soil heating is done by a network of heating pipes and gas burners (or “Smart-Burners” developed by Haemers Technologies), arranged in the soil according to the geometry of the area to be treated. These burners are installed on vertical pipes, called heating elements or heating wells. The technology can be applied to all types of pollutants with a boiling point at atmospheric pressure not exceeding 550 °C. Once the evaporation point is reached, the volatilized contaminants are sucked through special perforated extraction pipes creating a depression in the soil like shown in Figure 1 [1,2].

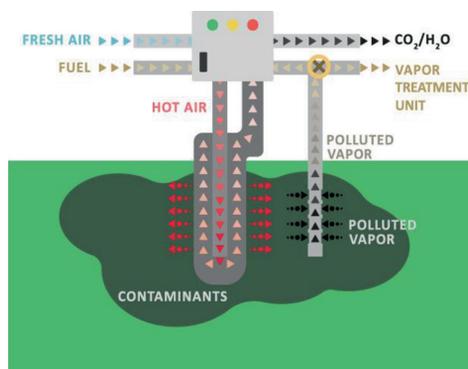


Fig. 1 – Thermal desorption process

Application and design

Like explained in the introduction, the target zone is divided in two separate areas with different depths of treatment. The dimensions of these two zones are provided in Table 2.

	Zone A	Zone B
Total Polluted Soil Surface (m ²)	3700	4200
Number of batches	12	12
Polluted Soil Surface per Batch (m ²)	306	350
Average Lower Treatment Depth (meter above sea level)	+5	+11.5
Volume (m ³)	1530	4025
Groundwater Depth (meter above sea level)	-1.60	-1.60

Table 2 – Dimension and volume of soil in each area

The areas to be treated is divided into 24 batches, each with a volume of soil of 1530 and 4025 m³ for Zone A and Zone B respectively. The limits of the batches are represented in Fig. 2. The vapor extracted from the batch are collected and sent to the VTU which works continuously. The VTU is designed to treat 4020 m³ of vapor at once. With this capacity, the VTU can ensure the treatment of the produced vapor from the batches of zone A and B. The purpose of the unit is to recover and destroy the products from the vapors and to ensure emission compliance. Several mechanisms are involved: heat transfer, condensation, filtration and physical separation, catalytic reduction and mass transfer. An activated carbon filter is installed on the VTU and ready to be used in case of emergency. Finally, the recovered and condensed vapor are sent to a liquid treatment unit which is installed next to the VTU. The liquid unit is composed of a tank, a liquid/liquid separator and two activated carbons filters. [3]

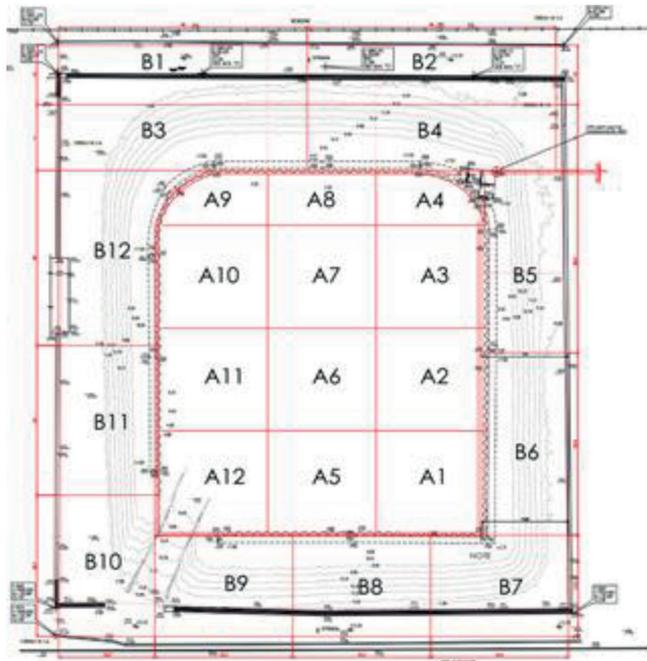


Fig. 2 – Limits and sequences of the batches

Results - Remediation evolution

To control the evolution of the remediation phases, several parameters are monitored:

- Soil temperature: the temperature measured at “cold points” shall have reached a temperature of at least 250°C. The target temperature is maintained for at least three consecutive days at each measuring point
- Contaminant’s concentrations in the extracted vapor
- Condensed products: the daily production will decrease to the point where the products recovered after treatment of the liquid will stabilize

The treatment time varies depending on the evolution of the remediation. On average, it has taken 43 days of treatment per batch. Figure 3 shows treatment time for each batch of Zone A.

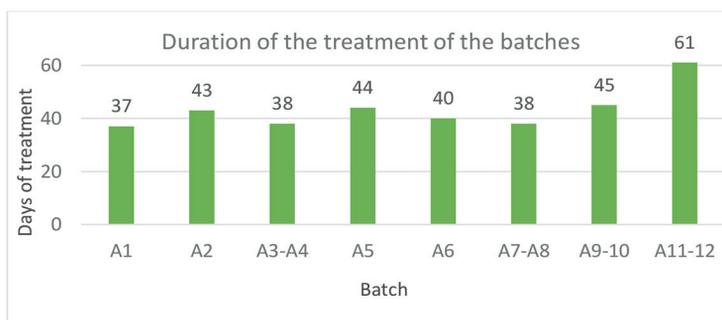


Fig. 3 – Treatment time per batch

The treatment of a batch is defined as concluded (extinguishing the burners) when all the criteria meet the requirements of shutting down the system, namely:

- Reaching a minimum temperature of 200 ° C in cold spots (recorded by the single thermocouple) with a duration of minimum 20 days;
- Or consequent achievement of the design temperature of 250 ° C in cold spots with a duration of minimum 3 consecutive days;
- Or a bell trend followed by asymptotic values of the concentration of the extracted vapors for at least 5 days.

Overall, the treatment, the soil temperatures were monitored at different points and depths to cover all the batch in treatment. The rise in temperature at cold points allows the follow-up of the treatment in comparison with the target temperature of 250°C as explained before. An example of such a graph is shown in Figure 4 for the batch A6 at two depths. It can be observed that the target temperature was homogeneously reached on 05/04/19 (19 heating days).

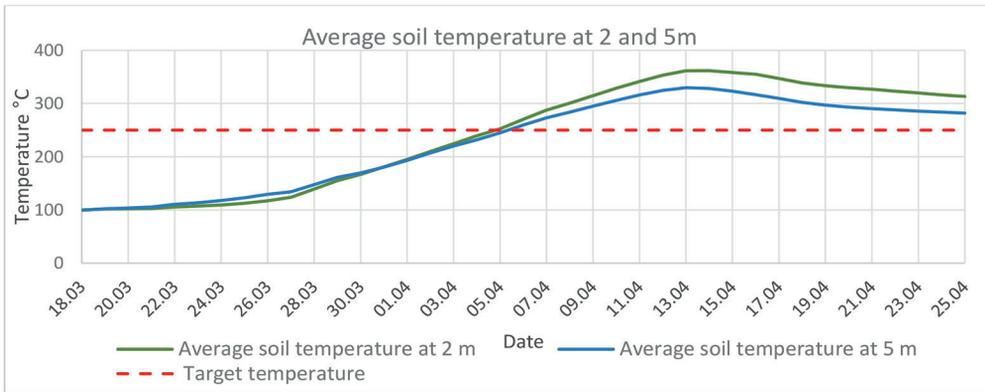


Fig. 4 – Progress of the soil average temperature at 2 and 5 m below ground for batch A6

Pollutant's concentrations in the extracted vapors and condensed products are also monitored and are useful information for the evolution of the remediation. An example of condensed production and vapors evolution during treatment is respectively show in Figure 5 and Figure 6.

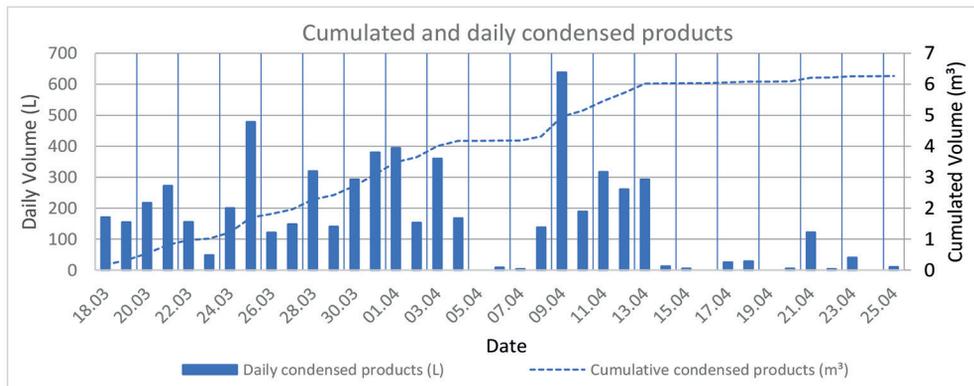


Fig. 5 – Cumulated and daily condensed products for batch A6

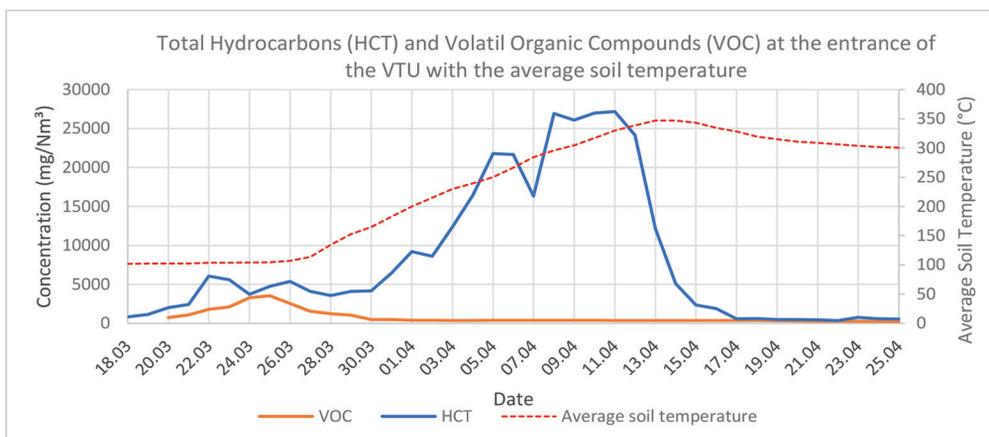


Fig. 6 – HCT and VOC at the entrance of the VTU vs average of the soil temperature for batch A6

The residual concentration and the decrease in concentration of the vapors indicate the removal of the contaminated mass. As well as the pollutants concentrations in extracted vapor, the condensed liquids have a similar trend. The daily condensation decreased towards the end of treatment (slight asymptote observed).

