

ECOMONDO

THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO

7-10 NOVEMBRE 2017

RIMINI ITALY

21ª FIERA INTERNAZIONALE DEL RECUPERO DI MATERIA
ED ENERGIA E DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE

IN CONTEMPORANEA CON

KEY ENERGY

www.ecomondo.com



GREEN AND CIRCULAR ECONOMY: RICERCA, INNOVAZIONE E NUOVE OPPORTUNITÀ

- **Rifiuti: strategie per la raccolta, valorizzazione, sistemi di gestione integrata, smaltimento in discarica, implementazione di un'economia circolare, compostaggio**
- **Gestione sostenibile della risorsa idrica**
- **Qualità dell'aria, monitoraggio, gestione e controllo delle emissioni odorigene**
- **Gestione e bonifica sostenibile nel quadro dell'economia circolare**
- **Industria biobased, innovazione nella bioeconomia**

La "Gru coronata grigia"
Mascotte di Ecomondo - 2017



Luciano Morselli
Gru coronata grigia
Acrilico su carta latte - 30x21 cm - 2017

www.ecomondo.com

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

ITALIAN
EXHIBITION
GROUP

A merger of
Rimini Fiera and Fiera di Vicenza


MAGGIOLI
EDITORE

Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo 2017

Presidente

Fabio Fava - Università di Bologna

Past president

Luciano Morselli - Università di Bologna

Executive Board

Gianni Silvestrini - Kyoto Club (Presidente Comitato Tecnico Scientifico Key Energy)

Edo Ronchi, Raimondo Orsini - Fondazione Sviluppo Sostenibile (Stati Generati della Green Economy)

Gian Marco Revel - Università politecnica delle Marche (Coordinatore Gruppo di Lavoro Città Sostenibile)

Fabio Orecchini - Guglielmo Marconi University (Coordinatore Gruppo di Lavoro Mobilità e Trasporto Sostenibili - H2R)

International Advisory Board

Philippe Corvini - University of Applied Sciences Northwestern Switzerland, Switzerland & Environmental Biotechnology section of the European Federation of Biotechnology (EFB)

Christian Pattermann - Advisor to the State Government of North-Rhine Westphalia (NRW), Germany & Former Director EU Commission, DG RTD, Brussels

Nicholas Kalogerakis - Department of Environmental Engineering, Technical University of Crete, Crete, Greece

Carlos Silva Filho, Marco Ricci - Iswa International

Advisory Board

Catia Bastioli & Giulia Gregori - Novamont & Cluster Chimica Verde

Vito Belladonna - Agenzia territoriale dell'Emilia Romagna per i servizi idrici e rifiuti

Tonino Bernabè - Romagna Acque

Danilo Bonato - Consorzio Remedia

Francesco Bosco - Associazione Idrotecnica Italiana

Filippo Brandolini, Valentina Cipriano, Renato Drusiani, Gian Luca Spitella - Utilitalia

Giorgio Bressi - ANPAR, Associazione Nazionale Produttori Aggregati Riciclati

Enrico Cancila, Marco Ottolenghi - Emilia Romagna Valorizzazione Economica del Territorio (ERVET)

Daniele Cazzuffi - Cesi Spa

Franco Cecchi - Università di Verona & Consorzio INCA

Massimo Centemero - CIC, Consorzio Italiano Compostatori

Stefano Ciafani - Legambiente

Roberto Coizet - Edizioni Ambiente

Carlo Collivignarelli - Università di Brescia

Gianluigi De Gennaro - Università di Bari & Società Chimica Italiana (SCI)

Morena Diazi, Paolo Ferrecchi - Regione Emilia Romagna

Walter Facciotto - CONAI, Consorzio Nazionale Imballaggi

Francesco Fatone - Università politecnica delle Marche & International Water Association (IWA)

Paola Ficco - "Rifiuti - Bollettino di informazione normativa"

Marco Frey - Istituto di Management della Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna

Roberta Frisoni, Anna Montini - Comune di Rimini

Antonella Galdi - ANCI, Associazione Nazionale Comuni Italiani

Piero Gattoni - Consorzio Italiano Biogas

Donatella Giacometti - Unione Petrolifera Italiana

Rosanna Laraia - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Mauro Majone - Università "La Sapienza"

Carlo Maria Medaglia, Benedetta Dell'Anno, Ilde Gaudiello - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Giuseppe Mininni - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

Roberto Morabito - Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)

Loredana Musmeci - Istituto Superiore di Sanità

Maria Letizia Nepi - Unione Nazionale Imprese Recupero, FISE UNIRE

Eugenio Onori - Albo nazionale gestori ambientali

Fabrizio Passarini - Università di Bologna

Alessandra Pellegrini, Sergio Treichler - Federchimica

Elisabetta Perrotta - FISE Assoambiente

Donato Rotundo - Confagricoltura

Gaetano Settimo - Istituto Superiore di Sanità

Giovanni Squitieri - Invitalia Attività Produttive SpA

Cinzia Tonci - Ministero dello Sviluppo Economico

Giuseppe Bortone, Barbara Villani - ARPAE Emilia – Romagna

Segreteria di coordinamento

Mariachiara Conte - Italian Exhibition Group

Elisa Tamburini - Italian Exhibition Group

Grazia Totaro - Università di Bologna, Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali

Responsabili di manifestazione

Alessandra Astolfi - Group Brand Manager Green&Technology Division, Italian Exhibition Group

Mauro Delle Fratte - Brand Manager, Italian Exhibition Group



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. 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 130 su riviste internazionali di medio-alto IF. È il Vice-Chairman della sezione di *Environmental Biotechnology* della *European Federation of Biotechnology* e Delegato del Ministero dell’Educazione, Università e Ricerca nel *Working Party on Biotechnology, Nanotechnology and Converging Technologies* presso l’OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) e nell’ambito delle iniziative per la crescita blu del Mediterraneo EUSAIR e WESTERN MEDITERRANEAN. È inoltre 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. Infine è il Rappresentante italiano nel comitato di *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), nell’ambito dello “*State Representative Group*” della “*Public Private Partnership (JTI) Biobased Industry*” e dell’iniziativa BLUEMED. È infine il Presidente del Comitato scientifico/tecnico di Ecomondo dal 2013.

ARRIVEDERCI A

ECOMONDO

THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO

6-9
NOVEMBRE 2018
RIMINI ITALY

22^a FIERA INTERNAZIONALE DEL RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA E DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE
IN CONTEMPORANEA CON

KEY ENERGY

ECOMONDO

THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO

7-10 NOVEMBRE 2017

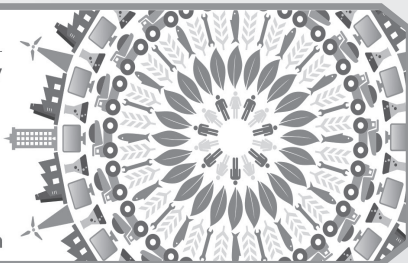
RIMINI ITALY

21ª FIERA INTERNAZIONALE DEL RECUPERO DI MATERIA
ED ENERGIA E DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE

IN CONTEMPORANEA CON

KEY ENERGY

www.ecomondo.com



GREEN AND CIRCULAR ECONOMY: RICERCA, INNOVAZIONE E NUOVE OPPORTUNITÀ

- **Rifiuti: strategie per la raccolta, valorizzazione, sistemi di gestione integrata, smaltimento in discarica, implementazione di un'economia circolare, compostaggio**
- **Gestione sostenibile della risorsa idrica**
- **Qualità dell'aria, monitoraggio, gestione e controllo delle emissioni odorigene**
- **Gestione e bonifica sostenibile nel quadro dell'economia circolare**
- **Industria biobased, innovazione nella bioeconomia**

La "Gru coronata grigia"
Mascotte di Ecomondo - 2017



Luciano Morselli
Gru coronata grigia
Acrilico su carta latte - 30x21 cm - 2017

www.ecomondo.com

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

ITALIAN
EXHIBITION
GROUP

A merger of
Rimini Fiera and Fiera di Vicenza

**MAGGIOLI
EDITORE**

© Copyright 2017 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: 978.88.916.2593.9

Indice

- pag. 7 Introduzione
- pag. 11 **WASTE/TECHNICAL MATERIALS MANAGEMENT AND EXPLOITATION
RISORSE DAI RIFIUTI: SOLUZIONI INNOVATIVE E CONSEGUENZE AM-
BIENTALI VERSO L'IMPLEMENTAZIONE DI UN'ECONOMIA CIRCOLARE**
- pag. 13 La valorizzazione dei materiali di scarto tra economia, scienza e normazione: l'esperienza del progetto FAR UNIMORE “Il dialogo pubblico-privato nello sviluppo dell'economia sostenibile. Il case history della gestione dei rifiuti tra rischi ed opportunità” di Valeria Bortolotti, Luca Vespignani, Aljs Vignudelli, Luisa Barbieri, Fernanda Andreola, Isabella Lancellotti, Elena Bursi
- pag. 20 RAP-CO₂: Development of a standardized method for the quantification of the avoided emissions of the asphalt production process due to the re-use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) di Francesco Caridei, Roger Midence, Claudia Mosangini, Daniele Raschiatore
- pag. 27 Problematicità e opportunità del passaggio a tariffa – il caso di Cornaredo (MI) di Silvia Colombo, Mario Santi, Giorgio Ghiringhelli, Flavia M. Aquilio, Enzo Milano, Yuri Santagostino, Fabio Midolo
- pag. 33 Affidamento dei servizi di igiene urbana in aree con bisogni di natura sociale: il ricorso alla gara riservata ex art. 112 D.Lgs. 50/2016 quale strumento per integrare gli aspetti sociali nelle procedure di affidamento di Giorgio Ghiringhelli, Pietro Moro, Aldo Coppetti
- pag. 40 Introduzione della PAYT: primi risultati del progetto europeo WASTE4think di Michele Giavini, Elisa Amodeo, Silvia Colombo, Giorgio Ghiringhelli, Marzio Marzorati, Simona Colombo
- pag. 48 Rifiutami con il cuore. Strategia e risultati di 3 anni di attività di Cristina Gilardi, Nicoletta Nodari, Francesco Micheletti
- pag. 53 First estimation of exploitable “marine” residues from beach cleaning operations and fish markets at Emilia Romagna region di Nicolas Greggio, Carlotta Carlini, Diego Marazza, Nicola Labartino, Mariangela Soldano, Andrea Contin
- pag. 59 Database of the residual biomasses in Emilia Romagna Region and relative production sites di Nicolas Greggio, Mattia Benamati, Diego Marazza, Nicola Labartino, Sergio Piccinini, Andrea Contin
- pag. 67 Produzione di biometano da sottoprodotti agro-industriali nel contesto piacentino: fattibilità tecnica e potenzialità economica di Francesco Magli, Edoardo Micconi, Giorgia Lombardelli, Giulio Bortoluzzi, Federico Capra, Alberto Sogni, Nicola Labartino, Sergio Piccinini, Manuele Gatti

- pag. 74 Monitoraggio della qualità della raccolta differenziata presso utenze condominiali di *Riccardo Marchesi, Fabrizio Romboli, Mauro Sterpone*
- pag. 81 Il progetto POSBEMED e la gestione sostenibile della Posidonia nel Mediterraneo di *Patrizia Milano, Maria Cristina Caputo, Massimo Guido, Maria Otero del Mar*
- pag. 88 Simbiosi Industriale per l'area vasta di Taranto: stato di avanzamento della ricerca scientifica di *Bruno Notarnicola, Giuseppe Tassielli, Pietro Alexander Renzulli, Gabriella Arcese, Rosa Di Capua*
- pag. 96 Simbiosi industriale per il recupero e il riutilizzo di cascami energetici di *Bruno Notarnicola, Giuseppe Tassielli, Pietro A. Renzulli, Gabriella Arcese, Rosa Di Capua*
- pag. 102 Analisi di fattibilità di un sistema di raccolta e recupero di pneumatici e camere d'aria di bicicletta: il caso Esosport Bike di *Paolo Pipere, Nicolas Meletieu, Giorgio Ghiringhelli, Elisa Amodeo*
- pag. 108 Evaluation of the environmental benefits deriving from the use of waste CO₂ for microalgae production in a life cycle perspective di *Roberto Porcelli, Federica Dotto, Andrea Contin, Sara Boero, Matilde Mazzotti, Serena Righi*
- pag. 115 Metodo innovativo per la selezione del polielettrolita cationico per la disidratazione dei fanghi negli impianti depurazione acque reflue di *Claudio Puliti, Marco Salis, Luigi Perrone*
- pag. 121 LCA del compostaggio e della digestione anaerobica di rifiuti urbani: una rassegna bibliografica di *Eliana Mancini, Ioannis Arzoumanidis, Andrea Raggi*
- pag. 128 Processo di upgrading del biogas con impianto a membrane di *Davide Angelo Ravazzani, Luca Barbato, Luca Pedrazzi*
- pag. 134 Potenziali sviluppi dell'Ecologia Industriale in contesti urbani ibridi. Un'analisi preliminare di *Alberto Simboli, Raffaella Taddeo, Andrea Raggi, Anna Morgante*
- pag. 141 Carbon Waste Print: un nuovo metodo di calcolo della CO₂ evitata, per sistemi di tariffazione puntuale in base al servizio reso di *Andrea Valentini, Benedetta De Santis, Noemi De Santis, Enzo Vergalito*
- pag. 148 Affidamento del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani con una procedura innovativa: il dialogo competitivo – il caso di S.C.R.P. di *Riccardo Venturi, Giorgio Ghiringhelli, Andrea Di Lascio, Jacopo Quintavalli, Carlo Senesi, Mario Campanini*
- pag. 155 Plastica non da imballaggio nei rifiuti urbani: analisi e proposte di gestione di *Riccardo Venturi, Walter Giacetti*
- pag. 163 **WASTE/TECHNICAL MATERIALS MANAGEMENT AND EXPLOITATION
RICERCHE APPLICATE PER MIGLIORARE LA VALORIZZAZIONE DEI
RIFIUTI; POSSIBILE INTEGRAZIONE CON INDUSTRIA 4.0**
- pag. 165 Analisi tecnico - economica a supporto di scelte decisionali sulla profittabilità di impianti di compostaggio nella regione Calabria per la valorizzazione di scarti agroalimentari di *Baglio Lorenzo, Bonanno Sandro, Fichera Andrea, Leanza Andrea, Teodoro Giuseppe, Gabriele Biagio*

- pag. 171 ICTs and corporate sustainability strategies. The case of Aptar Italia Spa *di Michele Del Grosso, Alberto Simboli, Nando Cutarella, Andrea Raggi*
- pag. 178 Posidonia spiaggiata e gestione dei rifiuti. Verso il recupero della biomassa *di Antonella Lomoro, Massimo Guido, Leonardo Lorusso*
- pag. 185 An experience of technological transfer in the field of eco-friendly materials and products: from GRE_EN_S research project to Growing Green Academic Spin Off *di Elena Montacchini, Silvia Tedesco, Roberto Giordano*
- pag. 192 A model for the economic and environmental optimization of integrated waste management system *di Raffaele Mosca, Valentino Tascione, Andrea Raggi*
- pag. 199 **WASTE/TECHNICAL MATERIALS MANAGEMENT AND EXPLOITATION
LO SMALTIMENTO IN DISCARICA: NOVITÀ E PROBLEMATICHE**
- pag. 201 “Regione Liguria - La deliberazione della giunta regionale 20/12/2016 n. 1208 - Attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. Aggiornamento e modifica delle Linee guida regionali alla luce dei Criteri Tecnici approvati da Ispra ai sensi dell’art. 7 del D.Lgs. 36/2003” *di Cecilia Brescianini, Andrea Baroni, Domenico Oteri, Sabrina Sicher*
- pag. 209 **BIOWASTE MANAGEMENT AND EXPLOITATION
XIX EDIZIONE DELLA CONFERENZA NAZIONALE SUL COMPOSTAGGIO E DIGESTIONE ANAEROBICA SESSIONE TECNICA II BIORIFIUTO**
- pag. 211 L’applicazione del metabolismo industriale nella gestione dei sottoprodotti oleari *di Flavia Cavallo, Alessia Calvagno, Emanuela Giuffrida, Paolo Calleri, Raffaella Calleri*
- pag. 217 Effetto dei microelementi in impianti di biogas di tipo agricolo *di Mirco Garuti, Claudio Fabbri, Nicola Labartino, Sergio Piccinini*
- pag. 223 Gestione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani tramite digestione anaerobica e compostaggio: l’effetto sulla disponibilità del fosforo *di Marco Grigatti, Maurizio Degli Innocenti, Alberto Confalonieri, Claudio Ciavatta, Claudio Marzadori*
- pag. 231 **WATER CYCLE MANAGEMENT AND EXPLOITATION
INQUINANTI EMERGENTI NELLE ACQUE AD USO UMANO: ASPETTI
NORMATIVI, SOLUZIONI TECNOLOGICHE PER IL CONTROLLO ED
ESPERIENZE GESTIONALI**
- pag. 233 Contaminazione da PFAS nelle acque dell’area di Vicenza. Implicazioni al processo d’uso dell’acqua di una realtà industriale locale – Esperienze di AECOM Corporate *di Fabrizio Bonfanti*
- pag. 242 L’applicazione della Water Footprint nel settore siderurgico in Sicilia *di Ernesto Comerio, Valeria Cristaldi, Arianna Di Bella, Francesco Ventura, Guadagnuolo Vincenzo*
- pag. 248 Contaminazioni da PFAS: Proposta per un quadro di indagini specifico, basato su casi studio ed esperienze dirette *di Stefano Marconetto, Jean Pierre Davit, Anna De Fina*

- pag. 255 **WATER CYCLE MANAGEMENT AND EXPLOITATION
DESALINIZZAZIONE E RISORSE IDRICHE ALTERNATIVE, RIUTILIZZO
E USI MULTIPLI DELL'ACQUA PER RIDURRE IL CONSUMO IDRICO A
LIVELLO DELLE CITTÀ O DEI BACINI**
- pag. 257 LIFE ReQpro - Modello di recupero e riutilizzo delle acque reflue per produzioni vegetali di qualità *di Paolo Mantovi, Marco Ligabue, Cosimo Parabita, Lorena Guglielmi, Paola Zanetti, Stefano Panizzi, Fernanda Moroni, Marina Monticelli*
- pag. 264 Stakeholders and cost-benefit analyses as valid tools for decision-making in water innovation *di Andrea Rausa*
- pag. 271 **MONITORING & CONTROL
EMISSIONI ODORIGENE: DALLE TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO
ALLE NUOVE STRATEGIE DI CONTROLLO**
- pag. 273 Emissioni odorigene da discarica: simulazione della dispersione con il modello avanzato MicroSpray, al fine di valutare l'effetto di confinamento dell'odore determinato dalla morfologia della discarica e da una barriera arborea *di Alice Mantovani, Maurizio Benzo*
- pag. 281 **MONITORING & CONTROL
LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR: I PRINCIPALI INQUINANTI, IL RUOLO
DELLE SORGENTI, I MATERIALI DA COSTRUZIONE, ARREDO E DI
LARGO CONSUMO, LA VENTILAZIONE MECCANICA E NATURALE, I
PARAMETRI MICROCLIMATICI, LA LEGISLAZIONE, IL CONTROLLO E
LA PREVENZIONE**
- pag. 283 Inquinanti organici nelle scuole: il contributo del CNR al Progetto Treno Verde 2017 *di Angelo Cecinato, Paola Romagnoli, Catia Balducci, Lucia Paciucci, Massimiliano Frattoni, Mattia Perilli*
- pag. 290 Contaminazione fungina aerodispersa in ambienti confinati a differente uso *di Paola Margherita Bianca Gucci, Rossella Brianesco, Anna Maria Coccia, Ines Lacchetti, Giuseppina La Rosa, Lucia Bonadonna*
- pag. 297 **SITE REMEDIATION AND REQUALIFICATION
LE BONIFICHE NEL QUADRO DELLA "CIRCULAR ECONOMY"**
- pag. 299 Potenzialità di batteri foto sintetici nella rimozione di metalli pesanti da matrici contaminate *di Francesco Cardellicchio*
- pag. 305 Bonifica di siti contaminati nel Parco Etna e loro riqualificazione turistica- economica nell'ottica dello sviluppo territoriale sostenibile *di Giorgio Scelfo, Gianbattista Genovesi, Rosario Davide Zammataro, Ester Stella, Gianluca Ferlito*
- pag. 313 **AGRIFOOD, BIOBASED INDUSTRY AND BLUE GROWTH
INNOVAZIONE NELLA BIOECONOMIA: CLUSTER TECNOLOGICI, PROGETTI NAZIONALI E INTERNAZIONALI**
- pag. 315 Strumenti Di Green Marketing applicabili alle strutture turistiche sostenibili per l'ottenimento di strategie basate sulla Bioeconomy *di Valeria Cristaldi, Vanessa Gambera, Maria Teresa Clasadonte, Benedetto Puglisi, Davide Michele Carmelo Sutura, Maria luigia Firetto Carlino*

- pag. 321 The social sustainability within Supply Chain Management: the preliminary analysis of literature *di Manuela D'Eusanio, Alessandra Zamagni, Lugia Petti*
- pag. 328 L'applicazione del carbon footprint come strumento a supporto del emission trading nell'ottica dell'economia circolare *di Francesco Di Benedetto, Francesco Pirrone, Francesco Puglisi, Agata Matarazzo, Alberto Bertino*
- pag. 335 Digestione anaerobica: collegamento dei cicli biologici per l'oggi, biotecnologia strategica per il domani *di Mirco Garuti, Claudio Fabbri, Sergio Piccinini*
- pag. 340 Check list di autocontrollo delle performance economiche e finanziarie a supporto delle aziende per l'applicazione della bioeconomia *di Agata Matarazzo, Antonino Sabbia, Paolo Morgante, Eliana Stancanelli, Enrico Suriano*
- pag. 347 LCA - Life Cycle Assessment applicato ad un'azienda dolciaria *di Eleonora Ocello, Valeria Atanasio, Antonio Scuderi, Claudia Silluzio*

Introduzione

Gli articoli raccolti in questo volume riguardano alcuni dei contributi presentati alle principali conferenze aperte a *Call for papers* di Ecomondo 2017, svoltosi a Rimini dal 7 al 10 novembre 2017.

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.

RIFIUTI: STRATEGIE PER LA RACCOLTA, VALORIZZAZIONE, SISTEMI DI GESTIONE INTEGRATA, SMALTIMENTO IN DISCARICA, IMPLEMENTAZIONE DI UN'ECONOMIA CIRCOLARE, COMPOSTAGGIO

La conoscenza delle risorse e dei flussi di materiali che caratterizzano la catena del valore, il confronto di diversi contesti di valorizzazione dei rifiuti nonché la raccolta e l'integrazione dei dati sono strumenti necessari per delineare l'attuale gestione dei rifiuti, prevedere possibili scenari futuri e confrontarli dal punto di vista del ciclo di vita. L'edizione di quest'anno presenta indagini e studi sulle implicazioni ambientali dei diversi trattamenti dei rifiuti, proposte di nuovi metodi di raccolta e di gestione, l'implementazione di piattaforme per lo scambio di risorse, l'applicazione di approcci ecologici e di pratiche di simbiosi nelle industrie. Come è noto, il Parlamento Europeo e la Commissione Europea hanno previsto ulteriori restrizioni in materia di gestione dei rifiuti, con la richiesta del raggiungimento di tassi di riciclo e di preparazione al riutilizzo, del 70% entro il 2030 (80% per i materiali da imballaggio) e la limitazione al 5% dei rifiuti destinati alla discarica. Una notevole spinta all'innovazione sarà fornita dagli strumenti e dalle strategie dell'"Industria 4.0", atti promuovere l'interconnessione tra processi e sistemi così come tra imprese e infrastrutture, in linea con il concetto di "Economia Circolare".

Alcuni dei contributi presentati sono diretti a valutare le novità e le problematiche italiane relative allo smaltimento in discarica, dove va definita la correlazione fra i criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica e i criteri tecnici emanati dall'ISPRA attraverso un confronto fra autorità competenti, operatori e autorità di controllo.

Per quanto riguarda i rifiuti organici, vari sono i temi trattati: dalla produzione, alla loro stabilizzazione, dalla raccolta differenziata, al pre-trattamento, digestione anaerobica, compostaggio, e produzione di fertilizzanti organici. Rilevanti anche i contributi annessi alla valorizzazione del compost, del biogas e biometano, a quella chimica e energetica integrata, con i nuovi schemi di bioraffinerie integrate.

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

GESTIONE SOSTENIBILE DELLA RISORSA IDRICA

Gli inquinanti di interesse emergente nelle acque ad uso umano, sono inquinanti per i quali non sono ben noti i rischi per la salute e l'ambiente e, spesso, non esistono limiti normativi. Per la

maggior parte di essi non ci sono tecnologie di rimozione consolidate ed affidabili, applicabili negli impianti di potabilizzazione, e l'interesse della ricerca è rivolto alla individuazione di soluzioni di trattamento efficaci e tecnicamente/economicamente gestibili. L'analisi degli aspetti normativi, sia a livello nazionale che internazionale, dei rischi potenziali per la salute e l'ambiente e delle soluzioni consolidate e innovative applicabili per la rimozione nei sistemi di potabilizzazione, sono fra i temi trattati in questa edizione.

Una particolare attenzione quest'anno è rivolta alle risorse idriche alternative. La scarsità dell'acqua è un problema rilevante nell'11% della superficie dell'Europa e si prevede che detta percentuale aumenti al 30% nel 2030. La disponibilità di "acque multiple" a integrazione delle sorgenti di acqua dolce rappresenta la strategia chiave per ridurre l'impatto sulle risorse idriche naturali e per implementare l'economia circolare nel settore idrico. Fra i temi importanti: le strategie comunitarie e nazionali sul riutilizzo delle acque reflue urbane dopo il loro trattamento, la desalinizzazione dell'acqua di mare, l'efficienza nella depurazione e distribuzione dell'acqua e il suo riutilizzo negli edifici.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

QUALITÀ DELL'ARIA, MONITORAGGIO, GESTIONE E CONTROLLO DI EMISSIONI ODORIGENE

Il convegno sulle emissioni odorigene di Ecomondo rappresenta un evento di riferimento per la comunità degli operatori del settore. La ricerca scientifica, i produttori di tecnologie, le politiche della pubblica amministrazione e le esperienze degli enti di controllo sono messi a confronto e si contaminano su un tema che sta assumendo sempre maggior rilevanza nella programmazione ambientale degli insediamenti industriali. Sono presentate lo stato dell'arte sulle metodologie di monitoraggio e controllo, le buone pratiche per la mitigazione delle emissioni e le novità normative nazionali ed internazionali. Particolare importanza è rivolta a quanto si sta facendo sia a livello legislativo che tecnico in Italia e in Europa sulla tematica della qualità dell'aria *indoor*, che rappresenta una delle principali problematiche che il legislatore europeo e nazionale deve affrontare a causa del forte impatto sulla salute della popolazione.

Gli articoli raccolti riguardano alcuni dei suddetti temi.

GESTIONE E BONIFICA SOSTENIBILE NEL QUADRO DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

La bonifica dei siti contaminati è un problema complesso che interessa molti soggetti a livello nazionale e locale, dal sistema delle istituzioni (Ministeri, Regioni, Istituzioni e Agenzie scientifiche nazionali e regionali) al sistema delle imprese, che a sua volta include i soggetti responsabili o comunque interessati alla bonifica, e le imprese che offrono loro servizi e tecnologie. Dalla prima normativa di circa 20 anni fa in Italia molte aree contaminate sono state risanate e restituite all'uso, soprattutto per siti di interesse regionale. Tuttavia, le bonifiche sono risultate spesso lente e costose, ed è cresciuta la richiesta di una gestione sostenibile, in cui le esigenze di risanamento ambientale e di sicurezza igienico-sanitaria siano coniugate con costi accettabili e recupero economico delle aree bonificate, all'interno di uno sviluppo basato sui principi della Economia Circolare, consentendo di recuperare servizi dagli ecosistemi. Di grande interesse il recupero di siti con loro conversione a nuovi usi produttivi (industriali, ma anche commerciali e residenziali), diminuendo al contempo la richiesta ex novo di aree di maggior pregio. Su questo fronte è necessaria una maggiore convergenza fra gli elementi che concorrono a definire la strategia di bonifica (normativi, procedurali, tecnologici e economici). Gli articoli raccolti all'interno di questa area offrono una panoramica su alcuni di questi temi.

INDUSTRIA BIOBASED, INNOVAZIONE NELLA BIOECONOMIA

Nell'ambito del Piano nazionale di ricerca (PNR) 2015-2020, il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca ha dato nuovo vigore ai cluster tecnologici nazionali quali piattaforme permanenti di dialogo tra la rete di ricerca pubblica e le imprese. Ve ne sono 8 e altri 4 sono all'avvio; ognuno opera in una specifica area tecnologica. Ecomondo 2017 presenta alcuni esempi specifici di progetti di innovazione avviato dai cluster italiani e comunitari direttamente collegati alla bioeconomia, illustrandone il loro impatto positivo su vari settori economici. Nell'edizione 2017 si parlerà nuovamente di bioeconomia nel Mediterraneo, della bioeconomia blue, di agrifood e foreste nonché dello stato di avanzamento della nuova strategia italiana per la bioeconomia.

Gli articoli raccolti trattano alcuni di questi temi.

WASTE/TECHNICAL MATERIALS MANAGEMENT AND EXPLOITATION

RISORSE DAI RIFIUTI: SOLUZIONI INNOVATIVE E CONSEGUENZE AMBIENTALI VERSO L'IMPLEMENTAZIONE DI UN'ECONOMIA CIRCOLARE

Le risorse racchiuse nelle cosiddette “miniere urbane” acquisiranno nei prossimi anni sempre più importanza. La conoscenza delle risorse e dei flussi di materiali che caratterizzano la catena del valore, il confronto di diversi contesti di valorizzazione dei rifiuti nonché la raccolta e l'integrazione dei dati sono strumenti necessari per delineare la situazione attuale, prevedere possibili scenari futuri e confrontarli dal punto di vista del ciclo di vita. Indagini e studi sulle implicazioni ambientali dei diversi trattamenti dei rifiuti, proposte di nuovi metodi di raccolta e di gestione, l'implementazione di piattaforme per lo scambio di risorse, l'applicazione di approcci ecologici e di pratiche di simbiosi nelle industrie: questi gli argomenti trattati, al fine di mettere in evidenza i vantaggi derivanti dall'integrazione di tecnologie e di *best practices*.

A cura di: **Università di Bologna - CIRI Energia e Ambiente, Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali della SCI (Società Chimica Italiana) e Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Fabrizio Passarini, *Università di Bologna*
- Lucia Rigamonti, *Politecnico di Milano*

La valorizzazione dei materiali di scarto tra economia, scienza e normazione: l'esperienza del progetto FAR UNIMORE “Il dialogo pubblico-privato nello sviluppo dell’economia sostenibile. Il case history della gestione dei rifiuti tra rischi ed opportunità”

*Valeria Bortolotti*¹ valeria.bortolotti@unimore.it, Luca Vespignani¹, Aljs Vignudelli¹, Luisa Barbieri², Fernanda Andreola², Isabella Lancellotti², Elena Bursi²

¹Dipartimento di Giurisprudenza, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia (Modena)

²Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari”, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia (Modena)

Riassunto

Il progetto di ricerca “Il dialogo pubblico-privato nello sviluppo dell’economia sostenibile. Il case history della gestione dei rifiuti tra rischi ed opportunità” promosso dall’Università di Modena e Reggio Emilia è un esempio di cooperazione positiva tra competenze legali ed ingegneristiche nell’ambito della ricerca ambientale. In particolare, lo scopo è fornire alcune vie per il miglioramento della competitività nel mercato globale attraverso investimenti ambientali strategici. Lo studio è focalizzato sulla tematica della valorizzazione di rifiuti e sottoprodotti, mostrando come i risultati della ricerca tecnologica possano essere applicati con successo a livello industriale, con risultati eccellenti dal punto di vista ambientale, economico e legale. Sistemi innovativi di recupero e di prevenzione della produzione di rifiuti mediante la qualifica di sottoprodotti costituiscono un modo per controllare parte dell’impatto ambientale della produzione industriale.

Summary

The research project “Il dialogo pubblico-privato nello sviluppo dell’economia sostenibile. Il case history della gestione dei rifiuti tra rischi ed opportunità” carried out by the University of Modena and Reggio Emilia is an example of positive cooperation between legal and engineering skills in the field of environmental research. In particular, the aim is to suggest some ways for improving the competitiveness in the global market through strategic environmental investments. The study focuses on the issue of the valorization of waste materials and by products, showing how the results of technological research can be successfully applied at an industrial level with excellent results from an environmental, economic and legal point of view. Innovative waste recovery systems and prevention of waste production with the qualification of by products are a way to control part of the environmental impact of industrial production.

1. Introduzione

La valutazione delle *performance* imprenditoriali ha ormai superato il mero confronto tra i fattori tradizionali della produzione, rilevando sempre più elementi che hanno un peso economico solo indiretto, ma altamente incisivo, sulla capacità concorrenziale delle aziende. L'impatto ambientale delle attività antropiche (dalla produzione dei rifiuti, passando attraverso il consumo energetico e di risorse più o meno rinnovabili, senza contare le emissioni rumorose e quelle in atmosfera), la cui riduzione è un obiettivo primario nell'attuazione dello sviluppo sostenibile, è oggetto di un livello di attenzione sempre più alto da parte degli *stakeholders*. La capacità ambientale, intesa come l'insieme dei fattori in grado di incidere in modo più o meno diretto sullo stato dell'ambiente, costituisce un elemento non tanto e non solo negativo, ma anche positivo, rappresentando uno nuovo spazio nuovo per la crescita competitiva. La valorizzazione dei materiali di scarto è uno degli ambiti in cui una collaborazione attiva tra imprese, enti di ricerca, pubbliche amministrazioni, cittadinanza ed operatori del diritto viene ormai riconosciuta quale unica via per la realizzazione effettiva dello sviluppo sostenibile. La ricerca di materie prime sostitutive di quelle tradizionali, in progressivo esaurimento, mantenendo *standard* di qualità dei prodotti sempre più alti e riducendo al contempo i costi, non può trascurare la necessità di una base legale comune, in grado di creare un tessuto giuridico, ma anche culturale e scientifico condiviso. L'esperienza del progetto UNIMORE, realizzato in collaborazione tra il Dipartimento di Giurisprudenza e quello di Ingegneria "Enzo Ferrari", dal titolo "*Il dialogo pubblico-privato nello sviluppo dell'economia sostenibile. Il case history della gestione dei rifiuti tra rischi ed opportunità*" ha cercato di fornire un primo tavolo di confronto per l'analisi di possibili percorsi di valorizzazione della scienza e della conoscenza sostenibile nel settore degli scarti industriali.

2. Il multiforme principio di effettività di fronte alle sfide dello sviluppo sostenibile: il caso dei materiali di scarto

La concezione dello sviluppo sostenibile quale elemento trasversale nelle politiche economiche, sociali ed ambientali ha gradualmente generato alcune tensioni a livello di regolazione che si sono trasferite inevitabilmente anche sul piano attuativo. Pur condividendo tutti gli operatori, a qualsiasi livello, un contenuto minimo di tale principio, le difficoltà che si registrano quando si giunge a doverlo applicare nei singoli settori ne mostrano tutta la fragilità. Il risultato dello sviluppo di politiche comuni in campo ambientale ne è un chiaro esempio. Da un lato, infatti, è indiscutibile come la percezione dell'esistenza dell'ambiente come bene la cui protezione esige una condivisione interstatale abbia sicuramente costituito il motore di una sensibilità senza precedenti anche in termini di regolazione. Dall'altro lato, il conflitto tra i criteri che governano il ragionamento giuridico e quello scientifico ha comportato una serie di tensioni, talvolta strumentalizzate per scopi che con la tutela dell'ambiente hanno poco a che fare.

Il caso dei materiali di scarto ci fornisce un ottimo esempio di questo fenomeno. Come è noto, senza ripercorrere in questa sede l'evoluzione europea e nazionale in materia [1], superata l'esigenza di una base di principi più o meno condivisi (quantomeno formalmente), i problemi sono andati aumentando via via che l'evoluzione tecnica e industriale ha aperto la strada a nuove tecniche di produzione, consentendo di far fronte a una domanda di mercato in crescita, ma con conseguente incremento del fabbisogno di materie prime, di energia e generazione di scarti. L'avvento di quella comunemente nota come "era del consumo" ha portato ad una riduzione delle materie prime e ad un aumento esponenziale della produzione di residui tanto che il problema, oltre che mantenere una portata sovranazionale, viene considerato oggi non solo a livello di regolazione giuridica, ma anche nelle analisi economiche e di rischio di impresa, senza contare l'alta sensibilità (soprattutto a livello locale) che interessa tutto il sistema della gestione dei rifiuti.

Il problema dell'approvvigionamento delle risorse per la produzione è noto principalmente sotto il profilo energetico: le politiche relative alle risorse rinnovabili sono state tra le prime a introdurre contenuti ambientali nelle regole della produzione industriale, seppure anche in questo settore non siano mancate tensioni in ordine allo stesso concetto di "fonti rinnovabili" (come nel caso del noto attrito, dagli sfondi più economici che ambientali, tra Italia ed Europa nella considerazione quale fonte rinnovabile della frazione non biodegradabile dei rifiuti utilizzata per la produzione di energia elettrica mediante combustione [2]). È solo in tempi più recenti che il problema delle risorse viene affrontato in termini di difficoltà di approvvigionamento delle materie prime, con conseguente esigenza, da un lato, di trovare materiali sostitutivi di quelli tradizionali e, dall'altro, di ridurre gli scarti di produzione o, quantomeno, di quelli che non possono essere valorizzati nemmeno mediante processi di recupero. Così, il tema di materiali di scarto si pone oggi in una duplice prospettiva: da un lato, rappresenta un problema in termini di costi, adempimenti e rischi gestionali ed amministrativi; dall'altro lato, gli scarti, soprattutto in alcuni settori, sono visti sempre più come la soluzione alla graduale espansione del catalogo dei *Critical Raw Materials*.