The emission at the chimney (end of the VTU) were monitored in order to access the performance of the VTU and respect emission standard during the treatment. The different gas monitored were the total organic compounds, carbon monoxide and NOX. Figure 7 shows an example of CO monitoring for batch A6. The emission limit was never exceeded during the treatment.

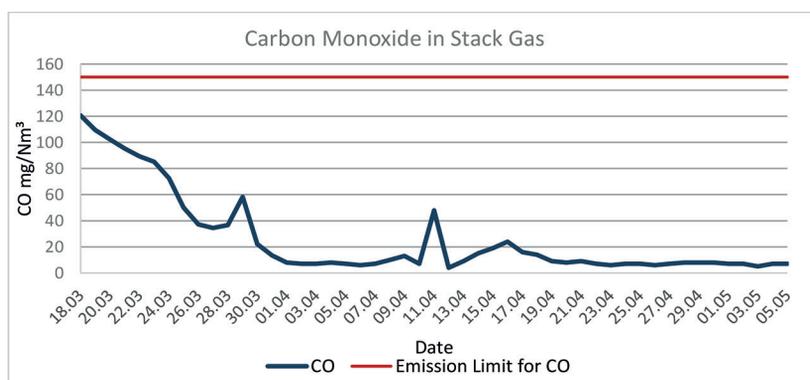


Fig. 7 – Carbon monoxide concentration at the chimney for batch A6

Results - Final Validation

Up to date the internal zone (Zone A) has been fully remediated (validated by ARPA). As a reminder, the average hydrocarbon concentration for Zone A was 19.800 mg/kg while the objective was 750 mg/kg. The following table (Table 3) shows the minimum and maximum concentration of hydrocarbons after treatment. It shows clearly that all batches are remediated; all maximum values being under the target of 750 mg/kg.

Batch number	Minimum concentration after treatment (mg/kg)	Maximum concentration after treatment (mg/kg)
A1	< 4	320
A2	< 1	< 1
A3-A4	< 1	423
A5	< 1	540
A6	< 1	530
A7-A8	< 1	590
A9-10	< 1	180
A11-12	56	256

Table 3 – Concentration of Zone A after treatment

3. Conclusions

The 12 batches of Zone A have been entirely remediated with excellent results and Zone B is currently under treatment. During Zone A treatment, all the different parameters were correctly monitored. The performance of the VTU was confirmed by the considerable amount of condensed liquids recovered at the end of the treatment which allows to maintain emission standards during the remediation.

From the experience of the first zone and due to the increase of soil to treat in Zone B, some modifications of the VTU were done in order to improve a few key elements such as the monitoring and increase condensation capacity.

In general terms and with a critical and lessons learned approach, different topics have been reviewed and optimized over the project duration. The technical tools have been optimized as well.

An improved burner setting for the Smart Burners have been developed which led to a considerable reduction in fuel consumption and, above all, to the preservation of the heating tubes. The transition period between a batch to another has been reduced after proper management of the sequencing works. Particularly, the drilling phase is correctly synchronized.

References

- [1] Haemers Jan and Saadaoui Hatem, TPS, 2015, “*DÉSORPTION THERMIQUE GTR IN SITU (ISTD) et ON SITE (ESTD)*”
- [2] Centre of Competence for Soil, Groundwater and Site Revitalisation, TASK, 2013, “*In situ thermal treatment ISTT Guidelines*”
- [3] Haemers Jan et al., 2018, RemTech, “*Desorbimentotermico con smart burners –caso di studio per il trattamento in-situ dei terreni insaturi all’interno della raffineria di gela (italia)*”

La Bonifica di una ex discarica in presenza di elevata pericolosità geomorfologica ed idraulica

*ing. Antonella Lomoro antonella.lomoro@gmail.com Studio di ingegneria per l'Ambiente ing. Antonella Lomoro (Bari)
dott. geol. Gianluigi Nicola Florio - Bari
ing. arch. Francesco Berardi - Comune di Sannicandro di Bari (Bari)*

Riassunto

L'intervento presentato riguarda la "Bonifica e Messa in Sicurezza Permanente dell'ex discarica comunale in località Pescorosso" sita nel comune di Sannicandro di Bari (Ba).

La principale caratteristica dell'area di intervento è la presenza del Canale Deviatore "Lama Badessa" che attraversa tutta l'area e ne ha fortemente caratterizzato tutta la fase di progettazione della bonifica.

Tutti gli interventi previsti sono stati progettati tenendo conto delle forti peculiarità paesaggistiche del contesto naturalistico e delle specificità delle tecniche costruttive e dei materiali dei luoghi, con riferimento all'utilizzo della pietra e delle tecnologie a secco.

Date le caratteristiche morfologiche e vincolistiche dell'area è stato necessario far coniugare tecniche tradizionali di intervento con opere di ingegneria naturalistica.

In considerazione della peculiarità dei luoghi e della presenza di una "lama" (solchi erosivi tipici del paesaggio pugliese che convogliano le acque meteoriche dall'altopiano della Murgia a carattere torrentizio stagionale verso il punto di chiusura del bacino idrografico cui appartengono) e del canale deviatore che conferiscono all'area secondo la classificazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) elevata pericolosità geomorfologica ed idraulica, in fase preliminare alla progettazione si è provveduto ad eseguire un rilevamento geologico-strutturale dell'ammasso roccioso affiorante nei dintorni dell'imbocco del canale, allo scopo di individuare le famiglie di fratture presenti, confrontare la loro orientazione con la giacitura degli strati e con le orientazioni delle pareti dello scavo in cui è stato realizzato il canale deviatore. In questo modo si è potuto valutare la predisposizione al franamento o crollo dell'ammasso roccioso lungo i piani di intersezione tra fratture, giacitura e fronti e considerare gli opportuni interventi di consolidamento e stabilità.

Summary

The project concerns the "Remediation and permanent safety of the former municipal landfill in Pescorosso" located in the municipality of Sannicandro di Bari (Ba).

The main feature of the project area is the presence of the "Lama Badessa" deviator channel which crosses the whole area and has strongly characterized the entire remediation planning phase.

All the planned works have been designed considering the specific naturalistic and landscaped context.

Given the morphological and constraint characteristics of the area, it was necessary to combine traditional intervention techniques with naturalistic engineering works.

On the site there is a “lama”, that is an erosive furrows typical of the Apulian landscape that convey the meteoric waters from the Murgia plateau. There is also a diverter channel. These two elements give the area a high risk of geomorphological and hydraulic danger according to the “hydro-geological structure plan” (PAI) of Puglia. For this reason, it was necessary to carry out a geological and structural survey of the rock mass near the entrance of the hydraulic channel. The study aims to identify the present fractures, assess their orientation and the potential risk of landslide and collapse and define consolidation and stability interventions.

1. Introduzione

L'Autorità di Bacino della Puglia in data 30.11.2005 ha approvato in via definitiva il Piano di Bacino della Puglia, Stralcio “Assetto Idrogeologico” (PAI) [1].

Il Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia viene definito dal legislatore quale “strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato” (si veda art 17 della L. 183/89, Legge Quadro in materia di difesa del suolo) ed è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità.

Esso elenca le zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche (per frana e inondazione) classificandole in funzione dei livelli di rischio (molto elevato, elevato, moderato e basso) al fine di pianificare gli interventi di difesa del suolo per la sua conservazione, la tutela dell'ambiente e la prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici. Le finalità del Piano vengono promulgate mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di protezione esistenti;
- la definizione degli interventi per la protezione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di protezione e difesa idrogeologica, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione da conseguire.

Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica, secondo quanto previsto dal comma 2 degli art. 13 e 14 delle NTA del PAI, ha lo scopo di analizzare compiutamente gli effetti che gli interventi di progetto avranno sulla stabilità dell'area interessata.

2. Relazione

2.1 L'inquadramento vincolistico

Il progetto di “Bonifica e Messa in Sicurezza Permanente (MISP) della ex discarica comunale in località Pescorosso” fa riferimento alle disposizioni sulla “Bonifica di siti contaminati” definite nel Titolo V alla Parte IV del Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006 e succ.mod. e int.

L'area è stata utilizzata come discarica per rifiuti solidi urbani del comune di Sannicandro di Bari per circa 5 anni, dal 1983 al 1988. Presenta uno stato di contaminazione della matrice

suolo per Berillio, Cadmio, Selenio, PCB, Rame Cromo totale, Piombo, Stagno, Vanadio, Zinco, Idrocarburi pesanti.

I vincoli individuati nell'area sono:

- **PPTR**, in corrispondenza dell'area di intervento sono presenti elementi della Struttura idro-geo-morfologica. In particolare, tra le componenti idrologiche è individuato il Bene paesaggistico "Fiumi, torrenti e corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle acque pubbliche" Lama Badessa; per le componenti geomorfologiche, invece, si rileva la presenza, tra gli ulteriori contesti paesaggistici del tematismo "Lame e gravine".

- **PAI Pericolosità idraulica e rischio geomorfologico**. Il sito è attraversato da un corso d'acqua del reticolo idrografico e da ripe di erosione fluviale. L'area di intervento è interessata dalla presenza di aree ad alta, media e bassa pericolosità idraulica e sono presenti zone con pericolosità geomorfologica molto elevata (PG3) ed elevata (PG2) in corrispondenza della Lama Badessa.