Preso atto del numero di fattori coinvolti e della volatilità di alcuni di questi, è evidente che l'effettività del principio dello sviluppo sostenibile passa attraverso criteri differenti a seconda dei soggetti che si trovano a darvi applicazione e dell'apparato di strumenti di cui gli stessi si avvalgono. È con questo dato di fatto che devono fare i conti i modelli di regolazione ambientale i quali, almeno nei sistemi occidentali, sono concepiti secondo l'idea che ogni sistema giuridico debba essere composto da norme (o, più tecnicamente, da un sistema - possibilmente - *ordinato* di fonti) che, per essere ritenute tali, devono rivestire i caratteri della generalità e dell'astrattezza, sui quali riposa la loro forza prescrittiva. La capacità del giurista risiede nell'individuazione degli elementi comuni che possono garantire l'applicazione del diritto ad una serie di casi anche in divenire senza violare il principio di uguaglianza che trova albergo esplicitamente anche nella nostra carta costituzionale (art. 3). Si tratta di un'operazione estremamente complessa, resa più difficile ogni volta che nel ragionamento legale vengono in considerazione elementi extragiuridici. La tensione verso una legislazione che cerca di entrare sempre più nel merito del caso concreto, allontanandosi dal criterio dell'astrattezza a favore di un approccio che recepisce contenuti tecnico-scientifici (con risultati non sempre felici sul piano della regolazione e con un certo malcontento da parte della stessa comunità scientifica) pone non poche questioni in ordine al ruolo ed alla capacità del diritto di creare percorsi legali di sviluppo senza sacrificare la creatività della scienza. In questo senso, l'iperproduzione normativa, anche quando animata da nobili scopi, ha creato disposizioni prescrittive dalle formulazioni generali la cui inosservanza, tutta da accertare e interpretare caso per caso ed in concreto, espone a pesantissime sanzioni (anche di natura penale). Si registrano dunque così due tendenze contrapposte: da un lato, l'aspirazione ad un diritto ambientale "minimo", ossia verso una regolazione che, rinunciando definitivamente ad assorbire concetti tecnico-scientifici, si limiti a chiarire il contenuto normativo di una serie di disposizioni precettive rendendo più agevole l'individuazione delle condotte vietate; dall'altro lato, l'aumento della concorrenza e l'apertura di nuovi mercati, come quello legato alla valorizzazione degli scarti industriali, reclamano un coinvolgimento sempre maggiore delle istituzioni per creare forme di qualificazione pubblicistica delle condotte e delle attività, attribuendo alle Amministrazioni un ruolo di fatto sempre più attivo nell'applicazione dei criteri giuridici (talvolta indeterminati). Un ruolo, insomma, che parrebbe a portare ad un ripensamento sulla primazia della tutela del pubblico interesse, per passare ad un coinvolgimento in dinamiche e criteri di valutazione tradizionalmente lasciati a organismi (anche qualificati) che per scopo si occupano di certificare *standard* volontari.

3. Percorsi legali di fuga dal rifiuto tra normazione e amministrazione

In generale, la c.d. fuga dal rifiuto è un fenomeno analizzato prevalentemente sotto il profilo patologico, ossia dal punto di vista dei comportamenti tendenzialmente elusivi posti in essere da alcuni operatori onde evitare gli oneri amministrativi ed economici imposti dalla regolazione in materia di rifiuti. In realtà, l'inasprimento del sistema di vigilanza e dell'apparato sanzionatorio (si veda la responsabilità amministrativa degli enti ai sensi del D.lgs. 231/01), unitamente a meccanismi premiali dei processi produttivi a basso impatto ambientale (ad esempio, la valorizzazione dei criteri ambientali nell'ambito della riformulazione del Codice dei contratti pubblici ad opera del D.lgs. 50/2016), nonché l'esigenza di contenere i costi di smaltimento dei rifiuti, hanno portato ad una sempre maggiore attenzione alle potenzialità delle vie legali ad oggi aperte per la valorizzazione dei residui di produzione.

Tra questi, la strada del sottoprodotto appare meritevole di una particolare attenzione per un duplice ordine di ragioni. In primo luogo, la definizione stessa di sottoprodotto di cui all'art. 184 *bis* D.lgs. 152/06 già nel suo incipit ("è un sottoprodotto e non un rifiuto ...") ci fornisce la rispondenza al principio fondamentale in materia di gestione dei rifiuti: il principio di prevenzione (art. 178 D.lgs. 152/06). Se, sul piano generale, tale principio si riferisce ad un più ampio obbligo di cautela nello svolgimento di attività con un potenziale impatto sull'ambiente, nel settore della gestione dei rifiuti il concetto viene declinato nel senso di ridurre i potenziali rischi connessi alla gestione stessa mediante la riduzione della produzione di scarti. La possibilità di qualificare uno scarto come sottoprodotto e non come rifiuto risponde precisamente a questo scopo, pur trovando difficile attuazione sul piano applicativo per effetto dell'incertezza che governa l'interpretazione dei criteri da superare per tale valutazione, la cui responsabilità resta tutta a carico del produttore dello scarto stesso, indipendentemente dalla sua buona fede.

Il sottoprodotto è uno dei concetti che, nella materia ambientale, ha sempre presentato dei confini "mobili" (per non dire "labili") proprio per la concorrenza di una molteplicità di fattori da qualificare ai fini della sua definizione, spesso in assenza di una chiara specificazione di fonte ufficiale in ordine sia ai contenuti, sia ai processi (ed ai procedimenti) da esperire. L'incertezza è storicamente alimentata da due fattori fondamentali: da un lato, dalla circostanza che i sottoprodotti condividono con i rifiuti (seppure in parte, come si vedrà) la loro origine; dall'altro lato, dal rischio connesso a processi valutativi suscettibili di un discreto margine di opinabilità, ai quali si aggiunge l'onere della prova a carico dei detentori in un contesto connotato da un elevato margine di incertezza normativa (e di corrispondente discrezionalità amministrativa), ma di altissima attenzione sanzionatoria (e mediatica). L'esigenza di una maggiore certezza in materia, tuttavia, ha portato nuovo vigore all'intervento pubblico il quale ha cercato, da una parte, di fornire degli strumenti, seppure non vincolanti, per avviare filiere controllate o quantomeno controllabili e, dall'altra parte, di aprire un dialogo qualificato con le istituzioni preposte ai controlli in materia. Sotto il primo profilo, non si può trascurare l'intervento del Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 13 ottobre 2016, n. 264 (G.U. 15 febbraio 2017, n. 38), seguito a brevissima distanza di tempo da una circolare esplicativa (30 maggio 2017, n. 7619), il quale ha cercato di fornire alcune linee guida che, per quanto non vincolanti, danno alcune indicazioni utili agli operatori; sotto il secondo, merita menzione l'esperienza pionieristica avviata dalla Regione Emilia Romagna che, con l'istituzione del "Coordinamento permanente sottoprodotti", composto da rappresentanti della Regione, di ARPAE, del Tavolo Regionale dell'Imprenditoria, di Confindustria Emilia-Romagna e da Coldiretti Emilia-Romagna (art. 3, legge regionale n. 16/2015) e dell'"Elenco regionale dei sottoprodotti" (rif. delibera di Giunta n. 2260/2016), ha avviato un tavolo di confronto con gli operatori, facendosi parte attiva (anche se non con efficacia esimente da ogni forma di responsabilità) del processo di qualificazione degli scarti.

Proprio la seconda esperienza citata e la sua prima fase di attuazione forniscono lo spunto per focalizzare l'attenzione su uno dei settori nei quali sempre maggiormente si sta sviluppando l'attenzione verso la potenzialità della qualifica dei sottoprodotti: gli scarti agroalimentari. I primi tre processi produttivi individuati per la valorizzazione di scarti industriali come sottoprodotti hanno interessato proprio l'industria agroalimentare: trattasi di noccioli di pesca e di albicocche (i cui gusci o noccioli interi sono destinati a biomasse, mentre le armelline sono destinate al consumo umano ed all'industria cosmetica e farmaceutica) e di sale derivante dalla salatura delle carni (da usarsi come antighiaccio stradale). La medesima sensibilità si registra anche oltre confine, ove l'analisi di tali residui è stata sviluppata per delineare una vera e propria sottocategoria di scarti agroalimentari, ossia i coprodotti. Nel contesto francese, si tratta di un concetto che, pur non trovando spazio nella regolazione positiva, riceve un alto livello di attenzione sul piano tecnico e scientifico, tanto che dal 1982 esiste un Comitato Nazionale dei coprodotti, creato dall'*Institut de l'Élevage* (Idele), il quale ha focalizzato la sua attenzione sugli scarti agroalimentari ai fini della relativa utilizzazione nel settore dell'alimentazione animale [3].

Una sorte parzialmente diversa subiscono gli scarti di lavorazione che non possono evitare il passaggio dalla qualifica di rifiuto sancita dall'art. 183, comma 1, lett. a) del D.lgs. 152/2006, la quale trascina con sé una rigorosa filiera di adempimenti, controlli e sanzioni. La stringenza della normativa, tuttavia, non impedisce l'attuazione di processi di valorizzazione che siano in grado, conformemente agli obiettivi europei fatti propri a livello nazionale, di ridurre la quantità dei rifiuti destinati a smaltimento. Il percorso anche in questo caso non è facile, né tantomeno immediato. La possibilità di scelta tra diverse forme autorizzative (recupero in forma semplificata, ordinaria, ovvero moduli abilitativi ambientali di tipo trasversale come l'AUA o l'AIA), unitamente alle complicazioni che possono sorgere per effetto delle caratteristiche dell'impianto di recupero, della sua collocazione ovvero ancora del tipo di processo utilizzato (eventualmente di carattere innovativo), possono costituire un freno ad uno sviluppo sostenibile anche a fronte di tecniche innovative di recupero. I fattori extragiuridici coinvolti nel processo (e nel procedimento) sono molteplici e variabili: dalla morfologia del sito, alla presenza di altri insediamenti umani, alle caratteristiche ambientali circostanti e finanche al momento storico. Tale circostanza, unitamente ai tempi per conseguire il titolo necessario ed ai relativi costi (in termini umani e strettamente economici) hanno progressivamente reso il procedimento autorizzativo un forte deterrente agli investimenti in questo settore, nonostante il nobile (e condivisibile) scopo di istituire un controllo su tali attività non solo occasionale e successivo, ma anche e soprattutto puntuale e preventivo.

Due esempi potranno aiutare a comprendere quanto sopra esposto. Di seguito si illustrerà il potenziale dell'utilizzo di scarti provenienti dall'industria agroalimentare nel settore dell'edilizia, così mostrando come l'innovazione sia in grado di creare un mercato tra settori anche molto diversi tra loro. In secondo luogo, verrà illustrato un percorso di successo nell'ambito del recupero di rifiuti, in particolare quelli provenienti da apparecchiature di illuminazione ai sensi della normativa AEE (D.lgs. 49/14).

4. Studio preliminare dell'utilizzo di scarti agroalimentari in laterizi

Grazie all'alto contenuto di sostanze organiche, alcune tipologie di scarti agroalimentari, come ad esempio i noccioli di frutta derivanti dalla produzione industriale di confetture e marmellate, possono essere sfruttati come agenti porizzanti nella fase di cottura dei laterizi. Nel presente studio sono stati impiegati noccioli d'uva e di ciliegia (sottoprodotti che generalmente trovano applicazione nel settore agricolo come fertilizzanti, nell'industria cosmetica e farmaceutica come fonte di sostanze antiossidanti, ma soprattutto in campo energetico come biomassa combustibile), insieme a cenere di canna da zucchero (scarto derivante da impianti per la produzione di energia termica ed elettrica), sfruttata invece come precursore di silice.

I materiali sono stati anzitutto frantumati e macinati per ottenere particelle di dimensione uniforme inferiore a 600 μm . Sono state successivamente formulate differenti miscele ottenute sostituendo alla materia prima (argilla rossa) differenti quantitativi dei vari scarti macinati (5-8% rispetto al peso del materiale secco), aggiungendo acqua per umidificare. I campioni di laterizio sono stati dunque formati mediamente pressatura uniassiale (25 MPa) e poi essiccati per 24 h a 110° C. La cottura è stata effettuata in forno elettrico (ciclo termico totale di 172 min, $T_{\text{max}} = 950\text{-}1000$ °C). Dopo la cottura, i mattoni sono stati raffreddati tramite convezione naturale all'interno del forno, fino al raggiungimento della temperatura ambiente. Le temperature scelte sono quelle normalmente utilizzate per la produzione di mattoni commerciali. Preparati i campioni di laterizio, ne è stata effettuata la caratterizzazione seguendo la normativa tecnica. In particolare, sono stati determinati l'assorbimento d'acqua (immersione per 24 ore), la perdita in peso e il modulo di rottura (secondo EN 100 e ISO 10545-4) per mezzo di un flessometro. I risultati ottenuti evidenziano che i noccioli d'uva e di ciliegia utilizzati in percentuale pari al 5% permettono il mantenimento delle proprietà meccaniche del mattone cotto, mostrando valori di modulo di rottura intorno a 21-23 MPa, con una riduzione in peso del 7-10%, confermando dunque il ruolo porizzante precedentemente ipotizzato. Per quanto riguarda la cenere di canna da zucchero, l'aggiunta pari al 5% in peso provoca una lieve riduzione del ritiro rispetto a quello standard, e non si osserva perdita in peso, mentre le proprietà meccaniche risultano migliorate (i valori del modulo di rottura per i mattoni cotti a 1000 °C sono circa 28 MPa). Questi risultati hanno confermato il ruolo giocato da questo tipo di scarto, che grazie all'elevato contenuto di silice (61% in peso) è in grado di esercitare un effetto filler sul corpo dei laterizi. L'aggiunta degli scarti è da limitare al 5% in peso per raggiungere un equilibrio tra gli effetti positivi (diminuzione del peso e aumento della porosità) e negativi (incremento dell'assorbimento d'acqua e diminuzione della resistenza meccanica) rispetto ai laterizi standard. In conclusione, il riciclo di questi scarti agricoli può apportare molteplici vantaggi dal punto di vista ambientale, economico e tecnologico: il risparmio di materie prime vergini a favore dell'utilizzo di scarti a basso costo, l'ottenimento di mattoni porosi con capacità isolante (utilizzo di noccioli d'uva e di ciliegia) e l'ottenimento di mattoni con migliorate proprietà meccaniche (utilizzo di ceneri di canna da zucchero) [4].

5. Tecnologia Relux: utilizzo del vetro da lampade fluorescenti in prodotti ceramici

Le lampade fluorescenti sono tra i Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) a più rapida crescita: la loro raccolta annuale è cresciuta del 13,74% nel 2015 e del 17,43% nel 2016 (Centro di Coordinamento RAEE, Rapporto Annuale 2015 e Rapporto Annuale 2016). Le lampade fluorescenti esauste sono un rifiuto pericoloso (CER: 20 01 21*). Poiché al loro interno contengono mercurio e polveri fluorescenti, devono essere raccolte separatamente e bonificate in appositi impianti di trattamento mediante separazione dei singoli componenti (vetro, metallo, mercurio e polveri fluorescenti). Il vetro, costituente circa il 90% in peso della lampada, risulta essere il componente principale, con caratteristiche di buona costanza ed omogeneità di composizione chimica. Dopo il trattamento, esso diventa un rifiuto non pericoloso (CER: 19 12 05) e può dunque essere valorizzato per altre applicazioni. Il progetto Relux ha visto la collaborazione dell'Università di Modena e Reggio Emilia e delle società lombarde Relight s.r.l. di Rho (MI) - impianto di smaltimento e recupero RAEE - e Polis Manifatture Ceramiche S.p.A. di Bondeno di Gonzaga (MN) - produzione piastrelle ceramiche - con lo scopo di valorizzare il vetro ottenuto dal processo di recupero di lampade fluorescenti nel settore ceramico, in particolare per la produzione di engobbi e smalti. Una volta caratterizzato il materiale, sono stati individuati i pretrattamenti necessari ad eliminare sostanze non idonee al ciclo ceramico (resti di metalli, bakelite, isolatori) e sono stati studiati i parametri ottimali per un riutilizzo economicamente vantaggioso. Il risultato finale è una

piastrella in gres porcellanato smaltato, contenente uno smalto composto dal 40% di vetro di lampade fluorescenti bonificate, con caratteristiche tecniche, funzionali ed estetiche equivalenti a quelle dei prodotti attualmente in commercio, ottenuti con materie prime vergini. La Tecnologica Relux, certificata ECOLABEL, presenta differenti vantaggi, tra cui: i) riduzione del consumo di materie prime; ii) riduzione di impatti ambientali derivanti dai trasporti; iii) riduzione del consumo energetico; iv) recupero di materiali di alta qualità; v) riduzione del quantitativo di rifiuti da avviare allo smaltimento finale [5]. Questa attività, comprovata da relazione scientifica universitaria e avallata dagli organi amministrativi preposti, ha permesso di trasformare la frazione di vetro che dall'impianto RAEE va in ceramica in un bene tradotto come *End of Waste*.

6. Conclusioni

L'esperienza del progetto FAR Interdipartimentale UNIMORE "*Il dialogo pubblico-privato nello sviluppo dell'economia sostenibile. Il case history della gestione dei rifiuti tra rischi ed opportunità*" ha consentito di aprire un dialogo tra mondo giuridico e tecnologico nell'ambito della ricerca in materia di valorizzazione degli scarti industriali. L'approccio per principi e l'applicazione delle tecniche interpretative, oltre agli spunti forniti dalla comparazione, unitamente all'esperienza tecnico-scientifica applicata costituiscono oggi l'unica chiave vincente per l'innovazione in un settore in cui la chiave tecnico-giuridica pare essere quella più sicura ed economicamente più vantaggiosa verso un effettivo sviluppo sostenibile nel contesto legale.

Bibliografia

- [1] Cfr. **Giove G.**, *La tutela dell'ambiente nel ciclo dei rifiuti*, Giuffrè, Milano, 2005.
- [2] **C. Consalvo Corduas**, *Sostenibilità ambientale e qualità dello sviluppo*, Nuova Cultura, Roma, 2013.
- [3] I documenti, tra cui le schede tecniche elaborate dal *Comité National des Coproduits* sono liberamente consultabili al sito: www.idele.fr/reseaux-et-partenariats/comite-national-des-coproduits.html.
- [4] **L. Barbieri, F. Andreola, I. Lancellotti, R. Taurino**, *Management of agricultural biomass wastes: Preliminary study on characterization and valorisation in clay matrix bricks*. *Waste Management*, 33 (11):2307-2315, 2013.
- [5] **F. Andreola, L. Barbieri, I. Lancellotti, D. Rabitti**, *Recupero e valorizzazione di vetro da lampade fluorescenti nel settore ceramico*, L'ambiente, 2009.

RAP-CO₂: Development of a standardized method for the quantification of the avoided emissions of the asphalt production process due to the re-use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

*Francesco Caridei, Roger Midence and Claudia Mosangini, fc@ecosurvey.it, Ecosurvey®,
Bologna;*
Daniele Raschiatore, DICAM, Università di Bologna, Bologna

Riassunto

È proposto un metodo per quantificare le emissioni di CO₂e evitate nella produzione di conglomerato bituminoso mediante un Life Cycle Inventory Analysis (LCI), secondo la normativa ISO 14040:2006. La metodologia considera le attività evitate quando un processo lineare è convertito in uno circolare. Il calcolo delle emissioni evitate è svolto confrontando due scenari: il primo conosciuto come “business as usual” ed il secondo considerando un “efficient baseline”. Nel caso di studio l'azione di mitigazione considerata per il miglioramento ambientale riguarda il ri-utilizzo del bitume e degli inerti che costituiscono il freato stradale (RAP) originato da ricostruzione/manutenzione del manto stradale. È una analisi sito-specifica riferita ad un impianto di produzione di conglomerato bituminoso situato in Toscana dove sono stati installati dispositivi di telecontrollo che misurano in tempo reale la quantità di RAP ri-utilizzato nell'intervallo di tempo. Inoltre, è attivo un portale web per comunicare i risultati ottenuti, elaborati con il supporto di una matrice di calcolo.

Summary

A standardized method to quantify the CO₂e avoided emissions from asphalt production has been proposed performing a life cycle inventory analysis (LCI), according to ISO 14040:2006. The methodology considers the avoided activities when a linear process is reconverted into circular. The avoided emission calculation is performed comparing two approaches: the first known as “business as usual” and the second considering an “efficient baseline”. In the case study the mitigation action considered for environmental efficiency regards the re-use of RAP originated from road's reconstruction/maintenance. It is a site-specific analysis referred to an asphalt plant situated in Tuscan (Italy): an in situ kit is installed (remote control) that provides data of the RAP re-use in real time. A calculation matrix processes the data acquired and the results concerning avoided emissions are displayed on a dedicated web portal.

1. Introduction

Greenhouse gases emissions is currently a well know and studied field. Beyond the characterization and state determination, the development of strategies and actions to mitigate the associated impacts are necessary, considering the proper measurement of these emissions a critical step.

According to the European Environmental Agency [1] three different perspectives of air emissions quantification are used at the European Union (EU) level. These perspectives are: **a)** territorial, **b)** of production and **c)** from consumption. All of them consider different boundaries conditions and allocations, which set the baseline scenario concepts.

The present document shows the assessment of CO₂e emissions performed at one asphalt production plants located at the Tuscany region (Italy).

The method proposed by this paper consider the comparison between two GHG emissions approaches (Figure 1) where the “avoided emissions” are quantified by the CO₂e calculations:

- **efficient baseline** case, which assumes that all resources are employed efficiently;
- **“business-as-usual”** baseline case, which assumes that future development trends follow those of the past and no changes in policies will take place [2].

1.1. The mitigation action assessed

The mitigation action considered on this analysis is the use of the “Reclaimed Asphalt Pavement” (RAP) in the asphalt production process. According the European Standard **EN 13108-8:2016- Bituminous mixtures. Material Specifications-Reclaimed asphalt**, RAP is a “bituminous conglomerate recovered by milling which can be used as constituent material for bituminous mixtures produced in a hot plant”. The use of this material helps easing landfill pressures and reducing demand of extraction (aggregates and bitumen) [3].

According to EU Waste Catalogue (in Italy “Codice Europeo di Rifiuti-CER”) in agreement to the **Commission Decision (EU) No 2014/955/EU**, RAP is classified also as a waste.

Therefore, many operators consider the RAP always as a waste, notwithstanding it could be re-used as byproduct. On this context, and a legal framework with more opinion and interpretations¹, Italy shows a limited use RAP (near 20%) [4] in comparison with other nation at the EU (Figure 2). Also considering that the commercialization and use of a part of RAP could be involved without permissions (and without registrations/accounting), the small % of RAP used in Italy, compared to the RAP available, can be considered an environmental damage.

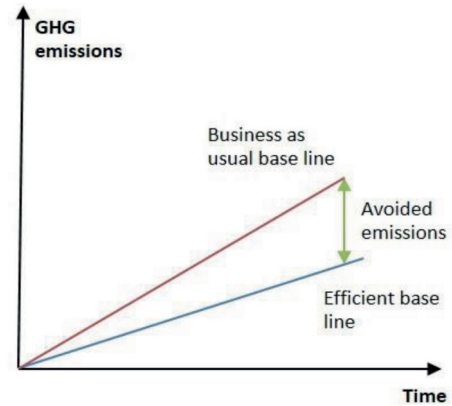


Figure 1 – Greenhouse gas (GHG) emission profiles of different baseline case approaches. Source: IPCC, 2014

¹ TAR Lombardia, judgment n. 2182 on August 10, 2012.

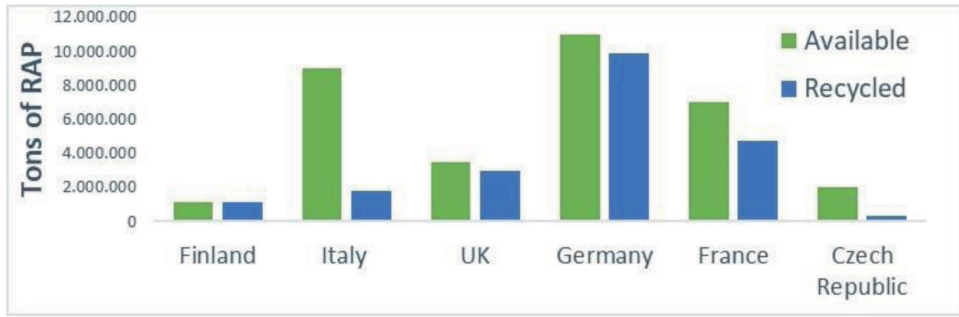


Figure 2 – Use of RAP in some EU countries

1.2. Legal emissions inventory framework

The necessity to quantify the industrial CO₂e emissions is supported by international agreements, among those, the Kyoto Protocol plays an important regulator role [5]. At European level, several actions have been activated to face the emissions reduction challenges. The Europe 2020 strategy [6] consider as target greenhouse gas emissions 20% lower than 1990 levels. These targets are monitored by controlling agencies of the EU as the EUROSTAT [7].

2. Report

2.1. Development of the avoided CO₂e emissions methodology

To perform the assessment of the avoided emissions between the 2 baseline scenario concepts (see figure 1) the Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA) have been used setting the following targets [8]:

- identify possible improvements for products and services;
- avoid shift of environmental issues between different phases of life cycle;
- provide economic and competitive opportunities.

2.2. ISO 14040:2006 and selection of the indicator

Several tools and methodologies have been analyzed to perform this specific LCA. Nevertheless, given the need to print the *comparability* of the method the ISO 14040:2006- Environmental management -LCA- Principles and framework has been selected. The ISO 14040 consent to perform different phases of the LCA, including the life cycle inventory analysis (LCI) which is the scope of the present study [9]. The ISO 14040:2006 provide reference about the category midpoint and endpoint to evaluate. The considered midpoint is “Climate Change”, which, according the norm, can be quantified by an impact category indicator, in this case the CO₂e. Nevertheless, other indicators related to the land use, the visual impact or the loss of landscape are important aspects to consider in a potential enhancement of the present study.

2.3. Quality control review

As data quality assurance and control, five principles have been adopted as follow:

Principle:	Consideration:
Transparency	The 'calculated data' are displayed to ensure a proper interpretation of results.
Consistency	The measurements are performed continuously.
Comparability	Use of EN 16258:2012 for transport calculation. Use of UN ISO 14040:2006 as guidelines for the LCA and international standardized database emissions factors.
Completeness	The boundaries of the system are evaluated for accuracy of the analysis.
Accuracy	The input 'raw data' is taken directly from official and auditable information collected on site (e.g. bills, measurements, etc.) and provide traceability.

Table 1 – Principles for the quantification of the emission's inventory

2.4. Determination of the considered phases

The phases **a)** transport (during materials generation, procurements and disposal), **b)** production of raw materials, **c)** landfilling activities related to the asphalt production considered for the study have been determined to lower the complexity of the calculations but still gaining sufficient information to make the proper decisions (Figure 3).

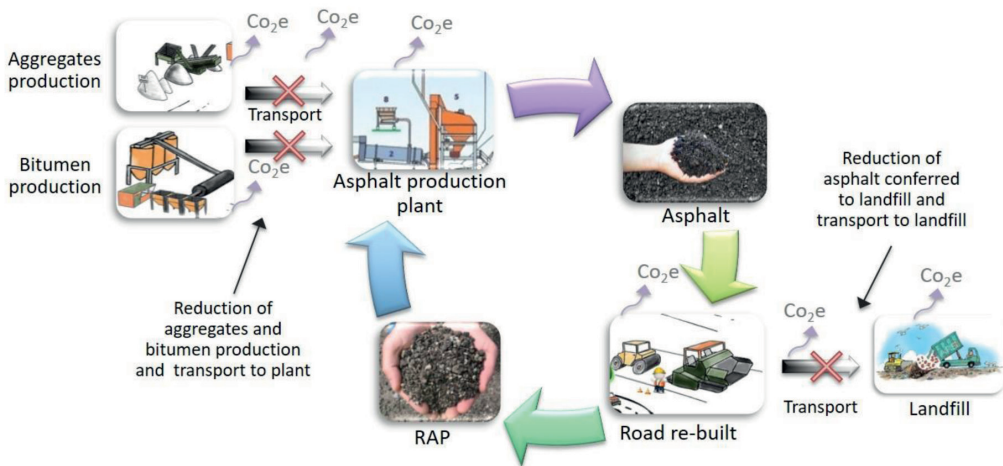


Figure 3 – Simplified scheme of the phases related to the asphalt production using RAP

2.5. Approaches for the measurement controls at all the stages

As mentioned before, the European Standard EN 16258:2012 is a methodology for calculation of GHG emissions of transport services. On this sense, the *well-to-wheel* approach have been incorporate due to the fact the emissions are produced when the vehicle is functioning but also upstream, from the fuel extraction to the refueling station (*well-to-tank* contribution), life cycle studies of the fuel production (*well-to-wheel* contribution) must be considered in order to analyses the global impact of the fuel utilization [10].

The activities considered for the production of CO₂e are: **a)** transports; **b)** Activities at the production site of aggregates (including site deforestation, in terms of CO₂ sequestration); **c)** refinery activities for bitumen production and **d)** landfilling activities.

2.6. Implementation of the monitoring system

In compliance with the accuracy principle (Table 1), a kit was installed at the asphalt plant including the electronic weighting instrument and a programmable logic controller (PLC). The entering RAP is measured and controlled in real time by remote control (Figure 4).

An implemented calculation matrix automatically elaborates the data acquired of the RAP amount used in the asphalt production process. Based on the EEA air pollutants guidebook [11] concept the overall calculation of emissions is referred to the denominated Tier 1 level of detail, where each activity (A) is multiplied by the respective emission factor (EF).

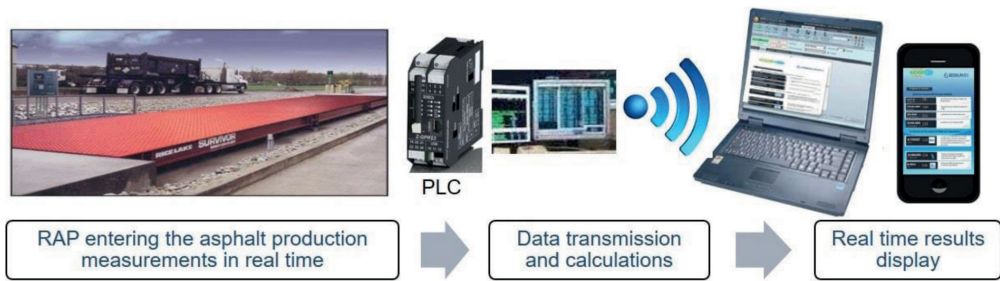


Figure 4 – General scheme of the kit installed at the asphalt plant

3. Results

3.1. Distribution of the emissions

The results of the executed calculations (Figure 5) shows the distribution of the percentage of emissions produced by the activities related to the asphalt production process. The activities in cave for the extraction of aggregates and the bitumen production (raw materials) represent the highest values; nevertheless, transport is an item to be considered as well.

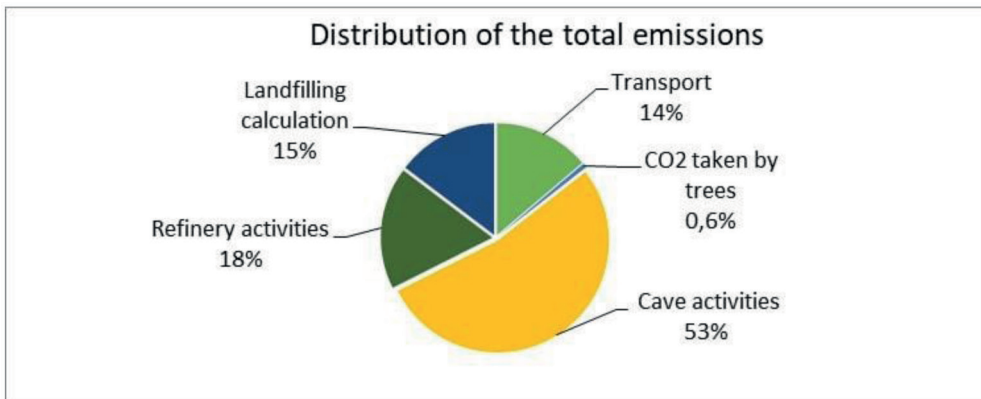


Figure 5 – Distribution of the emissions from the activities related to the asphalt production

3.2. Calculation of the avoided emissions

Figure 6 shows the trend of the greenhouse gas emissions over time for the two considered baseline case studies. Based on preliminary approaches, the difference between GHG emis-

sions of the two scenarios represents the avoided emissions. The difference between the two approaches is 5.965 tons of CO₂e avoided since 2008.

For the examined site, as a general reference value, the 11% in weight of the used RAP correspond to emissions of CO₂e. For example, 1 kg of used RAP in the asphalt production process avoids the emission of 0,11 kg of CO₂e. The coefficient of 0,11 is site-specific and is considered as a conservative preliminary result for the proposed methodology, still subject to further analysis.

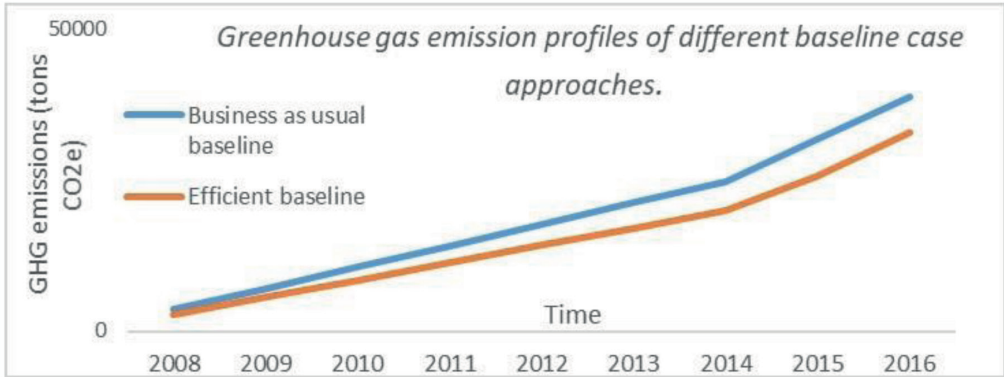


Figure 6 – Greenhouse gas emission profiles of different baseline case approaches

3.3. Communication of the results in real time

A web portal has been activated to display in real time the quantity of CO₂e that are being avoided since the year 2008 due to RAP use. The portal also includes the calculation of equivalencies to enhance the general public comprehension of the information. The equivalencies are: **a)** number of passenger vehicles removed from 1-year **b)** number of residential photovoltaic plants installed and **c)** number of trees (Figure 7).

CO₂e since 2008	5.940.000 kg	kg of CO ₂ avoided by the reuse of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) since 2008, calculated from the RAP-CO ₂ project considering the conversion factor of 0,11 kg of CO ₂ e produced per kg of RAP re-used at the asphalt plant.
Equivaencies:		
Removed passenger VEHICLES driven 1 year:	4.564	Number of Euro 4 passenger vehicles removed from circulation, considering an average annual traveled distance of 12.884 km and an emission factor of 0,101 kg CO ₂ /km.
PHOTOVOLTAIC PLANTS:	3.767	Number of 3kWp residential photovoltaic plants, considering the annual output of 5,049 kWh / plant and avoided CO ₂ emissions of 2,272.05 kg / year.
TREES:	47.710	Number of trees (maple trees), considering that maples absorb 68 kgCO ₂ / year.

Figure 7 – Screenshot of the web site dedicated to the real time monitoring

4. Conclusions

As preliminary conclusions the study highlighted the following points:
 - the activities of aggregates and bitumen’s supply production (raw materials) represent the highest percentage of emissions by the asphalt production process (Figure 5);

- the mitigation action (use of RAP in the production process) reduced CO₂e emissions of the process about 5.940 tons of CO₂e since 2008;
- the coefficient of 0,11 (11%) is site-specific and is considered as a conservative preliminary result for the proposed methodology related to RAP use weight: 1 kg of RAP avoid 0,11 kg of CO₂e;
- This site-specific CO₂e assessment can be done in other production plants to improve methodology and technical approach.

Bibliography

- [1] European Environmental Agency-EEA, “Inventory management, improvement and QA/QC,” EMEP/EEA, Brussels, 2016.
- [2] IPCC, “In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,” IPCC, Geneva, 2014.
- [3] Y. Huang, R. Bird and O. Heidrich, “A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements,” no. 52, pp. 58-73, 2007.
- [4] European Asphalt Pavement Association-EAPA, “Asphalt in figures,” EAPA, Brussels, 2015.
- [5] ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, “Italian Greenhouse Gas Inventory 1990 - 2015-National Inventory Report 2017,” ISPRA, Rome, 2017.
- [6] European Union, “COMMUNICATION FROM THE COMMISSION-EUROPE 2020 -A strategy for smart, sustainable and inclusive growth,” Publication Office of the European Union, Brussels, 2010.
- [7] eurostat, “INDICATORS TO SUPPORT THE EUROPE 2020 STRATEGY,” Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016.
- [8] European Commission-Joint Research Centre, “ILCD Handbook-Framework and requirements for Life Cycle Impact Assessment models and indicators,” Institute for Environment and Sustainability, Luxembourg, 2010.
- [9] ISO, “UNI EN ISO 14040,” UNI-Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 2006.
- [10] C. M. Silva, G. A. Gonçalves and L. L. Farias, “A tank-to-wheel analysis tool for energy and emissions studies in road vehicles,” vol. II, no. 367, 2005.
- [11] EEA-European Environmental Agency, “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016,” Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016.