Le evidenze geomorfologiche dell'area confermano il sito in esame sono per lo più riferite alle forme di modellamento fluviale: ripe di erosione fluviale bordano gli alvei di corsi d'acqua a carattere episodico (in particolare Lama Badessa, un impluvio profondo e svasato con larghezza compresa tra 50 m e 200 m, compreso nel bacino del più importante Torrente Picone), come indicato dalla Carta Idrogeomorfologica della Puglia; sono indicati anche alcuni elementi geostrutturali (faglie, faglie presunte e lineamenti di pieghe) [2][3][4].

Il reticolo idrografico è costituito da corsi d'acqua per lo più a carattere episodico. Il più prossimo, Lama Badessa, lambisce i margini della ex discarica poco a sud della stessa, con un corso sinuoso ma con presenza significativa di acqua solo in caso di eventi meteorici. L'area è attraversata dal canale deviatore di Lama Badessa, classificato nella Carta Idrogeomorfologica come corso d'acqua tombato.

Seppur a carattere episodico, dall'analisi del PAI, i corsi d'acqua su citati risultano sede di fenomeni di inondazione in caso di eventi di eccezionale intensità. Lo stesso PAI individua alcune aree a pericolosità geomorfologica elevata (PG2) e molto elevata (PG3) in corrispondenza del tratto di ex discarica attraversato dal canale deviatore (Figura 1).



Fig. 1 – Aree inondabili e Pericolosità geomorfologica per il sito in esame

In tale tratto il canale corre in sotterranea nei terreni calcarei sottostanti la ex discarica, i quali possono essere interessati da fenomeni di crollo.

Allo stato attuale, comunque, il sito in esame non risulta coinvolto in alcun movimento franoso in atto. A tal proposito è da notare che la cartografia prodotta per il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani), disponibile per consultazione sul sito web dell'ISPRA (ex APAT), non evidenzia la presenza di fenomeni di alcun tipo nell'area.

Tuttavia, i terreni del substrato di origine calcarea, possono essere soggetti a processi di carsificazione, fessurazione e fratturazione, e pertanto possibili crolli o collassi potrebbero verificarsi in corrispondenza di cavità, vuote o parzialmente riempite da materiale detritico di varia natura e dimensione, eventualmente presenti nel sottosuolo o lungo fratture e fessure dell'ammasso roccioso affiorante.

2.2 Il progetto di Bonifica

Tutti gli interventi previsti sono stati progettati tenendo conto delle forti peculiarità paesaggistiche del contesto caratterizzato da vegetazione incolta confinante con campi coltivati ad ulivi e delle specificità delle tecniche costruttive e dei materiali dei luoghi, con riferimento all'utilizzo della pietra e delle tecnologie a secco, e del contesto agricolo in cui è inserito. Un aspetto fortemente connotativo dell'area è la presenza del canale deviatore di Lama Badessa.

Gli interventi previsti riguardano:

- rimozione e smaltimento dei rifiuti superficiali all'interno dell'area;
- rimozione di parte del corpo rifiuti per messa in sicurezza canale deviatore e cumulo in sommità del canale;
- copertura del corpo di discarica al fine di impedire il dilavamento dei rifiuti e il loro affioramento in superficie (capping);
- opere di contenimento in ingegneria naturalistica (terra armata);
- opere di gestione delle acque meteoriche;
- opere di ricostruzioni soprasuolo;
- protezione dell'area, tutela e monitoraggio (gabbionate metalliche, rete paramassi).

Gli interventi sono stati progettati con lo scopo di rimuovere la fonte di contaminazione che insiste sul canale deviatore di Lama Badessa e attraverso una adeguata profilatura consentire in sicurezza le operazioni di copertura del resto del corpo rifiuti, la cui completa rimozione non era compatibile rispetto ad una analisi costi benefici effettuata in fase preliminare. In questo modo è possibile isolare la fonte di contaminazione presente e nel contempo riqualificare l'area restituendole una identità naturale persa nel corso degli anni.

In considerazione della peculiarità dei luoghi e della presenza di una "lama" (solchi erosivi tipici del paesaggio pugliese che convogliano le acque meteoriche dall'altopiano della Murgia a carattere torrentizio stagionale verso il punto di chiusura del bacino idrografico cui appartengono) e del canale deviatore che conferiscono all'area secondo la classificazione del PAI elevata pericolosità geomorfologica ed idraulica, in fase preliminare alla progettazione si è provveduto ad eseguire un rilevamento geologico-strutturale dell'ammasso roccioso affiorante nei dintorni dell'imbocco del canale, allo scopo di individuare le famiglie di fratture presenti, confrontare la loro orientazione con la giacitura degli strati e con le orientazioni delle pareti dello scavo in cui è stato realizzato il canale deviatore. In questo modo si è potuto valutare la predisposizione al franamento o crollo dell'ammasso roccioso lungo i piani di intersezione tra fratture, giacitura e fronti e considerare gli opportuni interventi di consolidamento e stabilità [5-7].

2.3 Studio di compatibilità geologica e geotecnica

Durante i numerosi sopralluoghi effettuati, nonché durante le fasi di esecuzione delle indagini geognostiche e ambientali (che hanno previsto anche il passaggio di mezzi pesanti), le condizioni del sito in corrispondenza del canale deviatore non hanno mostrato nel tempo alcuna variazione significativa relativamente alle condizioni morfologiche e geomorfologiche, denotando una certa stabilità dei luoghi.

In previsione, però, dei lavori di bonifica e messa in sicurezza permanente del sito si è provveduto ad eseguire un rilevamento geologico-strutturale dell'ammasso roccioso affiorante nei

dintorni dell'imbocco del canale, allo scopo di individuare le famiglie di fratture presenti, confrontare la loro orientazione con la giacitura degli strati e con le orientazioni delle pareti dello scavo in cui è stato realizzato il canale deviatore. In questo modo si è potuto valutare la predisposizione al franamento o crollo dell'ammasso roccioso lungo i piani di intersezione tra fratture, giacitura e fronti [8].

Le Figure sottostanti mostrano le principali linee di fratturazione evidenti (linee rosse tratteggiate, denominate progressivamente da "A" a "J") sulle pareti rocciose (Fronti 1, 2 e 3) affioranti che sono state oggetto di misurazione.



Fig. 3 – Affioramento con esposizione a sud-ovest (Fronte 1) nord-est (Fronte 2) sud-est (fronte 3)

Nel corso del rilevamento sono state rilevate n. 10 fratture; la Tabella 1 ne elenca le principali caratteristiche, insieme a quelle della giacitura di strato prevalente e delle orientazioni dei versanti considerati. Sono state riconosciute n. 4 famiglie di fratture.

	Giacitura	Inclinazione	Persistenza	Apertura	Riempimento	Famiglia	Fronte
Fratture							
A	N 31 E	40 SE	6 m	1-5 cm	Detrito	1	1
B	N 5 E	65 NW	4 m	Chiusa	-	2	1
C	N 60 W	66 NE	4 m	Chiusa	-	3	1
D	N 28 E	37 SE	6 m	1-5 cm	Detrito	1	1
E	N 10 E	68 NW	5 m	Chiusa	-	2	1
F	N 220 E	60 NW	5 m	5-10 cm	Detrito e terre residuali	-	2
G	N 70 W	57 NE	6 m	1-5 cm	Detrito	3	2
H	N 65 W	65 NE	6 m	1-5 cm	Detrito	3	2
I	N 150 E	55 SW	2 m	1-5 cm	Detrito e terre residuali	4	3
J	N 160 E	70 SW	3 m	1-5 cm	Detrito	4	3
Stratificazione							
-	N 70 E	10 SE	-	Chiusa	-	-	Tutti
Fronti (esposizione)							
1 (SO)	N 126 E	81 SW	-	-	-	-	
2 (NE)	N 132 E	71 NE	-	-	-	-	
3 (SE)	N 46 E	76 SE	-	-	-	-	

Tab. 1 – Principali caratteristiche delle fratture rilevate e dei fronti.

La Figura 4 mostra il diagramma di Schmidt-Lambert per le fratture individuate, utile per la rappresentazione della distribuzione nello spazio delle stesse.

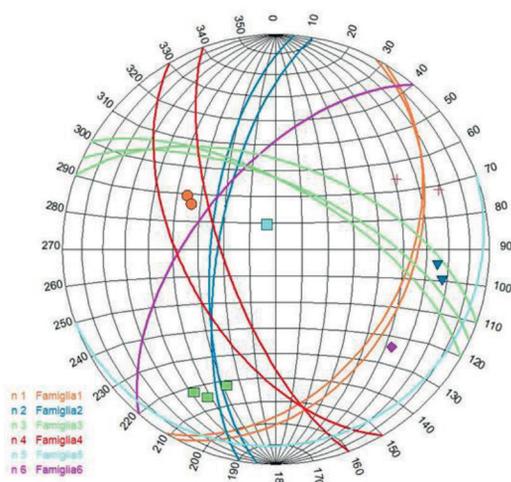


Fig. 4 – Diagramma di Schmidt-Lambert.

Nel diagramma si riconoscono le quattro famiglie di fratture. La ciclografica azzurra, indicata con “Famiglia 5” è in realtà rappresentativa del piano di giacitura prevalente della stratificazione del calcare (anch’essa da considerare come una discontinuità), mentre la ciclografica viola (“Famiglia 6”) rappresenta una singola frattura, rilevata sul fronte 2 ma non attribuibile chiaramente a nessuna delle quattro famiglie individuate.

Dalle verifiche di stabilità basate sulle orientazioni su elencate, considerando le famiglie di fratture solo sui fronti su cui sono state rilevate, e ipotizzando un angolo di attrito $\phi=30^\circ$, risulta che i tre fronti sono stabili data l’assenza di intersezioni tra piani di frattura su cui possano verificarsi crolli.

Il progetto di MISP della ex discarica prevede inoltre una parziale rimozione di rifiuto/terreno di riporto attualmente presente sul corpo della discarica in prossimità della parete del canale deviatore lungo tutto il perimetro e una rimodellazione del profilo di scarpata con riduzione della pendenza.