Problematicità e opportunità del passaggio a tariffa – il caso di Cornaredo (MI)

Silvia Colombo colombo@arsambiente.it, Mario Santi, Giorgio Ghiringhelli – ARS ambiente Srl

Flavia M. Aquilio, Enzo Milano – ACSA Spa
Yuri Santagostino, Fabio Midolo – Comune di Cornaredo

Riassunto

Cornaredo è un comune italiano di 20.459 abitanti della città metropolitana di Milano, in Lombardia. L'Amministrazione si è posta l'obiettivo di consolidare entro il 2017 gli elementi che permettano il passaggio a tariffa puntuale per il 2018, in cui l'intero importo di TV venga assegnato ad ogni utenza sulla base della specifica produzione di rifiuti. Durante il 2017 è stato introdotto e consolidato un sistema di misura dei rifiuti basato sulla raccolta con sacchi dotati di tag Rfid associati alle singole utenze domestiche e non domestiche. Confrontando i dati del 2016 con quelli del 2017, solo per effetto del sistema di misura si è assistito ad una riduzione del RUR (Rifiuto Urbano Residuo) (-23%) e ad un incremento dell'intercettazione della frazione organica domestica (+18%) e di carta (+21%) e multi materiale (plastica e metalli) (+46%). Con l'introduzione del sistema tariffario con la parte variabile della TARI commisurata sugli effettivi ritiri di RUR occorre approfondire alcuni elementi come: accoppiamento utenze-tag, introduzione di criteri di non ritiro dei conferimenti irregolari abbinati a comunicazioni dedicate alle utenze, introduzione di sanzioni per le utenze recidive nella non adesione al sistema e rafforzamento delle attività di comunicazione. Un elemento innovativo del progetto è stato inoltre l'introduzione dei costi di prevenzione dei rifiuti (CPR) nel Piano Finanziario della tariffa, dotandolo quindi strutturalmente di risorse da impiegare per la definizione e l'attuazione dei programmi comunale di prevenzione rifiuti.

Summary

Cornaredo is an Italian Municipality of 20'459 inhabitants in the Milano's metropolitan area. The local government aims to strengthen by 2017 all the necessary elements to let the transition to PAYT (Pay-as-you-throw) system during 2018; with the new paying system all the amount due for the variable part of the tax will be assigned to each users on the base of his waste personal production. During 2017, a waste monitoring system, based on the use of RFID bags associated to each domestic and non-domestic users, has been introduced and consolidated. Only thanks to this change in waste measuring, from 2016 to 2017, the residual urban waste decreased by -23% and the collection of organic fraction from houses, paper and multi-material (plastic and metals) increased respectively by +18%, +21% and +46%. With the introduction of PAYT system based on the collection of residual urban waste bags it is necessary to deepen some aspects regarding: matching users and RFID, introduction of criteria for irregular bag's delivery and communication to users, introduction of fines or penalties for non-compliant users and sensitization

activities for citizens. Furthermore, as an innovative element of the changing process, Cornaredo decided to introduce for the first time the waste prevention costs into the waste management service financial plan, allocating, in this way, the financial resources necessary for defining and implementing the municipal plan for waste prevention.

1. Introduzione

Il Comune di Cornaredo, con i suoi 20.000 abitanti distribuiti in un territorio che alterna edilizia intensiva a situazioni edilizie meno concentrate, decide di avviare un percorso verso la tariffa puntuale, provvedendo a giugno 2016 a dotare i cittadini di sacchi e contenitori per la raccolta del rifiuto residuo con sistemi di riconoscimento (Tag Rfid UHF).

Sei mesi di sperimentazioni rivelano però accoppiamenti utente-contenitore ancora non adeguati e sufficienti all'avvio della tariffa puntuale, ed inducono l'Amministrazione a proseguire la sperimentazione anche nel 2017 per attuare azioni specifiche per ottimizzarli.

Le scelte precedenti dell'Amministrazione hanno recentemente riportato in capo all'ufficio tributi la gestione della tariffa e la sua riscossione, che in precedenza per alcuni anni era stata in capo al gestore del servizio (ACSA Spa, azienda pubblica comunale affidataria in house del servizio di raccolta rifiuti). Ciò ha comportato elevata complicazione gestionale per rendere sinergica e coordinare l'azione di ufficio tributi, il gestore della raccolta e della rilevazione dei conferimenti e la *software house* che provvede ad elaborare i dati necessarie all'emissione della tariffa.

Questa situazione ha avuto come principale conseguenza quella di imporre al Comune la necessità di impostare la gestione puntuale della tariffa in regime tributario (TARI con componente a misura) e non di corrispettivo (tariffa vera e propria).

Nel ripercorrere la storia dell'esperienza, i suoi esiti parziali, i suoi promettenti sviluppi e le prospettive attese, si sono messi in evidenza soprattutto le criticità – dal complesso quadro gestionale agli elementi tecnici, regolamentari e procedurali – per fornire un “quadro di soluzioni” maturate in una positiva esperienza di rapporto tra gli attori e una consulenza esterna. Ne emergono indicazioni utili al di là della specifica esperienza, in particolare per dimostrare come affrontare alcune delle problematiche che da essa emergono, ma possono interessare situazioni con quadri di partenza paragonabili. In particolare per quanto riguarda:

- come rendere sinergica e perciò efficace l'azioni degli attori quando sono diversi i soggetti impegnati a vario titolo nella gestione della tariffa;
- come gestire la tariffa puntuale in regime tributario;
- quali sono prerequisiti e supporti indispensabili progettuali e regolamentari per coordinare il passaggio
- con quali strumenti è possibile affrontare il tema del corretto accoppiamento tra anagrafica utenze e sistema di rilevazione della produzione individuale dei rifiuti (delle frazioni utilizzate come contatore per assegnare la quota variabile della tariffa.

2. Relazione

2.1 Organizzazione ed evoluzione del servizio di igiene urbana nel Comune di Cornaredo

Il Comune di Cornaredo ha esternalizzato il servizio di gestione dei rifiuti urbani affidandolo “in house” così come previsto dall'art. 113 del D.lgs. 267/2000 e s.m.i. alla società ACSA Azienda Comunale Servizi Ambientali Spa di cui il Comune è uniproprietario.

ACSA Spa si occupa dell'intero ciclo di gestione dei rifiuti, quali la raccolta ed il trasporto agli impianti di smaltimento e/o trattamento, lo spazzamento delle strade nonché lo svuotamento dei cestini porta rifiuti collocati sul territorio, le raccolte differenziate, comprese le frazioni di rifiuto conferite presso la Piattaforma Comunale di Raccolta Differenziata e la gestione della struttura stessa.

Pur avendo raggiunto inizialmente significativi obiettivi in ordine alla raccolta differenziata dei rifiuti, negli ultimi anni la situazione si era progressivamente degradata, come evidenziato dalla costante riduzione della percentuale di raccolta differenziata arrivata anche a valori inferiori al 50%.

Dall'anno 2011 si è avuta un'inversione di tendenza in quanto la percentuale di raccolta differenziata ha ripreso ad aumentare grazie:

- alla riduzione della frequenza della raccolta del rifiuto secco non riciclabile (passaggio mono settimanale);
 - alla ristrutturazione della piattaforma di raccolta differenziata;
 - al potenziamento delle raccolte a contenitori sul territorio (indumenti dismessi);
 - all'istituzione di nuovi servizi (raccolta del verde);
 - alla scelta di impianti di destinazione finale dei rifiuti che garantiscano una maggiore efficacia in termini di recupero dei materiali;
 - ad una costante campagna di sensibilizzazione, incentivazione ed informazione nei confronti dei cittadini e delle aziende sul territorio;
 - al continuo impegno per assicurare igiene e decoro alla città attraverso la pulizia del suolo sia manuale che meccanizzata, nonché tramite interventi di rimozione delle discariche abusive.
- Nel 2015 vengono previste ulteriori iniziative per raggiungere e superare gli obiettivi normativi del 65% della raccolta differenziata, mediante:

- l'avvio di nuove iniziative in piattaforma, dedicate soprattutto alle utenze non domestiche, anche in prospettiva dei "forti" interventi manutentivi alla struttura;
- introduzione del rilevamento puntuale dei conferimenti della frazione indifferenziata dei rifiuti.

I risultati quantitativi non si fanno attendere e come evidenziato dal grafico sottostante del quale è possibile evidenziare una riduzione dei rifiuti indifferenziati del 34% e del totale rifiuti del 15%, a fronte dell'incremento del 26% dell'intercettazione di Forsu e carta, di ben il 53% della plastica+lattine e della percentuale della raccolta differenziata (+10%).

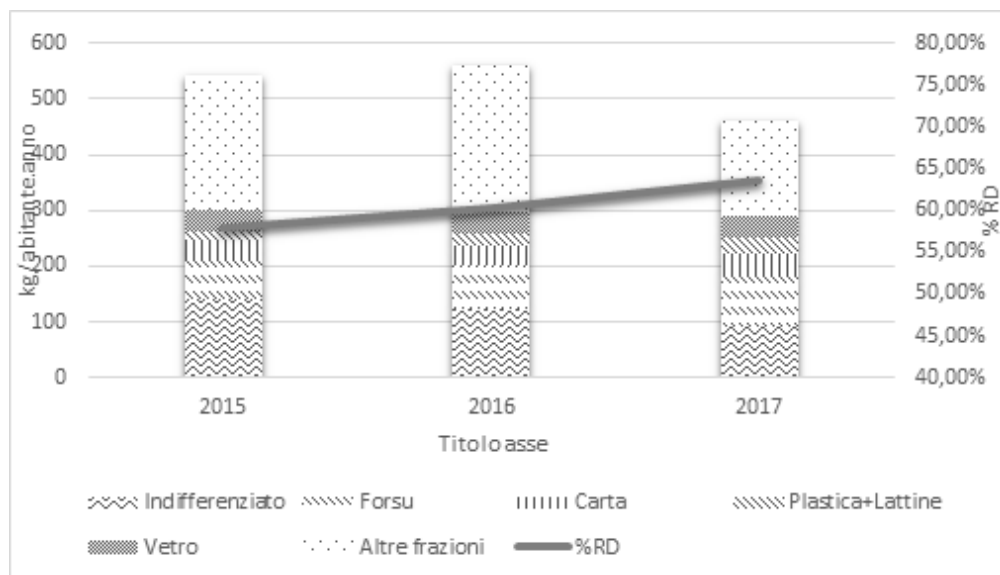


Fig. 1 – Andamento raccolta frazioni rifiuti (kg/abitate.a) e %RD

Il servizio di raccolta della frazione secca non riciclabile viene effettuato con sistema porta a porta presso le utenze domestiche (RSU) e non domestiche (RSAU).

La raccolta prevede l'utilizzo di sacchetti a perdere in polietilene e lo svuotamento di cassonetti di varia dimensione, prevalentemente da 1.100 lt; il servizio prevede la raccolta dei sacchetti un giorno alla settimana e l'orario di raccolta è compreso tra le ore 6,00 e le ore 12,00.

Le squadre di raccolta sono composte da autocompattatori con caricamento posteriore con uno o più mezzi a vasca che fungono da veicoli satellite.

2.2 La complessità di una gestione della tariffa puntuale in regime tributario e con l'interazione di diversi attori

La ricordata diversificazione della gestione della tariffa è frutto di una volontà da parte della Amministrazione di rafforzare il ruolo dell'Ufficio tributi nella gestione delle entrate locali (emissioni uniche, sinergie nei controlli, ...). Ed è proprio l'ufficio tributi a gestire il passaggio a tariffa puntuale. Esso deve necessariamente restare in ambito tributario, ma ha la caratteristica sostanziale di legare i pagamenti dovuti dalle utenze al rifiuto (nello specifico il RUR) da esse prodotto. L'ufficio tributi si occupa della riscossione e negli ultimi anni ha teso a unificarne le scadenze con quella degli altri tributi locali (con un massimo di due emissioni annue). Questa rigidità ha creato alcuni problemi nella fase di sperimentazione, costringendo negli ultimi due anni (2016 e 2017) ad una attribuzione della parte variabile (TV) che per una quota era anticipata con l'emissione di maggio (con una assegnazione parametrica della tariffa) e per l'altra era saldata con una assegnazione puntuale sulla base dei RUR conferiti da ogni utenza in forma di conguaglio – quindi con l'emissione dell'anno successivo.

Il secondo soggetto interessato alla gestione della tariffa puntuale è il gestore Acsa Spa, cui spetta il compito di consentire attraverso la raccolta di sacchi e contenitori taggati, di assegnare il volume raccolto (corrispondente all'intero volume del sacco/contenitore) ad ogni utenza che lo espone. Il terzo è la software-house (Sikuel Spa) che passa all'ufficio tributi la lettura dei tag abbinati alle singole utenze, consentendo l'individuazione dei volumi conferiti da ogni utenza.

ECOMANUALE

GUIDA ALLA RACCOLTA DIFFERENZIATA
NEL COMUNE DI CORNAREDO



Comune di
Cornaredo



Fig. 2 – Campagna di comunicazione per il lancio della tariffa puntuale a Cornaredo

2.3 I costi della prevenzione inseriti nella tariffa rifiuti

Nel Piano finanziario 2017 per la prima volta i costi di prevenzione dei rifiuti (CPS) sono stati evidenziati in modo integrato tra i costi di settore. I CPS, in forma di addizionale pari a 1 €/utenza, sono stati inseriti tra i costi di gestione (CG). La loro collocazione prima dei costi di raccolta a trattamento – del residuo (CGind) e delle frazioni differenziate (CGd) rimarca come la prevenzione sia azione integrata nella gestione dei rifiuti e debba essere realizzata a monte delle operazioni sui rifiuti stessi. Questo porta, in un Comune di 20.000 abitanti ad accantonare circa 10.000 € ogni anno da impiegare in azioni di prevenzione dei rifiuti [1].

2.4 Soluzioni tecniche e regolamentari implementate

Con il Piano Finanziario (PF) e con la relazione di accompagnamento si sono mantenute le tradizionali suddivisioni delle quote a carico di utenze domestiche (UD - 55%) non domestiche (UND – 45%) e da assegnare alle quote fissa (TF - circa due terzi) e variabile (TV – circa un terzo) delle tariffe.

Nella gestione di TV si è introdotta una novità significativa: accanto ad una parte maggioritaria assegnata con metodo parametrico negli ultimi due anni e nella specifico per il 2017 è stata introdotta una quota da assegnare a conguaglio, legata ai conferimenti di ogni singola utenza. Per il 2016 il conguaglio è stato coperto dalle maggiori entrate dovute ad un aumento della base imponibile verificatosi nell'ultime parte dell'anno.

Per il 2017 si stanno valutando (anche attraverso simulazioni degli effetti sulle utenze) le scelte più coerenti con l'introduzione e consolidamento del legame tra produzione di rifiuti e tariffa dovuta.

Per rendere possibile questa prima ancora limitata applicazione puntuale era necessario rendere conveniente l'accoppiamento, penalizzando i conferimenti irregolari.

Per farlo si è introdotta – tra le norme transitorie del Regolamento gestione TARI 2017, una data limite, oltre la quale le utenze che non risultano “accoppiate” devono pagare una sanzione. Una analoga sanzione è stata prevista per le utenze che si ostinano a conferire sacchi o contenitori non taggati. Queste situazioni verranno analizzate e una volta risaliti all'utenza che conferisce in modo irregolare, anche questa verrà sanzionata.

Nei primi mesi del 2017 queste norme non erano ancora rese cogenti, ma già l'effetto atteso ha portato ad una iniziale diffusione dei corretti accoppiamenti, che all'inizio avevano incontrato molte difficoltà, con un numero molto ampio di UD e soprattutto di UND che risultavano disaccoppiate e continuavano i conferimenti con sacchi e contenitori “irregolari”.

A fine 2016, dopo i primi sei mesi di sperimentazione, il 15 % delle UD e il 73 % delle UND risultava formalmente non accoppiato.

Alcune prime lettere inviate alle utenze per invitarle bonariamente a regolarizzare la loro posizione e un attento lavoro di analisi delle situazioni iscritte e ruolo per eliminare i casi di incongruità ha consentito nel corso dei primi mesi dell'anno una individuazione delle utenze sulla quali era più urgente concentrarsi, riducendone il numero a 187 per le UD e a circa 200 per le UND.

A queste si è rivolta a partire da settembre una campagna di informazione sul come mettersi in regola, per non essere penalizzate, con lettere inviate dall'ufficio tributi (alle UD) e di Acsa spa (alle UND) che annunciavano l'applicazione delle sanzioni a chi non si fosse regolarizzato. I risultati saranno disponibili al momento della vera determinazione del conguaglio, mentre in questi mesi si faranno una serie di simulazioni degli effetti sulle utenze della sua distribuzione.

3. Conclusioni

L'esperienza di Cornaredo è in evoluzione ed è presto per una valutazione organica, ma a partire dall'analisi dalle criticità affrontate, si possono offrire elementi di indicazione di validità generale.

La tariffa puntuale è più semplice da gestire come corrispettivo affidato al gestore del servizio, ma si può applicarla anche in regime tributario con gestione comunale: la sua essenza non sta infatti nella natura giuridica del prelievo, ma del suo essere legato a elementi che differenziano le utenze rispetto ai loro comportamenti (quali la produzione di rifiuti e il servizio goduto). Come si è visto le prime sperimentazioni hanno già portato ad un miglioramento quali quantitativo della gestione, con riduzione della produzione dei rifiuti e aumento delle raccolte differenziate. Il coinvolgimento attivo degli attori sociali ed economici (popolazione, attività e loro associazioni) contribuisce a far considerare la tariffa puntuale un valore comune di trasparenza ed equità e non una imposizione burocratica.

Bibliografia

[1] **Santi M.** “I costi della prevenzione parte della gestione rifiuto” Ambiente&Sicurezza n.1 – 23 dicembre 2015.

Affidamento dei servizi di igiene urbana in aree con bisogni di natura sociale: il ricorso alla gara riservata ex art. 112 D.Lgs. 50/2016 quale strumento per integrare gli aspetti sociali nelle procedure di affidamento

*Dott. Giorgio Ghiringhelli ghiringhelli@arsambiente.it ARS Ambiente Srl Gallarate (VA),
Avv. Pietro Moro avvocato in Brescia, Avv. Aldo Coppetti avvocato in Bergamo*

Riassunto

Il settore della gestione dei rifiuti ha costituito un'importante occasione di creazione di opportunità occupazionali per lavoratori in condizione di fragilità. L'esigenza di superare il modello della convenzione con cooperative sociali ex art. 5, comma 1, L. 381/91 favorita dalla tendenza all'ampliamento della dimensione ottimale del bacino di affidamento del servizio voluto dal D.Lgs. 152/2006 induce a perseguire l'obiettivo della creazione di opportunità occupazionali per soggetti in condizioni di svantaggio mediante il ricorso a procedure di affidamento riservate agli operatori il cui scopo principale sia l'integrazione sociale e professionale delle persone con disabilità o svantaggiate tra cui in primis le cooperative sociali, secondo quanto consentito dall'art. 112 D.Lgs. 50/2016. Nell'elaborato si espone il modello di applicazione di procedura riservata seguito nell'ambito di un bacino di circa 40 comuni montani (con circa 90.000 abitanti).

Summary

The waste management sector played a very important role in creating employment opportunities for vulnerable workers. There is a need to overcome the traditional model which foresees an agreement with social cooperatives according to law 381/91, art.5 comma 1). This is supported by the increasing size of the waste collection area, after the provision of Decree 152/2006. Now the target is to create new employment for disadvantaged workers by using specific tender procedures by waste contractors whose aim is to integrate socially and professionally those people, organized mainly in social cooperatives in the framework of Decree 50/2016. In this paper we are presenting the implementation procedure in an area including about 40 municipalities, with 90,000 inhabitants.

1. Introduzione

Il settore della gestione dei rifiuti, con particolare riguardo alle fasi della raccolta, del trasporto e dello spazzamento, ha costituito, nell'esperienza di molti Enti locali, un'importante occasione di creazione di opportunità occupazionali per lavoratori in condizione di fragilità.

La grave crisi economica verificatasi a far tempo dal finire dello scorso decennio, con significative ricadute sui livelli occupazionali, unitamente alla costante diminuzione delle risorse a disposizione degli Enti locali per le misure di tutela dei soggetti più fragili, inducono a ricercare la massima valorizzazione delle opportunità di perseguimento delle finalità di inclusione sociale in occasione della stipula di contratti pubblici.

Al riguardo, l'esperienza del contesto territoriale della Valle Camonica appare paradigmatica sia della possibilità di individuare una dimensione ottimale del bacino di affidamento per favorire adeguate economie di scala, sia della possibilità di identificare l'affidamento di servizi di gestione dei rifiuti quale un'occasione privilegiata per poter perseguire l'obiettivo di creare opportunità di lavoro per soggetti in condizioni di fragilità. E ciò assicurando, mediante il ricorso al nuovo modulo gestionale della procedura riservata di affidamento dell'appalto previsto dall'art. 112 del D.Lgs. 50/2016, non solo il mantenimento dei livelli occupazionali già in essere per i lavoratori svantaggiati, ma anche la ricerca della più efficiente sinergia con i servizi sociali di riferimento e con le realtà del Terzo settore che operano sul territorio.

Nel presente elaborato si intende descrivere le modalità attraverso le quali la società a partecipazione pubblica affidataria *in house* della gestione integrata dei rifiuti in Valle Camonica (Valle Camonica Servizi S.r.l.) ha inteso coniugare il perseguimento dell'obiettivo dell'efficienza nella gestione del servizio con quello dell'inclusione sociale dei soggetti fragili.

2. L'implementazione delle procedure riservate nell'ordinamento nazionale

2.1. Il modulo gestionale della convenzione ex art. 5 L. 381/91

Come accennato in premessa, il settore della gestione dei rifiuti ha costituito, unitamente a quelli delle pulizie di edifici pubblici e della manutenzione del verde pubblico, uno dei settori privilegiati nei quali la Pubblica Amministrazione ha attuato la finalità di creare opportunità occupazionali per lavoratori svantaggiati in occasione della stipula di contratti pubblici.

I moduli operativi ai quali è stato fatto prevalentemente ricorso per il perseguimento della sopra descritta finalità sono stati quello della condizione di esecuzione (data dall'impiego di una misura minima di lavoratori appartenenti a categorie svantaggiate) e quello del convenzionamento tra l'Ente locale e le cooperative sociali, ai sensi dell'art. 5, comma 1, L. 381/91 (Disciplina delle cooperative sociali), secondo cui: *“Gli enti pubblici, compresi quelli economici, e le società di capitali a partecipazione pubblica, anche in deroga alla disciplina in materia di contratti della pubblica amministrazione, possono stipulare convenzioni con le cooperative che svolgono le attività di cui all'articolo 1, comma 1, lettera b), ovvero con analoghi organismi aventi sede negli altri Stati membri della Comunità europea, per la fornitura di beni e servizi diversi da quelli socio-sanitari ed educativi il cui importo stimato al netto dell'IVA sia inferiore agli importi stabiliti dalle direttive comunitarie in materia di appalti pubblici, purché tali convenzioni siano finalizzate a creare opportunità di lavoro per le persone svantaggiate di cui all'articolo 4, comma 1”*.

In questa sede, l'attenzione si concentrerà esclusivamente sul modulo del convenzionamento, dal momento che la condizione di esecuzione (normativamente prevista dall'art. 5, comma 4, L. 381/91 con specifico riguardo ai lavoratori svantaggiati considerati dall'art. 4 L. 381/91, ovvero, in linea generale, dall'art. 100 D.Lgs. 50/2016 e, in precedenza, dall'art. 69 D.Lgs. 163/2006) non configura un vero e proprio tipo di procedura a sé stante, ma un istituto utilizzabile in ogni tipo di procedura in forza del quale introduce vincolo per l'operatore economico affidatario delle prestazioni affinché sia tenuto ad eseguire il servizio nel rispetto dell'impegno, da assumere in sede di gara a pena di esclusione, di eseguire la prestazione valendosi di un numero minimo di lavoratori appartenenti a determinate categorie di svantaggio [1].

Concentrando, quindi, qui l'esame sul modulo del convenzionamento, giova precisare che, come traspare chiaramente dalla norma di riferimento, l'oggetto della convenzione è costitu-

ito, congiuntamente, da una prestazione consistente nella fornitura di beni o servizi e dall'inserimento lavorativo di persone svantaggiate nell'esecuzione della suddetta prestazione [2]. Infatti, come sottolineato dall'Autorità di Settore, per quanto *“le forniture di beni e servizi oggetto della convenzione rientrano nella più generale fattispecie di contratto di appalto”*, tuttavia, *“l'oggetto della convenzione non si esaurisce nella mera fornitura di beni e servizi, ma è qualificato dal perseguimento di una peculiare finalità di carattere sociale, consistente nel reinserimento lavorativo di soggetti svantaggiati: proprio in ragione di tale finalità, è prevista, limitatamente alle procedure di affidamento, la deroga alle regole ordinarie dettate dal Codice dei contratti per gli appalti sotto soglia”* [3].

Sotto il profilo soggettivo, i contraenti della convenzione possono essere, sul lato pubblico, le PP.AA., gli enti pubblici economici e le società a partecipazione pubblica, mentre sul lato privato, possono beneficiare del particolare regime di affidamento preferenziale solamente le cooperative sociali e loro consorzi di tipo B, vale a dire le cooperative sociali che *“hanno lo scopo di perseguire l'interesse generale della comunità alla promozione umana e all'integrazione sociale dei cittadini attraverso lo svolgimento di attività diverse - agricole, industriali, commerciali o di servizi - finalizzate all'inserimento lavorativo di persone svantaggiate”* (cfr. art. 1 L. 381/91).

Pertanto, non è possibile fare ricorso al convenzionamento con enti, ancorché appartenenti al Terzo settore (o imprese sociali), privi della natura giuridica di cooperativa sociale (propria anche dei consorzi di cooperative sociali costituiti ai sensi dell'art. 8 L. 381/91). Le cooperative sociali, dal canto loro, per poter essere ammesse alla stipula di convenzioni, ai sensi dell'art. 5, comma 2, L. 381/91, devono *“risultare iscritte all'albo regionale di cui all'articolo 9, comma 1”* e, in seguito alla novella apportata al 1° comma dell'art. 5 della L. 381/91 ad opera dell'art. 1, comma 610, della L. 23 dicembre 2014, n. 190, devono essere individuate *“previo svolgimento di procedure di selezione idonee ad assicurare il rispetto dei principi di trasparenza, di non discriminazione e di efficienza”*.

Sotto il profilo oggettivo, invece, la convenzione può avere ad oggetto esclusivamente la fornitura di beni o di servizi il cui valore deve essere contenuto al di sotto della soglia di rilevanza europea (oggi pari ad € 209.000 per le forniture di beni o servizi), da calcolarsi secondo i criteri di stima previsti dall'art. 35 D.Lgs. 50/2016. Inoltre, in relazione al particolare settore in esame, non può trascurarsi che è andato recentemente prospettandosi un ulteriore limite oggettivo al ricorso al modulo convenzionale, che, ad avviso dell'Autorità di settore, non potrebbe consistere nella gestione di servizi pubblici locali di rilevanza economica [4].

Appare evidente che la scelta operata dal D.Lgs. 152/2006 nel senso di promuovere la ricerca di un'estensione territoriale ottimale nel settore della gestione rifiuti, con l'obiettivo di porre fine alla frammentazione delle precedenti forme di gestione e di raggiungere adeguate economie di scala (gestione integrata “in senso orizzontale”), favorendo gli affidamenti su ambiti territoriali meno circoscritti, comporta il fisiologico aumento del valore stimato degli affidamenti, destinati a superare la (contenuta) soglia di rilevanza europea, precludendo il ricorso al modulo convenzionale ex art. 5 L. 381/91.

In definitiva, i limiti oggettivi che incontra il ricorso al modulo convenzionale inducono inevitabilmente a ricercare altri, più efficaci, strumenti per perseguire la finalità di creare occasioni occupazionali per soggetti svantaggiati.

2.2. *Le procedure riservate di affidamento degli appalti pubblici previste dall'art. 112 D.Lgs. 50/2016*

Il nuovo codice dei contratti pubblici (D.Lgs. 50/2016), condividendo uno dei fondamentali principi ispiratori delle più recenti direttive europee in materia di appalti e concessioni (quello della crescita “inclusiva”), ha esercitato l'opzione, rimessa agli Stati membri, di recepire l'ampliamento del perimetro applicativo delle procedure riservate [5].

La possibilità di riservare la partecipazione a procedure di affidamento esclusivamente ad operatori aventi determinate caratteristiche (ovvero la possibilità di imporre l'esecuzione delle prestazioni nel contesto di programmi di lavoro protetti) non era avulsa dal sistema delineato dal previgente D.Lgs. 163/2006, né da quello disegnato dalla precedente generazione di direttive comunitarie (Direttiva 18/2004 in materia di appalti).

Segnatamente, degli appalti riservati si occupava l'art. 52 D.Lgs. 163/2006, secondo cui: *“Fatte salve le norme vigenti sulle cooperative sociali e sulle imprese sociali, le stazioni appaltanti possono riservare la partecipazione alle procedure di aggiudicazione degli appalti pubblici, in relazione a singoli appalti, o in considerazione dell'oggetto di determinati appalti, a laboratori protetti nel rispetto della normativa vigente, o riservarne l'esecuzione nel contesto di programmi di lavoro protetti quando la maggioranza dei lavoratori interessati è composta di disabili i quali, in ragione della natura o della gravità del loro handicap, non possono esercitare un'attività professionale in condizioni normali”* [6].

L'Autorità di settore era intervenuta al fine di chiarire che il laboratorio protetto doveva essere un soggetto che esercita in via stabile e principale un'attività economica organizzata, che abbia la finalità di inserimento lavorativo di disabili e che abbia la maggioranza di lavoratori disabili [7], precisando che, seppur non sia escluso che una cooperativa sociale si accrediti come laboratorio protetto, nondimeno la qualificazione di laboratorio protetto resta comunque ancorata, come per ogni altro soggetto giuridico, al possesso dei requisiti sopra ricordati, *in primis* quello della presenza di una maggioranza di lavoratori (specificamente) disabili.

L'estraneità della figura dei laboratori protetti alla realtà del Terzo settore italiano e la rilevante quota di lavoratori disabili impiegati presso l'operatore economico hanno costituito elementi convergenti nel senso di limitare il ricorso da parte delle PPA.A. a procedure riservate ai sensi dell'art. 52 D.Lgs. 163/2006. Ben diverse e senz'altro accresciute sono subito apparse, invece, le prospettive per una più vasta applicazione delle procedure riservate di affidamento ai sensi dell'art. 112 D.Lgs. 50/2016, il cui primo comma così dispone: *“Fatte salve le disposizioni vigenti in materia di cooperative sociali e di imprese sociali, le stazioni appaltanti possono riservare il diritto di partecipazione alle procedure di appalto e a quelle di concessione o possono riservarne l'esecuzione ad operatori economici e a cooperative sociali e loro consorzi il cui scopo principale sia l'integrazione sociale e professionale delle persone con disabilità o svantaggiate o possono riservarne l'esecuzione nel contesto di programmi di lavoro protetti quando almeno il 30 per cento dei lavoratori dei suddetti operatori economici sia composto da lavoratori con disabilità o da lavoratori svantaggiati”*.

Il Legislatore italiano, nel pieno rispetto delle disposizioni europee, ha offerto un modulo procedimentale di affidamento degli appalti e delle concessioni, senza limitazione di oggetto e senza limitazione di importo, riservato alle cooperative sociali di tipo B e, più in generale, a tutti gli operatori economici il cui scopo principale sia l'integrazione sociale e professionale delle persone con disabilità o svantaggiate, purché essi abbiano una quota di almeno il 30 per cento di lavoratori costituita da lavoratori con disabilità o svantaggiati. Differentemente da quanto previsto dal previgente art. 52 D.Lgs. 163/06, il perimetro applicativo delle procedure di appalto (o concessione) riservate tenda a coincidere con quello delle disposizioni della L. 381/91, istituendo uno strumento senz'altro più confacente con la realtà del Terzo settore che caratterizza il nostro Paese.

Nondimeno, in ossequio ai principi di non discriminazione e della più ampia concorrenzialità, la riserva si estende anche a soggetti diversi dalle cooperative sociali, purché abbiano come “scopo principale” l'integrazione sociale e professionale delle persone con disabilità o svantaggiate.

2.3. Criteri di valutazione sociali delle offerte

La possibilità di valutare la qualità delle offerte, apprezzandone le caratteristiche sociali è prevista dall'art. 95, comma 6, D.Lgs. 50/2016 e, come sottolineato dall'Autorità di settore, i criteri di valutazione devono essere “*concretamente idonei a evidenziare le caratteristiche migliorative delle offerte presentate e a differenziare le stesse in ragione della rispondenza alle esigenze della stazione appaltante*” [8].

Nello specifico, può rilevarsi che i criteri di valutazione della componente sociale delle offerte appaiono tesi a considerare le specificità proprie delle categorie di lavoratori svantaggiati, che richiedono una continua ed efficace attività di accompagnamento non solo nel contesto lavorativo, ma anche nella vita sociale. Unici sotto-criteri di valutazione di natura quantitativa sono quelli legati al possesso della certificazione di qualità inerente l'attività di inserimento lavorativo (secondo il meccanismo on/off) ed all'incremento del numero dei lavoratori svantaggiati rispetto al minimo previsto dal disciplinare di gara (secondo una formula lineare).

3. Il caso della procedura riservata ex art. 112 D.Lgs. 50/2016 per l'affidamento di taluni servizi di raccolta domiciliare e trasporto rifiuti indetta da Valle Camonica Servizi Srl

3.1. Valle Camonica Servizi Srl e i nuovi affidamenti dei servizi di igiene ambientale

Valle Camonica Servizi Srl, opera in Valle Camonica (provincia di Brescia), la più estesa fra le Valli della Regione Lombardia (circa 100 chilometri di lunghezza, popolazione superiore ai 90.000 abitanti e 40 Comuni), ha previsto l'esternalizzazione a terzi di una parte del servizio di gestione rifiuti, costituita dalla raccolta domiciliare, mantenendo in capo alla società affidante tutte le restanti fasi di gestione del servizio. In particolare, il nuovo affidamento ha ad oggetto i servizi di raccolta domiciliare e trasporto della frazione organica, carta/cartone e multi pesante, che la società ha ritenuto di esternalizzare con l'obiettivo di mantenere l'elevato livello di opportunità occupazionali per le persone svantaggiate già assicurato in precedenza mediante altri moduli gestionali, imponendo all'affidatario l'integrale riassorbimento di tutti i lavoratori svantaggiati già impiegati presso i servizi oggetto dell'affidamento ed introducendo premialità (in sede di valutazione delle offerte) per gli operatori che si proponessero di incrementare il numero di lavoratori svantaggiati da impiegare nella gestione dei servizi.

3.2. Elementi fondamentali della procedura scelta

Si descrivono, seppur sinteticamente, gli elementi peculiari della procedura.

I requisiti soggettivi di partecipazione previsti dall'art. 112 D.Lgs. 50/2016 sono stati declinati nel modo più ampio, in ossequio al canone del *favor participationis*, consentendo ad operatori economici di qualsivoglia forma giuridica di partecipare, all'unica condizione di comprovare il possesso del duplice requisito dato:

- dal perseguimento dello scopo principale dell'inserimento lavorativo di disabili o svantaggiati (da comprovare mediante la produzione dell'atto costitutivo e dello statuto);
- dalla presenza di una quota pari ad almeno il 30 per cento di lavoratori appartenenti ad una delle categorie definite dall'art. 112, 2° comma, D.Lgs. 50/2016.

Per quanto attiene i requisiti di idoneità professionale (iscrizione all'Albo nazionale dei gestori ambientali nella categoria 1 e per classe corrispondente alla popolazione servita), i requisiti di carattere economico-finanziario (fatturato minimo e presentazione di due referenze bancarie) ed i requisiti di carattere tecnico e professionale (svolgimento di servizi analoghi in misura minima determinata dalla *lex specialis* nel rispetto del p. di proporzionalità, possesso delle certificazioni di qualità conformi alle norme ISO 9001 e ISO 14001) può, invece, dirsi che il bando di gara non si discosta dalle previsioni che usualmente sono rinvenibili in procedure di affidamento di servizi di gestione ambientale. Per quanto attiene ai criteri di valutazione degli

aspetti sociali delle offerte, in considerazione del notevole numero di lavoratori svantaggiati di cui si prevedeva l'impiego pari all'incirca alla metà della forza lavoro, la Stazione appaltante si è orientata nel senso di attribuire quasi la metà dei punti complessivi riservati alla componente tecnico-qualitativa delle offerte alla valutazione degli aspetti inerenti la gestione delle attività connesse all'inserimento lavorativo dei soggetti svantaggiati e, per certi versi, alla tutela dei soggetti che versano per definizione in condizioni di fragilità e/o disagio sociale.