L’impostazione data al progetto riduce sia il carico attualmente presente sul substrato calcareo che il rischio di crolli o scivolamenti lungo la superficie inclinata del corpo di discarica; rappresentano quindi delle migliorie alla condizione attuale. A questo si aggiunge che anche il fondo del canale sarà ribassato, con conseguente aumento della sezione trasversale disponibile al passaggio di una eventuale piena e riduzione della capacità erosiva e di trasporto.

3. Conclusioni

Durante i numerosi sopralluoghi effettuati, nonché durante le fasi di esecuzione delle indagini geognostiche e ambientali (che hanno previsto anche il passaggio di mezzi pesanti), le condizioni del sito in corrispondenza del canale deviatore non hanno mostrato nel tempo alcuna variazione significativa relativamente alle condizioni morfologiche e geomorfologiche, denotando una certa stabilità dei luoghi. In previsione, però, dei lavori di bonifica e messa in sicurezza permanente del sito si è provveduto ad eseguire un rilevamento geologico-strutturale dell’ammasso roccioso affiorante nei dintorni dell’imbocco del canale, allo scopo di individuare le famiglie di fratture presenti, confrontare la loro orientazione con la giacitura degli

strati e con le orientazioni delle pareti dello scavo in cui è stato realizzato il canale deviatore. In questo modo si è potuto valutare la predisposizione al franamento o crollo dell'ammasso roccioso lungo i piani di intersezione tra fratture, giacitura e fronti. Dalle verifiche di stabilità basate sulle specifiche orientazioni, considerando le famiglie di fratture solo sui fronti su cui sono state rilevate, e ipotizzando un angolo di attrito $\phi=30^\circ$, risulta che i tre fronti individuati sono stabili data l'assenza di intersezioni tra piani di frattura su cui possano verificarsi crolli. Inoltre, atteso che tutti gli interventi in progetto sono da qualificarsi come interventi di messa in sicurezza permanente dell'ex discarica comunale, il progetto di bonifica prevede la rimozione di una parte del corpo discarica sulla sommità dell'ammasso in corrispondenza dell'imbocco del canale deviatore e delle pareti verticali del canale, riducendo pertanto il carico attualmente presente in corrispondenza delle pareti del canale deviatore e del tunnel interrato. L'intervento pertanto non altera sostanzialmente lo stato attuale del sito in esame. Lo studio pertanto ha fornito un ottimo supporto per la valutazione degli interventi di stabilità necessari.

Bibliografia

- [1] **PAI Puglia** – Piano di Assetto Idrogeologico Stralcio (Relazione di Piano e Norme Tecniche di Attuazione), GU n. 8 del 11-1-2006.
- [2] **PTA** – Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia (http://www.sit.puglia.it/portal/portale_pianificazione_regionale/Piano%20di%20Tutella%20delle%20Acque)
- [3] CIRCOLAZIONE IDRICA ED EQUILIBRI IDROGEOLOGICI NEGLI ACQUIFERI DELLA PUGLIA (**Maggiore M., Pagliaro P.**) - GEOLOGI e TERRITORIO, Periodico dell'Ordine dei Geologi della Puglia - Supplemento al n. 1/2004.
- [4] **Cotecchia V.** Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa. Carta idrogeologica. Allegato a: Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. XCII – Tav.4.
- [5] **Parise M., Lollino P.** (2011), A preliminary analysis of failure mechanisms in karst and man-made underground caves in southern Italy. *Geomorphology*, 134(1–2), 132-143.
- [6] **Parise M.** (2008), Rock failures in karst. *Proceedings of the 10th International Symposium on Landslides*, 1, 275–280.
- [7] **Parise M.** (2010), The impacts of quarrying in the Apulian karst. In: **ANDREO B., CARRASCO F., La Moreaux J.W., Duran Valsero J.J.** (Eds.), *Advances in research in karst media*. Springer, 441–447.
- [8] **I.S.R.M.** (INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS) (1978), Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 15, 319-368.

Il sistema G.Re.T.A. per la caratterizzazione e monitoraggio dei siti inquinati

*Greta Tresoldi, greta.tresoldi@lsi-lastem.com, LSI LASTEM, Settala (MI), Italy
Azadeh Hojat, Shabid Babonar University of Kerman, Kerman, Iran – Politecnico di Milano,
Milan, Italy
Luigi Zanzi, Politecnico di Milano, Milan, Italy*

Riassunto

Le indagini geofisiche e soprattutto le misure geoelettriche sono ampiamente utilizzate per la caratterizzazione dei siti contaminati. Avendo valori di resistività differenti rispetto ai terreni circostanti, i contaminanti possono essere facilmente rilevati tramite le sezioni di resistività. Il metodo di Tomografia di Resistività Elettrica (ERT) permette inoltre di identificare le zone target da trattare nelle operazioni di risanamento del sottosuolo, aumentandone l'efficienza.

Il sistema G.Re.T.A. (Geoelectrical Resistivimeter for Time lapse Analysis) è un nuovo georesistivimetro autonomo, sviluppato da LSI LASTEM con il supporto scientifico del Politecnico di Milano, progettato appositamente per eseguire un monitoraggio in continuo del sito oggetto di studio. Lo strumento utilizza il metodo ERT, che è particolarmente efficace e semplice da utilizzare per mappare i processi nella sotto superficie, identificare i percorsi di filtrazione e valutare l'efficacia dei processi di bonifica dei terreni. La gestione dei dati da remoto, attraverso una piattaforma cloud con allarmi configurabili, consente di utilizzare il dispositivo come sistema di preallarme per rilevare lo sversamento di inquinanti.

Summary

Geophysical surveys and above all geoelectrical measurements are widely used for the characterization of contaminated sites. Having different resistivity values compared to the surrounding soils, the contaminants can be easily detected on resistivity sections. The Electrical Resistivity Tomography (ERT) method also makes it possible to identify the target areas to be treated in subsoil remediation operations, thus increasing the efficiency of such operations. The G.Re.T.A. (Geoelectrical Resistivimeter for Time lapse Analysis) system is a new autonomous georesistivimeter, developed by LSI LASTEM with the scientific support of the Politecnico di Milano, specifically designed to perform continuous monitoring of the site under study. The tool uses the ERT method, which is particularly effective and simple to be used to map subsurface processes, identify filtration paths and evaluate the effectiveness of land remediation processes. The remote data management, through a cloud platform with configurable alarms, allows the device to be used as a pre-alarm system to detect the spill of pollutants.

1. Introduzione

L'efficacia dei metodi geofisici, e soprattutto di quelli geoelettrici, per il riconoscimento di inquinanti nel sottosuolo, è stata dimostrata largamente da studi e da applicazioni in campo a partire dagli anni '90.

La resistività elettrica del suolo è infatti funzione delle caratteristiche del terreno oggetto di indagine, tra queste: tipologia di terreno, porosità, contenuto idrico e resistività dei fluidi circolanti. Siccome per la maggior parte degli inquinanti la resistività è differente rispetto a quella dell'acqua o del terreno ospitante, le sezioni geoelettriche permettono di riconoscere come anomalia la presenza degli stessi.

I metodi geoelettrici si sono dimostrati particolarmente efficienti per la valutazione dell'inquinamento da idrocarburi, come ad esempio solventi clorinati e oli [1, 2].

La metodologia è stata applicata con successo anche al monitoraggio dell'inquinamento da olio d'oliva, che nei paesi produttori, come ad esempio la Grecia, è causa di elevato inquinamento nel sottosuolo soprattutto a seguito del deposito degli scarti connessi con la lavorazione del prodotto in vasche aperte [3].

I metodi geoelettrici possono essere utilizzati, insieme ai classici pozzi di monitoraggio, per seguire in *time-lapse* i movimenti di contaminanti nel sottosuolo, indipendentemente dalla presenza della falda acquifera, nelle vicinanze dei pozzi [4].

I metodi geoelettrici possono inoltre fornire un valido aiuto non soltanto nella caratterizzazione dei siti, ma anche prima, durante e dopo l'esecuzione di processi di bonifica: innanzitutto permettono di ridurre il costo e l'impatto ambientale dell'operazione identificando l'esatta zona da trattare senza rischiare di iniziare un trattamento in una zona non contaminata; in secondo luogo, permettono di monitorare l'esecuzione del processo e valutarne successivamente l'efficienza.

La metodologia più utilizzata a tale scopo è la Tomografia di Resistività Elettrica (ERT), che permette di ottenere "un'immagine" del sottosuolo in termini di resistività geoelettrica; a tale scopo esistono diverse tipologie di resistivimetri, la maggior parte dei quali è però pensata per eseguire misure estemporanee, non prevedendo la possibilità di essere efficacemente installata in sito per un monitoraggio.

G.Re.T.A. (Geo Resistivimeter for Time-lapse Analysis), al contrario, è il georesistivometro per installazioni fisse progettato da LSI LASTEM con il supporto scientifico del Politecnico di Milano, che permette il monitoraggio in tempo reale del sito contaminato, per intercettare tempestivamente possibili migrazioni di inquinanti o valutare l'efficienza di un processo di bonifica.

2. Relazione

2.1 Il sistema G.Re.T.A.

Il sistema G.Re.T.A., è stato progettato per essere installato permanentemente nel sito d'indagine, con l'obiettivo di fornire una risposta al monitoraggio geoelettrico: grazie alla tecnologia ERT permette infatti di ricostruire sezioni bidimensionali della zona oggetto d'indagine, dal punto di vista delle sue caratteristiche geoelettriche.

Il sistema è formato dalla centralina di esecuzione delle misure, di salvataggio dei dati e di comunicazione, sono presenti due cavi corredati da 24 elettrodi ciascuno per l'iniezione di corrente e misura del potenziale (Fig. 1a). L'installazione può avvenire disponendo i cavi sulla superficie del terreno, infiggendo gli elettrodi a picchetto nel suolo (Fig. 1b), oppure scavando una trincea poco profonda dove vengono alloggiati i cavi e gli elettrodi a piastra (Fig. 1c). Gli elettrodi in acciaio inossidabile sono adatti all'installazione di lungo periodo, così come i cavi, che presentano una speciale guaina in TPE con ottima resistenza chimica ai fluidi idraulici a base di esteri, sono resistenti all'ozono, ai raggi UV e agli agenti atmosferici secondo EN 50396 e HD 605 S3. L'alimentazione del sistema può avvenire con modulo fotovoltaico in caso di installazioni remote, oppure tramite rete elettrica. In base a questa scelta, sarà possibile eseguire misure a frequenza più o meno alta. Solitamente con modulo fotovoltaico alle nostre latitudini sono eseguibili due misure al giorno.

Il sistema è connesso a un database e software su cloud, dove i dati sono inviati, memorizzati, elaborati e analizzati automaticamente. L'utente può accedere alla piattaforma, consultare i dati, confrontare sezioni di giorni diversi, aggiornare il sistema e programmare le acquisizioni. È presente un'area dedicata alle soglie da impostare in base alle variazioni di resistività tra misure di sessioni differenti, al superamento delle quali l'utente verrà notificato con un messaggio di allerta.

Il sistema è già stato installato in diversi siti per il monitoraggio della filtrazione all'interno di rilevati arginali di fiumi e canali irrigui, e in ambiente minerario su *tailings dam* con l'obiettivo della mitigazione del rischio idrogeologico e delle perdite di risorsa idrica [5-9].

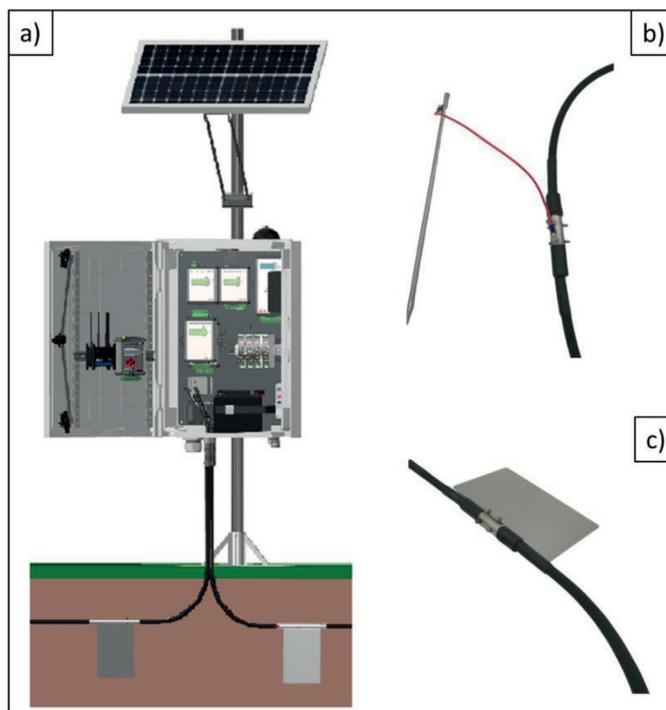


Fig. 1 – a) Sistema G.Re.T.A. con pannello solare; b) elettrodo a picchetto; c) elettrodo a piastra

2.2 Campi di applicazione

Il monitoraggio geoelettrico trova diversi ambiti di applicazione nel mondo dei terreni inquinati, basando l'efficacia del sistema sulle differenze di comportamento geoelettrico dell'inquinante rispetto al terreno ospitante. A seconda della tipologia di inquinante si riscontrano infatti comportamenti geoelettrici differenti: gli idrocarburi freschi presentano resistività molto alte, mentre quelli degradati tendono a presentare resistività minori, e quindi ad essere più conduttivi, i percolati invece sono estremamente conduttivi e mostrano resistività molto basse, spesso inferiori ai 10 Ωm .

Una volta conosciuta la tipologia di inquinante con indagini dirette, è possibile riconoscere, nelle sezioni di resistività acquisite, la zona interessata dalla contaminazione e, grazie alle indagini *time-lapse*, monitorarla nel tempo.

L'indagine geoelettrica permette l'identificazione delle sorgenti della contaminazione, fornendo un aiuto nella fase iniziale del processo di bonifica o monitoraggio; permette inoltre

la perimetrazione delle aree contaminate, per una più precisa delimitazione dell'area di intervento.

La possibilità di avere un controllo in tempo reale consente di tenere sotto controllo la variazione della perimetrazione nel tempo, sia in termini di migrazione di inquinanti sia per quanto riguarda l'efficacia di un processo di bonifica. Il monitoraggio consente inoltre di dare indicazione sulle migliori zone su cui concentrare le attività di bonifica, diminuendo il rischio di interventi indirizzati a zone non contaminate e quindi il dispendio di risorse economiche.

Le indagini ERT possono essere utilizzate anche per la caratterizzazione ambientale delle aree oggetto di studio, fornendo le informazioni necessarie all'esecuzione delle analisi di rischio (identificazione della sorgente e dei percorsi di migrazione degli inquinanti).

I metodi geoelettrici vengono utilizzati ormai da diverso tempo anche nel monitoraggio delle discariche [10], per il controllo della geomembrana con installazioni di elettrodi sotto lo strato impermeabile al fine di caratterizzare il terreno di posa e intercettare possibili sversamenti in tempo reale (Fig. 2). Il monitoraggio viene utilizzato anche per la valutazione della sicurezza dei siti post chiusura, in quanto la metodologia non invasiva può essere applicata anche a discariche preesistenti.

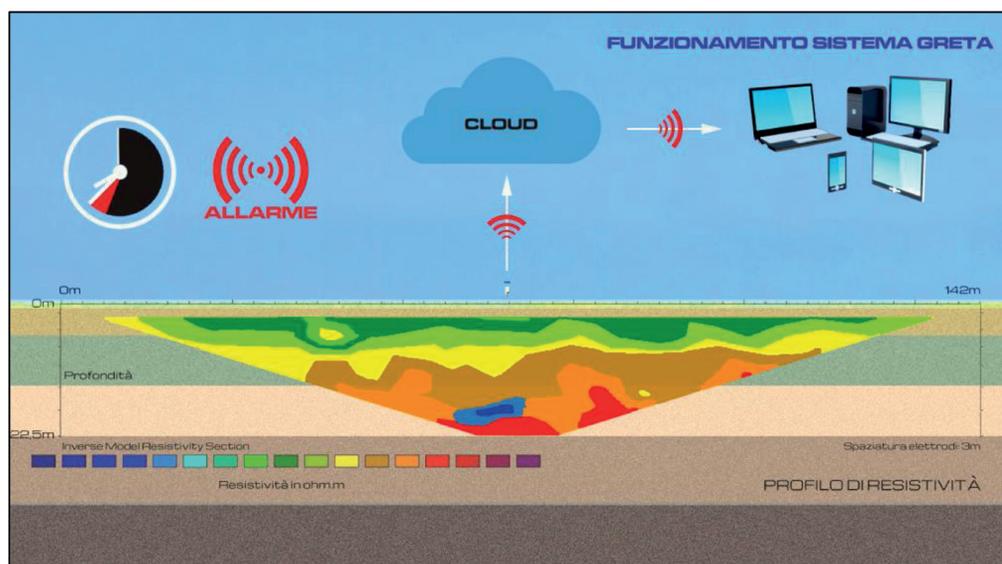


Fig. 2 – Funzionamento del sistema di early-warning attraverso il confronto di misure ERT eseguite ad istanti successivi. Al superamento di una soglia impostata dall'utente, viene generato un messaggio di allerta

2. Conclusioni

I metodi geoelettrici si sono dimostrati adatti al monitoraggio di siti contaminati, in quanto la resistività degli inquinanti è spesso diversa da quella del suolo che li ospita, questa caratteristica fa sì che gli sversamenti siano facilmente identificabili.

G.Re.T.A. è una nuova tipologia di resistivimetro, basato su una tecnologia nota, la ERT, che può essere utilizzata efficacemente per il monitoraggio di siti inquinati. La possibilità di installazione fissa permette il monitoraggio costante delle condizioni del sottosuolo, la determinazione tempestiva e sicura di possibili perdite e la mappatura dei percorsi di filtrazione che possono inquinare le zone circostanti e la falda acquifera. Il controllo remoto del sistema e la possibilità di impostare soglie di allarme sono strumenti utili per un efficace controllo delle zone a rischio.

G.Re.T.A. è uno strumento efficace per il monitoraggio di siti contaminati, per valutare la buona riuscita di opere di bonifica nel tempo e per mappare la propagazione di contaminanti.

Bibliografia

- [1] Atekwana E.A., Cassidy D.P., Magnuson C., Endres A.L., Werkema Jr D.D., Sauck W.A. (2001), Changes in geoelectrical properties accompanying microbial degradation of LNAPL. Proceedings of SAGEEP (Symposium on the Application of Geophysics to Environment and Engineering Problems), pp. OCS1-OCS10. <https://doi.org/10.4133/1.2922929>
- [2] Delgado-Rodríguez O., Shevnin V., Peinado-Guevara H., Ladrón-de-Guevara-Torres M.A. (2018), Characterization of Hydrocarbon-Contaminated Sites Based on Geoelectrical Methods of Geophysical Exploration. In: Geophysics, Okiwelu A., Ed., InTech, 5, 85–93.
- [3] Kikrou S., Tsourlos P., Papadopoulos N., Soupios P., Kim J-H (2014), Time lapse ERT monitoring of Olive-oil mills' wastes (OOMW) using simulation and experimental data, Proceedings of 20th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 1-5, <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20142083>
- [4] Woodbury B.L., Eigenberg R.A., Koelsch R. (2015), Early warning wastewater pond monitoring system, Nebraska Agricultural Experiment Station Bulletin.
- [5] Arosio D., Munda S., Tresoldi G., Papini M., Longoni L., Zanzi L. (2017), A customized resistivity system for monitoring saturation and seepage in earthen levees: installation and validation. Open Geosciences, 9, 457–467. <https://doi.org/10.1515/geo-2017-0035>.
- [6] Tresoldi G., Arosio D., Hojat A., Longoni L., Papini M., Zanzi L., (2018), Tech-levee-watch: experimenting an integrated geophysical system for stability assessment of levees, Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, 46, 38–43. <https://doi.org/10.3301/ROL.2018.49>.
- [7] Tresoldi G., Arosio D., Hojat A., Longoni L., Papini M., Zanzi L., (2019), Long-term hydrogeophysical monitoring of the internal condition of river levees, Engineering Geology, 259, 105139. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.05.016>.
- [8] Hojat A., Arosio D., Ivanov V.I., Loke M.H., Longoni L., Papini M., Tresoldi G., Zanzi L., (2020), Quantifying seasonal 3D effects for a permanent electrical resistivity tomography monitoring system along the embankment of an irrigation canal. Near Surface Geophysics, 18, 4, 427-443. <https://doi.org/10.1002/nsg.12110>.
- [9] Tresoldi G., Hojat A., Cordova L., Zanzi L. (2020), Permanent geoelectrical monitoring of tailings dams using the autonomous G.RE.T.A. system. Proceedings of the 24th conference on Tailings and Mine Waste, November 15–18, 2020, 729-739. https://tailingsandminewaste.com/2020/TMW2020_V3.pdf.
- [10] Tresoldi G., Hojat A., Zanzi L. (2020), Il sistema G.Re.T.A., una soluzione innovativa per il monitoraggio delle discariche e dei siti contaminati. Atti del Convegno Ecomondo, 3-6 Novembre 2020, Maggioli Ed., 471-476.