In particolare, si è inteso valutare una griglia di criteri così articolata:

- metodologia dell'inserimento lavorativo, anche in relazione all'appropriatezza ed accuratezza dei progetti di inserimento lavorativo, da valutarsi in relazione alla capacità di elaborare piani personalizzati, all'attività formativa dedicata ai soggetti svantaggiati, alla presenza di azioni di valutazione periodica delle attività di inserimento, alla tipologia di mansioni ed attività affidate ai soggetti svantaggiati;
- struttura organizzativa preposta all'inserimento lavorativo, da valutarsi in relazione alla capacità di trasformazione in assunzione stabili dei tirocini attivati per i soggetti svantaggiati, alla figura del responsabile delle attività di coordinamento degli inserimenti lavorativi, al numero ed alle competenze degli operatori incaricati degli accompagnamento lavorativo, al potenziamento della capacità aziendale di accoglienza e accompagnamento dei soggetti svantaggiati, alla presenza di processi di affiancamento e tutoraggio, all'aggiornamento e formazione continua degli operatori;
- integrazione con la comunità e il territorio, da valutarsi in relazione alle iniziative ed attività extra-lavorative di inclusione sociale ed alla capacità di creare sinergie con soggetti pubblici e privati;
- presenza di certificazione di qualità sull'inserimento lavorativo;
- misure per l'inclusione sociale e l'autonomia personale, da valutare in relazione all'attivazione di interventi per la risoluzione di problematiche economiche, abitative e relazionali;
- incremento del numero di svantaggiati impiegati.

La clausola (sociale) di stabilità del personale svantaggiato già impiegato presso il servizio prevede l'obbligo dell'aggiudicatario di prendere in carico tutto il personale appartenente a categorie svantaggiate ai sensi dell'art. 112, 2° comma, D.Lgs. 50/2016, già impiegato dal gestore uscente dei servizi che costituiscono oggetto dell'affidamento. Una tale previsione si giustifica in relazione all'esigenza di evitare ripercussioni sull'inclusione sociale di persone fragili che deriverebbero dalla cessazione del rapporto lavorativo, sia in ragione della intuibile maggiore difficoltà di tali soggetti di trovare altre occupazioni, sia in ragione delle altrettanto intuibili ricadute sui percorsi di inserimento sociale che si registrerebbero nell'eventualità in cui soggetti fragili fossero costretti a forzatamente interrompere un'attività lavorativa che costituisce, oltre che un mezzo di sostentamento per sé e le proprie famiglie, anche una componente essenziale del percorso di inclusione sociale.

4. Conclusioni

La procedura riservata prevista dall'art. 112 D.Lgs. 50/2016 si presenta come un modulo gestionale particolarmente adatto ed efficace per perseguire nel settore della gestione dei rifiuti, obiettivi di inclusione sociale di soggetti in condizioni di fragilità. Ai fini dell'indizione della procedura di affidamento, la stazione appaltante potrà restringere la platea dei concorrenti alle sole cooperative sociali ed agli altri operatori economici che abbiano come scopo principale l'inserimento lavorativo di soggetti svantaggiati. La procedura di selezione dovrà avere l'obiettivo di individuare l'operatore che appaia maggiormente idoneo, oltre che a garantire adeguati livelli tecnico-qualitativi nell'esecuzione delle prestazioni oggetto dell'affidamento, ad assicurare il più efficace percorso di inclusione sociale dei lavoratori svantaggiati. Particolare attenzione dovrà essere riservata dalla stazione appaltante alla salvaguardia della stabilità dei livelli occupazionali dei lavoratori svantaggiati per i quali l'attività lavorativa costituisce

oltre che una fonte di sostentamento anche una componente essenziale del percorso di inclusione sociale.

Bibliografia

- [1] Gili L. – Dutto D., “Le clausole sociali”, in Cooperative sociali e inserimento lavorativo di persone svantaggiate, a cura di Moro P., Gili L., Gallo L. e Coppetti A., Maggioli, 2015, p. 33 e ss.; con riferimento al previgente art. 69 D.Lgs. 163/2006, A. Biagini, Commento all’art. 69, in “Codice dell’appalto pubblico”, a cura di Baccharini S., Chiné G. e Proietti R., Giuffrè, 2011; Izzo R., Commento all’art. 69, in “Codice degli appalti pubblici”, a cura di Garofoli R. e Ferrari G., Vol. I, Neldiritto Editore, 2011.
- [2] Moro P., “Le convenzioni di inserimento lavorativo”, in “Cooperative sociali e contratti pubblici socialmente responsabili”, a cura di Moro P., Gallo L. e Coppetti A., Maggioli, 2011, p. 29 e ss.
- [3] Autorità Nazionale Anticorruzione, Delibera 20 gennaio 2016, n. 32 – Linee guida per l’affidamento di servizi a enti del terzo settore e alle cooperative sociali; in precedenza, Autorità di Vigilanza sui contratti pubblici, determinazione 1.8.2012, n. 3;
- [4] Autorità Nazionale Anticorruzione, Delibera 20 gennaio 2016, n. 32 – Linee guida per l’affidamento di servizi a enti del terzo settore e alle cooperative sociali), a cui è stato talora ascritto il servizio di raccolta di rifiuti urbani (TAR Emila Romagna, sez. II, 6.7.2015, n. 637.
- [5] Direttiva 24/2014/UE in materia di procedure di affidamento di appalti pubblici di lavori, servizi e forniture e direttiva 23/2014/UE in materia di procedure di affidamento di concessioni di lavori, servizi e forniture;
- [6] Raiola I., Commento all’art. 52, in Codice dell’appalto pubblico, a cura di Baccharini S., Chiné G. e Proietti R., Giuffrè, 2011;
- [7] Linee guida n. 2 recanti “offerta economicamente più vantaggiosa” approvate con delibera n. 1005 del 21.9.2006 dell’ANAC;
- [8] Autorità di Vigilanza sui contratti pubblici, determinazione 23 gennaio 2008, n. 2.

Introduzione della PAYT: primi risultati del progetto europeo WASTE4think

*Michele Giavini giavini@arsambiente.it, Elisa Amodeo, Silvia Colombo, Giorgio Ghiringhelli, ARS Ambiente, Gallarate
Marzio Marzorati, Simona Colombo, Legambiente Lombardia, Milano*

Riassunto

Nell'ambito del progetto Horizon2020 WASTE4think, il Comune di Seveso, caso pilota, ha messo in atto diverse azioni per migliorare la gestione dei rifiuti.

L'azione principale ha riguardato l'introduzione della PAYT (Pay-as-you-throw) ovvero della tariffazione puntuale a partire da Maggio 2017. Il Comune nel 2015 ha avviato l'utilizzo sperimentale del sacco taggato (con RFID) per il rifiuto indifferenziato dal 2015 e nel 2016 sfiorava già il 75,5% di raccolta differenziata. Con la nuova tariffa, in poche settimane, è stato raggiunto l'80% di raccolta differenziata. La PAYT si basa su una parte fissa, che copre i costi del servizio, e una parte variabile commisurata all'effettiva produzione pro-capite del rifiuto indifferenziato. Parecchie e rilevanti le azioni di informazione e sensibilizzazione della cittadinanza che hanno accompagnato l'introduzione del nuovo sistema di tariffazione.

Summary

In the framework of the Horizon2020 WASTE4think project, the Municipality of Seveso, one of the four case studies all over the Europe, put in place several action to improve its waste management.

The main action was the introduction of the PAYT (Pay-as-you-throw) since May 2017. Seveso introduced the experimental use of the RFID bag to monitor unsorted waste since 2015 and, in 2016, the separate collection rate reached 75.5%. Thanks to PAYT, in a few weeks, the separate collection rate furtherly improved to 80%. PAYT system is based on a fix part, covering the service's costs, and a variable part, calculated on the base of the real per capita production of unsorted waste. Several sensitization actions towards citizens took place in order to increase awareness and compliance on the new system.

1. Introduzione

Il Comune di Seveso conta 23.561 abitanti, si trova in Lombardia ed è diventato famoso in Europa per il grave incidente dell'ICMESA. Dal 2016 fa parte del consorzio europeo che si è aggiudicato il finanziamento Horizon 2020 per il progetto WASTE4think Moving Towards Life Cycle Thinking By Integrating Advanced Waste Management Systems (W4T).

Il progetto si propone di creare e sperimentare in 4 differenti contesti urbani europei (Zamudio (ES), Halandri (GR), Seveso (IT) e Cascais (P)) soluzioni avanzate ed integrate per la gestione dei rifiuti in tutta la filiera.

Il Comune di Seveso ha messo in atto diverse azioni che vanno dalla sensibilizzazione della cittadinanza (*Funny door-to-door campaign*), alla sperimentazione dei pannolini lavabili presso

alcune famiglie e strutture educative, sino alla realizzazione di feste e sagre sostenibili che puntano alla massima riduzione dei rifiuti prodotti.

L'azione principale ha però riguardato l'introduzione della PAYT (Pay-as-you-throw) ovvero della tariffazione puntuale che si basa sul principio "chi inquina paga".

2. Relazione

2.1. *La gestione dei rifiuti a Seveso*

La gestione dei rifiuti, in capo all'azienda GELSIA Ambiente, si basa sulla raccolta domiciliare dell'indifferenziato e delle frazioni riciclabili che comprendono il rifiuto biodegradabile, carta e cartone, vetro, plastica e multi-materiale.

A partire da ottobre 2014 è stata attivata nella frazione Baruccana e nel 2016 è stata estesa a tutta la città la raccolta del RUR (Rifiuto Urbano Residuo) mediante sacco blu dotato di tag RFID (110 Lt).

Il sacco taggato permette di identificare univocamente l'utenza associata, domestica o non domestica, al momento della raccolta del sacco. I mezzi di GELSIA sono infatti dotati di un'antenna per la lettura dell'RFID e di un software dedicato per l'elaborazione e l'archiviazione dei dati.

Anche senza introdurre modifiche dirette di tariffazione, la sola l'introduzione del sacco blu ha agito sulla consapevolezza dei cittadini che hanno iniziato in tal modo a differenziare ancora di più e meglio e ridurre al minimo il rifiuto indifferenziato. La raccolta differenziata è così cresciuta dal 67,7% del 2015 al 73,8% del 2016.

2.2. *Introduzione della PAYT, primi risultati e problematiche emerse*

L'adesione del Comune di Seveso al progetto europeo Waste4Think, ha consentito di completare, nel 2017, il passaggio a PAYT. A marzo 2017, il Comune di Seveso, con delibera di C.C. n. 9 del 30.03.2017, ha modificato il regolamento per la disciplina dell'imposta unica comunale (IUC), prevedendo l'attribuzione di una parte variabile della tariffa legata al quantitativo di rifiuto indifferenziato conferito, Esempi pregressi e casi di letteratura¹ mostrano che, con l'introduzione della Tariffa a Misura, la potenziale riduzione della produzione di rifiuto indifferenziato può anche superare il 20%.

La tariffa puntuale viene introdotta gradualmente nel primo anno di applicazione, pertanto per il primo anno l'Amministrazione si è orientata a non calcolare interamente la parte variabile solo sulla produzione di rifiuti misurata con il numero di sacchi esposti, ma a suddividerla in due quote, TV1 e TV2:

- TV1: quota della parte variabile della tariffa calcolata ancora con il metodo del DPR 158/99 (coefficienti kb e kd)
- TV2: quota della parte variabile della tariffa commisurata all'effettiva produzione di rifiuti, calcolata con il numero di sacchi di indifferenziato.

In questo modo, il costo unitario di ogni sacco imputato in TV2 si mantiene ad un livello non eccessivo, permettendo l'introduzione graduale del sistema a misura ed eventuali correzioni per gli anni successivi.

È stata effettuata una stima della potenziale variazione in tariffa percepibile dalle utenze domestiche rispetto alla produzione media di rifiuto indifferenziato, che va da circa 9 a 31 sacchi blu all'anno: "virtuose" se generano la metà della produzione media, "medie" se rientrano nella produzione media e "a produzione elevata" se generano rifiuti una volta e mezzo rispetto alla produzione media.

Tenendo presente che il Piano Finanziario 2017 prevedeva un incremento globale di costi del

5% circa, legato ad adeguamenti dei canoni per i servizi, secondo le simulazioni effettuate le famiglie più virtuose rispetto possono ottenere un risparmio tra il -1% e il -8% rispetto alla TARI dell'anno precedente, con risparmi maggiori per chi vive in abitazioni nella categoria di metratura inferiore e con maggior componenti del nucleo familiare. Le famiglie con comportamento medio non percepiranno variazioni significative (tra lo 0% e il +4%) e le famiglie con produzione elevata potranno avere un aumento in bolletta compreso tra il +6 e il +11% con rincari maggiori per chi ricade nella categoria di metratura inferiore e con minor componenti del nucleo familiare.

Il conteggio dei sacchi con RFID ai fini della determinazione della tariffa è iniziato il 1° maggio 2017. Diverse campagne di sensibilizzazione ed eventi pubblici, sono stati organizzati per informare la cittadinanza dei cambiamenti in atto.

Rispetto ai dati registrati in precedenza, si rileva una drastica riduzione della produzione di sacchi di indifferenziato sin dalle prime settimane di applicazione della tariffa. Nei mesi di marzo e aprile la produzione media si attestava tra i 4.000 e 5.000 sacchi/settimana, mentre in maggio – giugno la produzione si situava tra i 2.500 e i 3.500 sacchi/settimana. Analizzando i dati di produzione dei rifiuti per frazione (Fig. 1), si nota che la produzione di rifiuto indifferenziato è scesa del 17% (da 157 a 131 ton/mese), mentre il numero di sacchi esposti si è quasi dimezzato.

Questo aspetto è tipico nel primo anno di introduzione della PAYT, in cui gli utenti razionalizzano l'uso dei sacchi compattando i rifiuti e riempiendoli maggiormente al fine di ridurre l'impatto economico.

I sacchi al mese mediamente esposti dipendono dai componenti del nucleo familiare, e vanno da un minimo di 0,46 sacchi/mese per famiglie composte da 1 solo membro a 1,66 sacchi/mese per le famiglie composte da 6 membri. Questo evidenzia in modo chiaro come quando i comportamenti sono virtuosi la necessità di raccolte frequenti del rifiuto residuo si riduce. È emersa però l'opportunità di dotare le utenze anche di un sacco taggato per l'indifferenziato di capienza inferiore (40/60 lt) a quello attualmente in uso (110 LT), con un costo inferiore in bolletta, al fine di fornire un'alternativa e maggiore flessibilità, ricordando che a Seveso il sacco è individuale, non condominiale.

A fronte della riduzione del rifiuto indifferenziato, rispetto al mese di marzo, in giugno è aumentata la produzione di FORSU del 12% (da 138 a 155 ton/mese) e di ingombranti del 28% (da 60 a 77 ton/mese); la produzione di carta e cartone è rimasta sostanzialmente invariata, mentre si sono ridotte le produzioni di multi-leggero, del 17%, e vetro, del 13%. Complessivamente la produzione di rifiuti è scesa del 3%, passando da 615 a 596 ton/mese.

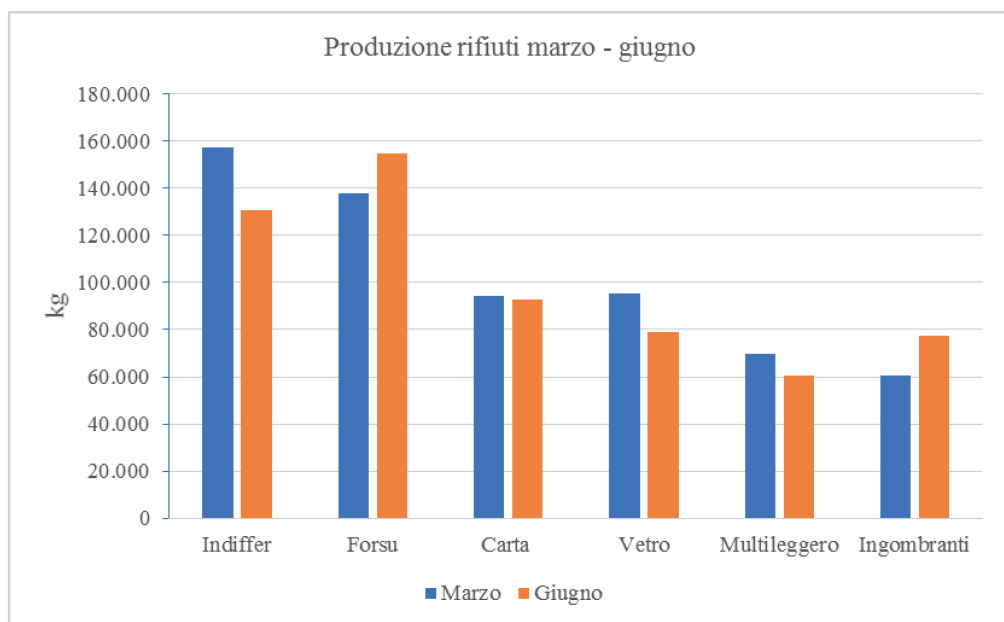


Fig. 1 – Produzione di rifiuti urbani per frazione nei mesi di marzo e giugno 2017 (Fonte: elaborazione interna su dati GELSIA 2017)

In questo primo periodo di sperimentazione della PAYT a Seveso, sono emerse alcune problematiche su cui Comune insieme a GELSIA, gestore del servizio, si stanno interfacciando.

In particolare, l'analisi dei dati di produzione di rifiuto associato ai dati anagrafici comunali ha evidenziato come vi siano un certo numero di utenti, chiamati "utenti zero", ai quali viene associata una produzione nulla di rifiuto, che sono state contattate per regolarizzare la propria posizione ed evitare l'applicazione di una stima di produzione di sacchi prevista per il primo anno.

Al fine di ridurre problemi legati alla mancata accettazione del cambiamento da parte della cittadinanza di Seveso, che già comunque si distingue per la virtuosità dei comportamenti in tema di rifiuti e ambiente, l'Amministrazione, all'interno del progetto Waste4Think, ha messo in atto una campagna di comunicazione articolata.

In particolare, le famiglie con neonati o con persone malate o anziane che utilizzano ausili per l'incontinenza lamentano l'aggravio di costi sulla parte variabile della tariffa da imputare al conferimento di pannolini o pannoloni con il rifiuto indifferenziato. Per far fronte a tale disagio, il Comune insieme a GELSIA ha deciso di mettere gratuitamente a disposizione, a partire da agosto 2017, rotoli codificati di sacchi arancioni, dedicati a chi usufruisce di ausili per incontinenza e a utenti con neonati da 0 a 3 anni, il cui ritiro non va a gravare sulla parte variabile della tariffa.

2.3. Azioni di sensibilizzazione della cittadinanza

Sono state realizzate dal partner di progetto Legambiente Lombardia, le attività di accompagnamento alle diverse azioni di cambiamento nella gestione dei rifiuti urbani della città di Seveso. Si tratta di azioni di informazione, animazione ed educazione coerenti con il piano di comunicazione del progetto e con la grande sensibilità presente nel territorio. Le azioni hanno lo scopo di sensibilizzare i cittadini e le famiglie al cambiamento che viene introdotto dal pro-

getto favorendo il protagonismo e la responsabilità e soprattutto favorendo il coinvolgimento diretto attraverso azioni di carattere culturale e sociale.

Gli stili di vita dei cittadini già in questi ultimi venti anni hanno dimostrato una forte capacità di coinvolgimento producendo a Seveso un cambiamento efficace nella separazione dei rifiuti in casa.

Per questi motivi si sono scelte azioni molto partecipate che stimolassero l'azione imitativa e la riproducibilità diretta dei cittadini.