BEACON CONFERENCES

PRENDERSI CURA DEL SUOLO È PRENDERSI CURA DELLA VITA: POLITICHE PER LA SALUTE DEL SUOLO E INNOVAZIONE

La vita sulla Terra dipende da un suolo sano. Il suolo sotto i nostri piedi è infatti un sistema vivente, dimora di molte piante e animali affascinanti, le cui interazioni invisibili assicurano il nostro benessere e quello del pianeta. Il suolo ci fornisce cibo nutriente e altri prodotti, nonché acqua pulita e habitat rigogliosi per la biodiversità. Allo stesso tempo, il suolo può aiutare a mitigare il cambiamento climatico e renderci più resistenti agli eventi climatici estremi come siccità e inondazioni. I suoli preservano il nostro patrimonio culturale e sono una parte fondamentale dei paesaggi. In poche parole, i suoli viventi sani mantengono in vita noi e il mondo che ci circonda. Tuttavia il suolo è una risorsa fragile che deve essere gestita con attenzione e salvaguardata per le generazioni future. Un centimetro di terreno può richiedere centinaia di anni per formarsi, ma può essere perso in pochissimo tempo, con effetti gravi difficili da invertire. Il 60-70% dei suoli dell'UE è malsano, il 25% dei terreni è ad alto o molto alto rischio di desertificazione nell'Europa meridionale, centrale e orientale. Si stima che i costi associati al degrado del suolo nell'UE superino i 50 miliardi di euro all'anno. Ciò non riguarda solo l'economia, ma anche la produzione alimentare sicura e ciò che la natura fornisce all'umanità per sopravvivere. L'obiettivo della missione della Commissione europea è che entro il 2030 almeno il 75% di tutti i suoli in ogni Stato membro dell'UE sia sano o mostri miglioramenti significativi. La sessione presenta un contributo che tratta il tema "zero waste".

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico di Ecomondo, European Mission for Soil Health and Food, Re Soil Foundation, Coldiretti**

Presidenti di sessione:

- Catia Bastioli, *Member of the EC Mission Board for Soil Health and Food*
- Kerstin Rosenow, *Responsabile Ricerca e Innovazione, DG AGRI*

Zero. La guida interattiva al non spreco alimentare

*Barbara Molinario, molinario@roadtogreen2020.com,
Road to green 2020, Via Cassia 834, 00189 Roma*

Riassunto

“Zero. La guida interattiva al non spreco” è un libretto interattivo ideato da Barbara Molinario, presidente dell’Associazione Road to green 2020. Ogni anno buttiamo via circa il 17% del cibo che compriamo (dati ONU). Cibo di buona qualità, ma che lasciamo scadere, o avanzi dei pasti dei giorni precedenti, che non abbiamo voglia di mangiare.

Il libretto promuove la filosofia “zero-waste”, insegnando a riciclare, utilizzare e riutilizzare ogni parte del cibo, compresi gli scarti. Perché il cibo non dovrebbe mai essere sprecato.

Zero è un libretto interattivo, in cui Chef Susie (il personaggio principale) interagisce con il lettore, suggerendo ricette e consigli. Per farle prendere vita basta avere uno smartphone o un tablet. Dopo aver scaricato l’app gratuita, basta inquadrare la copertina o le pagine e lei vi parlerà. Su alcune pagine c’è anche un QR code, che dà accesso a ulteriori informazioni e video, che possono essere condivisi via chat o social media.

Rivolto ai giovani, per insegnare loro in modo giocoso fin dall’infanzia l’importanza del riuso e del non spreco, è una lettura piacevole e utile anche per gli adulti.

Summary

“Zero. La guida interattiva al non spreco” is an interactive book conceived by Barbara Molinario, president of the association Road to green 2020. Every year we throw away about 17% of the food we buy (UN data). Good quality food, but we let it expire, or leftovers from previous days’ meals, which we don’t want to eat.

It pursues the zero-waste philosophy, teaching how to recycle, use and reuse every part of the food, including waste. Because food should never be wasted.

Zero is an interactive book, in which Chef Susie (the main character) interacts with the reader, suggesting recipes and tips. To make her come to life, all you need is a smartphone or a tablet. After downloading the free app, simply frame the cover or pages and she will talk to you. On some pages there is also a QR code, which gives access to more information and videos, which can be shared via chat or social media.

Aimed at youths, to teach them in a playful way from childhood the importance of reuse and non-waste, it is also a pleasant and useful read for adults.

1. Introduzione

Stando ai dati dell’ultimo rapporto UNEP (United Nations Environment Programme), circa il 17% del cibo che acquistiamo viene gettato via. Solo nel 2019 è andato sprecato un quantitativo di alimenti pari a 23 milioni di camion da 40 tonnellate a pieno carico.

In Italia lo spreco alimentare a livello domestico costa circa 6.5 miliardi di euro ogni anno, quello generato da produzione e distribuzione (industrie, GDO, logistica...) oltre 3 miliardi di euro annui, per un totale di quasi 10 miliardi di euro che ogni anno gettiamo nella pattumiera,

pari a quasi 2 milioni di tonnellate. Nel nostro paese lo scorso anno sono stati gettati via 27 kg di cibo pro capite, di questi 1 kg a testa solo di pane.

Dati che devono spingerci a riflettere sul nostro modo di approcciarci all'alimentazione e alla sua gestione, con una parte di mondo caratterizzata da spreco ed eccessi, mentre l'altra alle prese con fame e scarsa disponibilità di cibo.

Una questione di grande importanza, che trova spazio anche all'interno dell'Agenda 2030 dell'ONU per lo Sviluppo Sostenibile. Il target 12.3, infatti, pone l'obiettivo *“Entro il 2030, dimezzare lo spreco pro capite globale di rifiuti alimentari nella vendita al dettaglio e dei consumatori e ridurre le perdite di cibo lungo le filiere di produzione e fornitura, comprese le perdite post-raccolto”*.

L'unico modo per raggiungere questo obiettivo è promuovere una migliore educazione alimentare, diffondendo in tutta la popolazione una maggior consapevolezza delle conseguenze delle nostre azioni, anche di quelle che sembrano più innocue.

In quest'ottica è nato *“Zero. La guida interattiva al riuso”*, un libretto interattivo che grazie alla realtà aumentata fornisce ricette e consigli per ridurre gli sprechi, incentivando il riciclo e il riuso in cucina.

Il target principale è stato individuato negli studenti delle scuole elementari e medie per due ragioni: far entrare l'educazione alimentare all'interno degli istituti di istruzione (molti dei quali hanno anche la mensa, un buon banco di prova per mettere in pratica quanto imparato), ma soprattutto perché i giovani costituiscono la società e i consumatori del domani. Intervenire oggi in modo da indirizzare i loro comportamenti di acquisto, affinché imparino a gestire la lista della spesa, evitando gli sprechi e sostenendo l'ambiente.

Dato il target, è stata scelta una modalità educativa ludica, interattiva e tecnologica.

I disegni sono stati realizzati dall'illustratrice Silvia Amantini.

2. Chef Susie, la chef in realtà aumentata che insegna il non spreco

Chef Susie, personaggio ambasciatore per il progetto e protagonista del libretto, è una dolce bambina che insieme ai suoi amici animaletti assisterà i bambini e i genitori durante tutto il processo di (ri)educazione culinaria. Ad aiutare la piccola chef a fumetti anche un maestro pasticciere che ha lavorato presso ristoranti stellati noti in tutta Italia, e una squadra di giovani chef di nuova generazione che consigliano i ragazzi su come riutilizzare il cibo con delle ricette, facili da realizzare e alla portata di tutti, per far capire che quel cibo non aveva ancora concluso il suo ciclo vitale e sarebbe stato sbagliato gettarlo via.

La particolarità sta nel fatto che, grazie alla realtà aumentata, la piccola chef potrà prendere vita con un semplice tap, parlare con i lettori, aiutare i bambini nella realizzazione delle ricette, guidandoli alla ricerca di nuovi materiali, per suscitare curiosità.

Per farle prendere vita, basta avere uno smartphone o un tablet, dispositivi di cui, ormai, dispongono anche i giovanissimi.

Dopo aver scaricato l'app gratuita dedicata, basta inquadrare la copertina o le pagine e Chef Susie prenderà vita e vi parlerà. Su alcune delle pagine interne, inoltre, c'è anche un QR code, che dà accesso a ulteriori informazioni e video. Questi contenuti extra possono essere condivisi via chat o sui principali social media, così da ampliare la diffusione dei contenuti, cercando di sensibilizzare, incuriosire ed educare quante più persone possibile. Per questo motivo, è stata realizzata una versione in digitale, un flipbook, un vero e proprio libretto sfogliabile on line, oltre ad una versione in pdf condivisibile tramite e-mail. Anche nel caso in cui si scelga di leggere Zero in uno dei suoi formati digitali, tutte le caratteristiche interattive restano invariate e utilizzabili come nella versione stampata, la realtà aumentata e i qr code sono perfettamente funzionanti.

3. Imparare a fare la spesa

Il primo passo, nonché il più importante, per sprecare meno cibo è imparare a fare la spesa.

Sembra una cosa ovvia e banale, non comprare ciò che non consumerai, così da non doverlo gettare via. Eppure, la questione è ben più complessa di quanto appaia.

Spesso si va al supermercato nei ritagli di tempo, in tutta fretta, magari anche affamati. Queste condizioni ci portano a mettere nel carrello molte più cose di quelle di cui abbiamo realmente bisogno. Altro elemento che ci porta a fare acquisti impulsivi è la pubblicità. Oggi siamo sovraesposti a continui flussi comunicativi, che ci propinano prodotti di ogni sorta, suscitando curiosità e desiderio. La pubblicità sta diventando sempre più accattivante, e molti di questi spot riescono ad entrare nella nostra testa e a toccare le corde giuste che ci portano a pensare “Ma sì, lo prendo”.

Infine, le confezioni famiglia, dal prezzo invitante e conveniente. In questi casi, però, l'effettivo risparmio c'è soltanto per le famiglie numerose che, di fatto, consumeranno tutto il contenuto della confezione. In questi casi, la soluzione migliore, laddove possibile, è di consumarne una parte e surgelare il resto, apponendo sopra un'etichetta con la data in cui è stato posto nel freezer (ricordate, ogni alimento ha un determinato tempo di conservazione, anche da surgelato).

La soluzione per evitare di arrivare alla cassa con un carrello colmo di cibo che finiremo per gettare via è quella di stilare a casa una lista della spesa. Questa dovrà essere valutata sulla base di ciò che c'è in dispensa e in frigo, segnando solo le cose di cui abbiamo bisogno. Meglio fare un planning mentale di ciò che mangeremo per i vari pasti nei prossimi giorni, segnando solo gli ingredienti di cui avremo bisogno per prepararli.

Per chi ha bambini in casa, però, questa operazione non è sempre semplice, poiché spesso tendono a fare capricci a tavola. È importante insegnare loro sin dalla prima infanzia la giusta educazione alimentare, magari coinvolgendoli nella preparazione dei loro pasti e portandoli con noi a fare la spesa. Tra gli scaffali del supermercato potremo far loro scoprire alimenti che ancora non fanno parte della loro dieta, proponendo quell'uscita come un gioco, facendo pesare a loro le verdure e promettendo che saranno loro stessi a prepararle. In questo modo, anche mangiare spinaci, zucchine o qualsiasi altra “odiata verdura” diventerà un'esperienza divertente.

4. Selettività ed educazione alimentare nei bambini e nei ragazzi

Quello della selettività, ovvero il rifiuto da parte del bambino di determinati cibi, con conseguenze sul suo stato di salute presente e futuro, è un problema che affligge migliaia di genitori. Eppure, spesso gli viene dato poco peso, archiviando la questione come normali capricci dell'età.

In realtà, è proprio da bambini che possiamo indirizzare gli atteggiamenti e i comportamenti che saranno sviluppati in futuro.

Il ruolo della famiglia è determinante nel percorso di educazione alimentare dei bambini e dei ragazzi, ma anche la scuola ha un peso importante. Sono moltissimi, infatti, gli alunni che pranzano nelle mense scolastiche, e questi pasti potrebbero rappresentare un momento educativo particolarmente utile nella loro crescita.

I pediatri evidenziano come lasciar scegliere al bambino cosa mangiare e cosa no possa incidere negativamente sul suo sviluppo e la sua salute in età adulta.

Il bambino che rifiuta frutta, verdura, pesce e legumi (cibi sicuramente salutari e molto importanti per il nostro modello alimentare mediterraneo) può evolvere verso due situazioni: o mangia sempre di meno, rifiutando sempre più alimenti, crescendo tendenzialmente magro e, in alcuni casi, sfociando in quadri clinici particolari, oppure nel caso più frequente, non man-

gia certi alimenti prediligendo solo carboidrati, come pasta, pane, pizza, patate, diventando a rischio di obesità, che oggi rappresenta il primo problema nutrizionale della popolazione italiana, anche tra i più giovani, al punto che circa un terzo dei nostri bambini è in sovrappeso o già obeso. L'obesità in età pediatrica si correla spesso a una serie di complicanze che vanno dal fegato grasso, a livelli elevati di insulina, ad alterazione dei grassi, quindi colesterolo e trigliceridi alti e livelli elevati di pressione. Un quadro clinico che deve mettere decisamente in allarme.

All'interno di Zero è presente il contributo del professor Giuseppe Morino, pediatra e dietologo, responsabile della Unità Operativa di Educazione Alimentare presso l'Ospedale pediatrico Bambino Gesù di Roma, che indica alcune strategie da attuare in famiglia e a scuola per riuscire a indirizzare il bambino verso un regime alimentare sano, riducendo al contempo gli sprechi di cibo e favorendo la sostenibilità ambientale.

Secondo il professor Morino, alla base ci deve essere sempre un percorso di educazione che riguarda la famiglia sin dai primi momenti della vita del bambino, sapendone gestire l'alimentazione ed educandolo poi a conoscere i vari alimenti.

Davanti al rifiuto di un cibo non va detto semplicemente "mangialo", che potrebbe causare un'ulteriore chiusura da parte del bambino, che potrebbe estendersi anche alle altre cose che ha nel piatto o sono in tavola.

È, invece, importante accompagnarlo a sperimentare un percorso multisensoriale che lo porti a scoprire i vari cibi. Il bambino va invitato a partecipare alla spesa con il genitore, a lavare, toccare e odorare il cibo attivando così olfatto, vista e tatto, per conoscere un determinato alimento. Dopodiché, con l'assaggio verrà attivato il gusto, portandolo pian piano ad accettare quel tipo di alimento.

È fondamentale che il bambino venga coinvolto presto in questa esperienza, sin da quando comincia a mangiare la pappa dopo lo svezzamento del primo anno di vita.

Ad esempio, va stimolata la sua curiosità nella preparazione di piatti colorati e simpatici lasciando che il bambino possa toccare il cibo. Successivamente fra i due e i quattro anni quando il bambino dice "no" a tante cose tra cui anche i cibi, è fondamentale che il genitore sappia proporre in una maniera ludica anche alimenti non graditi, facendo sperimentare il bambino e aiutandolo a preparare quel piatto, senza rimandare la questione perché altrimenti nascono dei problemi.

5. Le 10 regole per il non spreco

All'interno di Zero si trovano anche 10 regole d'oro per imparare a ridurre gli sprechi in cucina, che sono stati curati dall'ex presidente del Movimento per la Decrescita Felice, Lucia Cuffaro.

Il Movimento per la Decrescita Felice è un'associazione di sensibilizzazione pubblica, che ha come obiettivo favorire il benessere della cittadinanza, incentivando l'utilizzo di ciò che è a basso impatto ambientale, che non crea sfruttamento sugli esseri viventi e che permette un'equa distribuzione del denaro.

Si tratta di consigli utili e facilmente attuabili, che potranno incidere in modo estremamente positivo sulla qualità della nostra vita.

Imparare a fare bene la spesa, infatti, significa sprecare meno, e quindi risparmiare denaro, ma anche avere la possibilità di condurre un'alimentazione più varia, magari anche più bilanciata, guadagnandone anche in salute.

Ecco le regole per il non spreco di Zero:

1. Comprare solo l'indispensabile e con moderazione, facendo sempre una lista della spesa come promemoria. Acquistate le quantità di cibo che sapete di poter consumare nel breve periodo.

2. Non approfittare dei formati convenienza, soprattutto in prodotti da consumare entro pochi giorni.
3. Controllare periodicamente il buon funzionamento del frigorifero e del congelatore. La temperatura deve essere sempre tra 1 e 5 gradi.
4. Al supermercato scegliere gli alimenti con una vita residua più lunga.
5. Riporre sempre in modo intelligente gli alimenti nel frigorifero, nel congelatore e nella dispensa. In frigo ogni alimento dovrebbe esser messo nel posto giusto: frutta e verdura nei cassetti; pesce e carne cruda al primo piano; carne cotta al secondo; affettati e formaggi più in alto; conserve aperte e uova ancora più su. In questo modo gli alimenti si conserveranno meglio.
6. Usare bene il congelatore. Congelare gli alimenti che avanzano e, dopo la cottura in caso di ulteriori avanzi e se possibile, ricongelarli.
7. Ridurre o moderare le porzioni da servire. Meglio una porzione media accompagnata da un possibile bis, che un avanzo nel piatto.
8. Tenere a mente la differenza tra la dicitura “da consumarsi preferibilmente entro” e “da consumarsi entro”. Nel primo caso parliamo della data fino alla quale il prodotto alimentare conserva le sue proprietà specifiche in adeguate condizioni di conservazione, mentre nel secondo caso si indica la data entro quale esso va obbligatoriamente consumato.
9. Usare la creatività in cucina: se abbiamo degli avanzi, cerchiamo di metterci alla prova e di riutilizzarli nella preparazione di altri piatti.
10. Incentivare il compostaggio domestico. Attraverso esso i residui della preparazione dei pasti, gli scarti di cibo e dell'orto vengono trasformati in concime organico riutilizzabile nello stesso orto e nel giardino. In questo modo eviteremo gli sprechi e diminuiranno lo smaltimento in discarica dei rifiuti.

6. I contributi a Zero

Zero nasce da un'idea di Barbara Molinaro, presidente dell'Associazione per la sostenibilità ambientale Road to green 2020, in collaborazione con G r me Bourdezeau, Leonardo Tosoni e Dionisio Graziosi, presidente commissione tecnico scientifica di Road to green 2020. Per il suo valore nella promozione di buone pratiche sostenibili, Zero sin da subito ha incontrato il favore di molti altri professionisti, che hanno accettato di collaborare con entusiasmo.

In molti hanno contribuito alla sua redazione, fornendo video ricette ispirate al non spreco e al riutilizzo degli avanzi: la giovane pasticciera Francesca Castignani mostra l'utilizzo del pan carr  per una gustosa colazione; lo chef Marco Claroni de "L'Osteria dell'Orologio" mostra come riutilizzare lo sgombro in modo innovativo; Dino De Bellis chef di Vyta Enoteca Regionale del Lazio, del Salotto Culinario e de l'Antica Osteria L'Incannucciata mostra il riutilizzo della crosta di parmigiano; il celebre pasticcere televisivo Sal De Riso propone un dolce realizzato con la colomba pasquale; la chef del bistrot "Marzapane" Alba Esteve Ruiz realizza una ricetta a base di baccal ; lo chef pluristellato Oliver Glowig mostra una preparazione a base di avanzi di pasta e piselli; l'ambasciatore della cucina amalfitana Pasquale Torrente usa le alici, suo ingrediente preferito; Massimo Pulicati e Maria Luisa Zaia, proprietari de "L'Oste della Bon'Ora" creano una ricetta a base di scarti di verdure. Come riutilizzare la testa del pesce lo mostra il food blogger di Piattoricomicifico Leonardo Tosoni che ha curato anche la direzione artistica di Zero. La tecnologia   stata affidata a Skylab Studios, leader nel settore della Realt  Aumentata. La fumettista che ha ideato e realizzato Chef Susie   Silvia Amantini. I contributi scientifici sono stati condivisi dal dottor Giuseppe Morino, Pediatra e dietologo, responsabile della Unit  Operativa di Educazione Alimentare presso l'Ospedale pediatrico Bambino Ges  di Roma, mentre l'attivista, ex Presidente del Movimento per la Decrescita Felice Lucia Cuffaro ha stilato il decalogo per il non spreco.

La prima stesura del libretto vede i patrocini di: Ministero dell'Ambiente; Regione Lazio; Assessorato alle Politiche Ambientali di Roma Capitale; Conferenza delle Regioni italiane; Ambasciata della Repubblica Slovacca; Ambasciata di Polonia; Ambasciata di Ungheria; Ambasciata dell'Azerbaijan. Legambiente; Unindustria GGI; Confcommercio; Federcongressi & Eventi; Istituto Slovacco a Roma; Food For Good; Centro Studi Criticalia; Fashion News Magazine; la rivista Motor; Comptoir De France; Cinecittà World.

7. Conclusioni

L'obiettivo dell'Agenda 2030 dell'ONU di dimezzare lo spreco alimentare può sembrare ambizioso, ma, con l'impegno da parte di tutta la società, questo è possibile.

Le tonnellate di cibo gettate via ogni giorno in tutto il mondo hanno un enorme costo economico sia nel momento in cui finisce in pattumiera (cibo acquistato e non consumato), sia in un secondo momento, poiché questi rifiuti dovranno essere raccolti e smaltiti (costo dei trasporti, del lavoro umano), con un relativo impatto negativo anche sull'ambiente.

Insegnare a gestire meglio le provviste di cibo domestiche, a fare la spesa comprando solo ciò di cui abbiamo bisogno e a riutilizzare gli avanzi e gli scarti, dando loro nuova vita anziché gettarli via sono gli obiettivi di Zero.

Rivolgendosi ai più giovani (e di riflesso anche alle loro famiglie) Zero diffonde una maggiore e migliore educazione alimentare, costruendo una società del futuro più attenta e consapevole nei confronti dell'ambiente e dello spreco alimentare.

Uno strumento ludico educativo, che parla il linguaggio dei suoi destinatari, e che è semplice e divertente da utilizzare. Tutte queste caratteristiche ne garantiscono l'efficacia e la viralità.

Bibliografia

[1] <https://unric.org/it/agenda-2030/>

[2] <https://www.unep.org/>

[3] https://www.repubblica.it/green-and-blue/2021/03/04/news/spreco_alimentare_viene_gettato_il_17_di_cibo_del_mondo-290315230/

[4] https://www.repubblica.it/solidarieta/cibo-e-ambiente/2021/02/05/news/spreco_alimentare_nel_2020_sono_stati_prodotti_soltanto_27_kg_a_testa_di_cibo_gettato_via_ma_non_basta-286124488/

[5] <https://www.gamberorosso.it/notizie/giornata-contro-lo-spreco-alimentare-10-regole-per-evitarlo/>

[6] <https://www.slowfood.it/lo-spreco-alimentare-quanto-ci-dobbiamo-allarmare/>

[7] <http://tendenzeonline.info/articoli/2021/04/14/spreco-alimentare-sviluppo-sostenibile/>

Indice degli autori

- Aiello Massimo 223
Amodeo Elisa 17, 141
Angelelli Mario 95
Ascoli Silvio 61
- Badalucco Laura 74
Barbadoro Antonio 52
Barchiesi Margherita 199
Bargiacchi Enrica 223
Beggio Giovanni 323
Belfiore Luca 122, 130
Benzi Monica 17
Berardi Francesco 381
Bernasconi Luca 240
Bonato Tiziano 323
Buraschi Luca 214
- Calisi Antonio 95
Cammillozzi Flavio 159
Cappai Giovanna 323
Cappelletti Giulio Mario 68
Carboni Marcello 360
Carletti Francesca 193
Caruso Roberta 25
Casarotto Luca 74
Cataldo E. 153
Cattaneo Andrea 290
Cavallo Domenico Maria 290
Cavallo Marino 11, 228
Cecchini Giancarlo 159, 199, 271
Cesari Daniela 323
Ciprandi Andrea 347
Coccatto Erika 74
Corradi Corrado 271
Costa Pietro 74
Costa Rodolfo 353
Curcio Giulia Maria 25
- d'Orta Carlo 234
Dall'Amico Matteo 193
Danisi Anna 283
De Bari Isabella 247
De Cesare Fabrizio 38
de Gennaro Gianluigi 277
De Molfetta Maurizio 115
De Santis Benedetta 122
De Santis Noemi 122
De Prosperis Giulio 271
Di Capua Rosa 101, 108, 115
Di Noia Alfredo Ernesto 68
Di Maria Francesco 323
Di Vincenzo Giulia 353
Donati Mariangela 360
Doni S. 153
- Filippi Alessandro 159, 199, 271
Florio Gianluigi Nicola 381
Fontana Marco 329
Formenton Gianni 323
Franceschetti Nicolò 193
Frugis Alessandro 199, 271
- Gandini Jacques 81, 305
Garuti Mirco 168
Gatti Luca 313
Gerotto Alessandro 366
Gerotto Federico 366
Ghezzi Gioia 74
Ghiringhelli Giorgio 17, 141
Gioia Valentina 199
Giurlani Gianmario 366
Giuseppe Tassielli 101, 108, 115
Goria Paola 360
Grasso Simone 177
Gualco Daniele 214
Guerra Paolo 240

Haemers Jan 374
 Hojat Azadeh 388

 Invernizzi Marzio 290, 296
 Ioppolo Francesco 353

 Kuoppala Antti 148

 Laatikainen Outi 148
 Lattanzi Giuseppe 52
 Lazzazzara Marco 199
 Limonti Carlo 25
 Liuzzi Federico 247
 Lo Schiavo Camilla 277
 Lolivier Yannick 374
 Lomoro Antonella 88, 381
 Lukkari Ella 148
 Luongo Pasquale 283

 Macagnano Antonella 38
 Macci C. 153
 Maestri Elena 223
 Malesani Rachele 323
 Mancini Nicola 101, 108
 Manenti Flavio 223
 Mangiagli Sebastiano 32
 Manzi Davide 153
 Marangoni Edoardo 366
 Marchio Francesco 25
 Marchisio Ilaria 329
 Mari Massimo 38
 Marinaccio Sebastiano 263
 Marmiroli Nelson 223
 Masciandaro G. 153
 Masini C. 153
 Masiol Mauro 323
 Mattii G. 153
 Mazziotti Carla 38
 Merluzzi Luisa 271
 Merola Giuseppina 283
 Miele Sergio 223
 Miletto Enrico 159
 Minoia Mariachiara 95
 Mircea Mihaela 337
 Molinario Barbara 395
 Montanari Chiara 240
 Mossa Giorgio 88

 Nicoletti Giuseppe Martino 68
 Notarnicola Bruno 101, 108, 115

 Ourrid Youssef 374

 Pacella Katia 374
 Pagani Paolo 17, 141
 Pagano Chiara 61
 Palmeri Luca 323
 Passalacqua Cinzia 263
 Pellegrino Roberta 88
 Pelusi Sara 184
 Pian Francesca 74
 Piana Elisabetta 45
 Piccinini Sergio 168
 Pipino Enrica 329
 Pivato Alberto 323
 Poletti Alessandra 61
 Polvara Elisa 290
 Pomi Raffaella 61
 Possamai Simona 329
 Proietti Anna 61

 Ranieri Luigi 88
 Renzulli Pietro Alexander 101, 108, 115
 Ricotti Ilaria 253
 Rimpiläinen Antti 148
 Rocchetti Andrea 207
 Rossi Fabio 223

 Salzarulo Antonella 329
 Samarina Tatiana 148
 Santamaria Nicola 329
 Santini Stefano 52
 Sanzani Mauro 130
 Sbarbaro Giuseppe 17, 141
 Schilirò Tiziana 329
 Sguario Carlo 17
 Siciliano Alessio 25
 Signorini Marco 141
 Simboli Alberto 184
 Sinisgalli Erika 168
 Sironi Selena 290, 296
 Soggiu Luca 207
 Soldano Mariangela 168
 Spinazzè Andrea 290
 Spizzirri Massimo 271
 Stacchini Valeria 337

Taddeo Raffaella 184
Tafari Simona 263
Tagliaferri Francesca 296
Tresoldi Greta 388

Valentini Andrea 122, 130
Valerio Vito 247
Viola Egidio 247

Zanzi Luigi 388