- **Funny door-to-door** (cittadini, oratori, scuole). Non solo informazione ma coinvolgimento e adesione, portando nei quartieri e all'interno dei luoghi di aggregazione, come le scuole e gli oratori, attività di educazione al cambiamento, spazi che rappresentano la sfida più significativa del progetto e permettono di fare davvero la differenza contribuendo a rendere possibile ed accettate le azioni innovative introdotte nella gestione. Attraverso la presentazione teatrale, musicale si sono animate piccole piazze, feste del paese, luoghi di partecipazione, diffondendo così anche uno stile simpatico, divertente, attrattivo. È importante che "se ne parli" e che chi lo fa possa raccontare un evento, un suo coinvolgimento diretto. Essere protagonisti significa proprio questo: attivarsi in prima persona e collaborare alla diffusione di un messaggio attraverso la propria esperienza.

- **Cene con il rifiuto**. Un momento davvero coinvolgente nei diversi quartieri della città, organizzato direttamente dalle famiglie con il supporto del progetto. Ognuno porta qualcosa da mangiare da condividere con gli altri, alcuni portano le sedie e i tavoli, altri fanno disegni e volantini di invito. Le cene sono avvenute negli atrii dei condomini, nei piccoli parchi di fronte alle case, lungo una pista ciclabile, nel cortile sotto casa. La manifestazione ha avuto una veste pubblica, visibile e curiosa. Dopo la cena gli animatori del progetto hanno dato vita a giochi con al centro il rifiuto: "dove lo metto" oppure "come lo separo" o ancora "quali materiali lo compongono" oltre a "come faccio a riconoscere la composizione". I giochi hanno avuto come protagonisti i bambini che hanno attirato alla sfida gli adulti. Così il rifiuto è diventato parte della nostra vita, oggetti non più utili che attraverso il nostro comportamento possono ancora servire come materiali.

- **Spettacoli in strada**. La strada è il luogo principale dove viene effettuata la raccolta dei rifiuti, in strada la raccolta differenziata trova la sua rappresentazione teatrale, tutti noi mettiamo in vista i rifiuti e quindi anche la loro separazione. Per questo si è pensato alla rappresentazione teatrale e musicale come modalità di coinvolgimento e di partecipazione. L'animazione così concepita crea interesse, coinvolgimento, anima e seduce i passanti, crea una curiosità davvero contagiosa.

2.4. La metodologia WESTE per il monitoraggio e valutazione della filiera di gestione del rifiuto

Il caso studio di Seveso si inserisce nel più ampio progetto europeo Waste4Think che si distingue in particolare per alcuni contenuti tecnologici ed innovativi.

Nell'ambito di Waste4think è stata elaborata una metodologia per il monitoraggio complessivo di tutta la filiera del rifiuto dal punto di vista ambientale, sociale, tecnico ed economico, denominata WESTE (Waste - Environmental, Social, Technical and Economic)². Tale sistema è stato progettato inizialmente sulla base dei quattro casi studio del progetto Waste4Think (Zamudio, Halandri, Seveso e Cascais), di cui ne permetterà di valutare l'avanzamento, il confronto e il raggiungimento complessivo degli obiettivi di progetto.

Il cuore della metodologia si basa su un sistema di indicatori composto da 12 indicatori di sostenibilità di "alto livello" (i KPI, *Key Performance Indicators*) e altri 50 indicatori definiti di "basso o medio livello". Gran parte degli indicatori (circa 70%) sono di tipo tecnico e descrivono le performance del sistema come ad esempio il rifiuto raccolto o i km percorsi dai mezzi.

I restanti indicatori sono di tipo sociale (per il 14%), relativi al comportamento dei cittadini, e di tipo ambientale ed economico (per il restante 16%), relativi agli impatti sull'ambiente e al costo del sistema.

Nella figura sottostante è mostrata la struttura del sistema di monitoraggio WESTE.

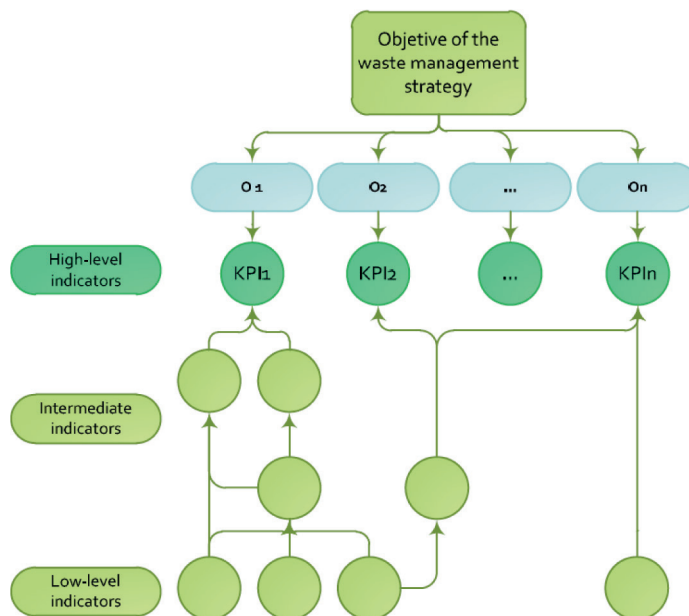


Fig. 2 – Schema WESTE per la valutazione integrata della filiera della gestione dei rifiuti

Gli indicatori sono stati organizzati secondo un sistema gerarchico che prevede diversi livelli di definizione, dalla misura diretta sino ad indicatori relativi all'intero ciclo di vita. Ogni livello richiede crescente complessità per la quantificazione degli indicatori.

L'accuratezza dei risultati è tuttavia fortemente condizionata alla qualità degli indicatori di più basso livello, che dipende dai dati disponibili (produzione di rifiuti, raccolta e gestione, dati di contesto relativi alle caratteristiche sociali, culturali, socio-economiche, demografiche del caso studio, etc.), prodotti dalle varie fonti (comune, azienda di gestione dei rifiuti, enti ambientali, etc.)

Tra questi, rivestono particolare importanza i dati tecnici relativi alla produzione puntuale dei rifiuti (*generation data*), la quantità di rifiuti raccolti complessivamente sul territorio studiato (*collection data*) e gestiti dagli impianti o dai punti di raccolta di ricezione del rifiuto finale, che siano localizzati o meno sul territorio (*management data*).



Fig. 3 – Fonti dei dati per il popolamento degli indicatori

Il sistema WESTE, nato per essere applicato nel progetto Waste4Think e specificamente formulato per valutare la sostenibilità di un sistema di gestione dei rifiuti in un contesto comunale, può essere utilizzato e adattato a tutte le politiche di gestione dei rifiuti a qualsiasi livello di programmazione (comunale, sovracomunale o regionale), permettendone la comparazione oltre che il monitoraggio dei risultati nel tempo. Inoltre, adottando tale sistema, l'ente pubblico si dota di un sistema organizzato di raccolta di dati di alta qualità e interpretazione dei risultati che risponde alle esigenze di tracciabilità, trasparenza e comunicabilità a cui ogni pubblica amministrazione è tenuta.

3. Conclusioni

Il Comune di Seveso, nell'ambito del progetto Europeo Horizon 2020 WASTE4think Moving Towards Life Cycle Thinking By Integrating Advanced Waste Management Systems (W4T) di cui è caso pilota, ha messo in atto una serie di azioni mirate al continuo miglioramento della gestione dei rifiuti. L'iniziativa più significativa è stata l'introduzione, da aprile 2017, della tariffa a misura o PAYT che si basa sull'attribuzione della parte variabile della TARI in base all'effettivo conferimento di rifiuto indifferenziato. Questo ha permesso di raggiungere l'80% di raccolta differenziata, dato che rende il Comune di Seveso tra i più virtuosi nel panorama nazionale.

Le lamentele da parte dei cittadini sono legate in generale a una errata percezione iniziale della tariffa: molti hanno percepito l'introduzione della parte variabile come "aggiuntiva" rispetto a una parte fissa simile all'anno precedente, non rendendosi conto attentamente dell'importo inferiore.

Tali problematiche, dubbi e incertezze da parte dei cittadini possono essere risolti solamente con una continua campagna di informazione, mirata alla completa comprensione delle modalità tariffarie, della corretta differenziazione dei rifiuti, dell'uso proprio della piattaforma ecologica, e di sensibilizzazione, mirata al continuo incremento della coscienza ambientale delle utenze

Obiettivo del Comune è ora quello di monitorare l'avanzamento delle attività e in particolar modo raccogliere dati sulla produzione di rifiuti e di raccolta differenziata, di fenomeni di abbandono e littering, di reclami della cittadinanza. Il monitoraggio sarà realizzato attraverso la metodologia definita all'interno del progetto Waste4Think, sviluppata sulla base dei 4 casi pilota europei, denominata WESTE (Waste - Environmental, Social, Technical and Economic). I dati raccolti saranno disseminati e utilizzati per capitalizzare i risultati di progetto.

Bibliografia

[1] Morlok et al. The Impact of Pay-As-You-Throw Schemes on Municipal Solid Waste Management: The Exemplar Case of the County of Aschaffenburg, Germany. *Resources* 2017, 6(1), 8; doi:10.3390/resources6010008

[2] WESTE methodology for holistically evaluation of the waste management chain, Iraia Oribe-Garcia, Cruz E. Borges, Marta Vila, Gemma Nohales, Michele Giavini, Elisa Amodeo, Joao Dinis, Gerasimos Lyberatos, Ainhoa Alonso-Vicario, 5th International conference on sustainable solid waste management (Athens2017)

Rifiutami con il cuore. Strategia e risultati di 3 anni di attività

*Cristina Gilardi crig@iol.it, Nicoletta Nodari, Francesco Micheletti
Leolandia SpA, Capriate San Gervasio, Bergamo*

Riassunto

L'aspetto innovativo di Leolandia ha radici molto lontane, basti pensare cosa poteva rappresentare negli anni 70' la nascita di un parco con la Minitalia, caratterizzata dai monumenti in miniatura del nostro Bel Paese. Il parco ha poi mantenuto il gusto per la sfida e l'innovazione, che rappresenta sicuramente una forte leva per crescere.

Leolandia ha tra le proprie naturali finalità l'essere vicino alle famiglie e al territorio su cui opera, e si propone come elemento trainante nel processo di transizione verso una società sostenibile in quanto è insito nella sua mission. "Leolandia vuole diventare il miglior parco europeo a tema per le famiglie con bambini fino ai 10 anni!" e per mantenere questa promessa non può non interessarsi al contesto ambientale.

A partire dal 2014 è stato strutturato un nuovo progetto con lo scopo di promuovere la raccolta differenziata e uno stile di vita ecosostenibile al di fuori dell'ambito domestico, in particolare durante il tempo libero. Per rendere l'attività sostenibile si è optato per un approccio sistemico [1], un metodo operativo per cui gli scarti di un processo, rappresentati per un parco da cibo e imballaggi, diventano risorse per il parco stesso. L'impegno dell'azienda ha una forte componente educativa, in quanto rende gli ospiti parte attiva e consapevole del progetto stesso.

Summary

Innovation is firmly rooted in Leolandia - just think about what the park showing miniature Italy (Minitalia) represented in the 70s. A park hosting miniature monuments of our country. Since then, the park has always taken on new challenges and fostered innovation, which has acted as a key driver of growth and development.

One of Leolandia's objectives is to support families and the local community, playing a pivotal role in the process towards a sustainability, which is inherent in its mission. "Leolandia aims to become the best theme park for families and children under 10 in Europe". For this purpose, it is necessary to take interest in the environmental issues.

As of 2014, a project has been planned with the aim of promoting waste sorting and an environmentally sustainable lifestyle, especially in the leisure time and not only in the family context. The park opted for a systemic approach [1] aiming to make the activity environmentally sustainable. It is a method where waste, which results in food and packaging at the park, becomes a resource for the park itself. The company's commitment has an educational aspect as it actively involves visitors in this project.

1. Introduzione

Quella dei rifiuti è una delle emergenze ambientali più sentite nel nostro Paese. Una politica di razionalizzazione, riduzione e riciclo dei rifiuti è quindi essenziale per un'azienda che abbia

a cuore il suo territorio e abbia fatto della crescita sostenibile un punto importante del proprio sviluppo.

A partire dal 2014, **in tutte le aree ristoro** sono stati sostituiti gli imballaggi in materiali vari con le **stoviglie biodegradabili e compostabili**, che rendono più semplice il conferimento dei rifiuti nel bidone corretto, ossia quello dell'umido; questo perché la raccolta differenziata tradizionale che precedentemente era presente nel parco, veniva eseguita con difficoltà dagli ospiti che provenendo da varie parti d'Italia sono abituate a regole differenti a seconda del comune di provenienza.

Nel 2015 è stata poi **rafforzata la comunicazione** grazie alla personalizzazione di tutte le stoviglie che potevano trarre in inganno l'ospite, come ad esempio i bicchieri in PLA o i bicchieri in cartoncino inserendo in tutti i punti ristoro: la cartellonistica, 1 slide sul monitor e la tovaglietta alimentare, seguendo le linee guida del progetto sia per quanto riguarda il linguaggio, che il colore e il font.

Nel 2016 si è infine assistito al **consolidamento della strategia**, sia per quanto riguarda la personalizzazione delle stoviglie che la comunicazione e il coinvolgimento dello staff.

2. Relazione

Il contenimento degli impatti ambientali rappresenta un elemento importante della strategia di sostenibilità aziendale e si concretizza in un impegno quotidiano tangibile anche sulle scelte e sulla conseguente riduzione delle emissioni di CO₂, che sono state portate avanti in questi anni.

L'impegno si traduce nella differenziazione dei rifiuti prodotti presso Leolandia, con **l'obiettivo di ridurre la frazione indifferenziata e avviare al recupero le diverse tipologie di materiali**.



Fig. 1 – Conferimento dei rifiuti presenti sul vassoio e composti da residui di cibo e stoviglie biodegradabili e compostabili.

I materiali dove si ha maggior possibilità di intervenire, per migliorare la raccolta e poter sensibilizzare le persone, sono sicuramente quelli che vengono prodotti in ambito ristorativo.

In particolare **in tutte le aree ristoro** a partire dal 2014, vengono introdotte le **stoviglie biodegradabili e compostabili** [3], che sono andate a sostituire le stoviglie monouso in plastica e in materiali vari, che implicavano una differenziazione puntuale delle singole stoviglie. L'impiego di materiali compostabili ha reso più semplice il conferimento dei rifiuti in un unico bidone, ossia quello dell'umido.

Come **imballaggi** sono stati scelti prodotti costituiti dai seguenti materiali:

- **Mater-Bi**: sacchetti, posate, bicchieri e tazzine in cartoncino accoppiato a Mater-Bi, foglio per panino.
- **Polpa di cellulosa**: piatti di diversi formati
- **Carta 100%**: tovaglietta, tovaglioli, imballaggi vari, cartoncino di bicchieri e tazzine
- **PLA**: bicchieri, porta insalate e macedonie
- **Legno**: palettine per il caffè

Nel 2015 si è poi intervenuti sulla **personalizzazione di tutte le stoviglie** che potevano trarre in inganno l'ospite, come ad esempio i bicchieri in PLA o i bicchieri in cartoncino con rivestimento in Mater-Bi, così da permettere all'ospite di conferire tutto il materiale presente sul vassoio come frazione organica. Inoltre in tutti i punti ristoro si è **rafforzata la comunicazione** inserendo: la cartellonistica, 1 slide sul monitor dei menu e la tovaglietta dei vassoi, seguendo le linee guida del progetto di comunicazione sia per quanto riguarda il linguaggio, che il colore e il font. Si è quindi posto in evidenza con frasi dirette come ad esempio "Stai utilizzando stoviglie biodegradabili e compostabili in MATER-BI®; buttale nell'umido e si trasformeranno in fertile terriccio!", come da un semplice gesto si possa ottenere a un grande risultato.

Il progetto è stato realizzato in collaborazione con Novamont, con lo scopo di applicare i diversi prodotti presenti in commercio in un parco dei divertimenti, dove il monouso è d'obbligo e dove si ha la possibilità di sensibilizzare le famiglie all'uso consapevole delle risorse e ai vantaggi della raccolta differenziata.

Nel corso dei **3 anni in esame** si assiste a una progressiva crescita della raccolta differenziata

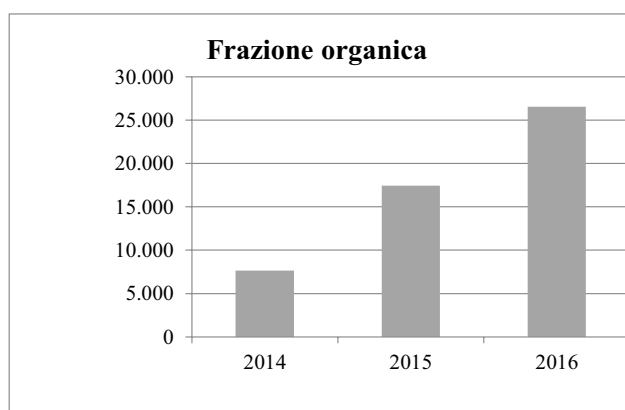


Fig. 2 – Andamento della raccolta differenziata della frazione organica (espressa in kg) nei 3 anni in esame.

dell'umido, in particolare è evidente un **incremento del 53% nel 2016** rispetto all'anno precedente. Il materiale raccolto nei punti ristorazione è stato poi conferito, tramite la municipalizzata, all'impianto di compostaggio Berco srl di Calcinate. Tutti i rifiuti conferiti nell'anno 2014-2015 e 2016 dal parco Leolandia sono stati avviati a processo mediante compostaggio e trasformato in ammendante compostato di qualità [2] ai sensi del d.lgs 75/2010. Il processo di compostaggio Berco è certificato con Sistema di Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001.

Il risultato conferma la strategia messa in campo, che ha puntato sulle seguenti attività: la **comunicazione** agli ospiti, la **semplicità della raccolta** differenziata, e la **formazione** dello staff, ha effettivamente prodotto dei risultati soddisfacenti.

Anno	Frazione organica	Organico pro capite	Scarto	Rifiuti trasformati	Compost ottenuto
2014	8.680 kg	14,28 g	43 kg	8.637 kg	5.200Kg
2015	17.440 kg	30,28 g	87 kg	17.353 kg	10.400 kg
2016	26.540 kg	33,92 g	342 kg	26.198	15.800 kg

Tab. 1 – Sintesi della raccolta differenziata della frazione organica da RSU dal 2014 al 2016 e i dati relativi alla produzione di compost di qualità ai sensi della Legge 75/2010. La quantità di scarti ottenuti dal processo di compostaggio viene calcolata sul totale dei rifiuti trattati nell'anno in esame.

In particolare la nuova strategia per la raccolta differenziata vuole essere un **esempio di economia circolare**, che si può spiegare, attraverso azioni concrete, anche ai bambini.

Il ciclo si chiude quindi con i rifiuti umidi che verranno inviati ad un impianto di compostaggio, che li trasformerà in **terriccio fertile** in parte **utilizzato per concimare l'orto** di Leolandia. L'orto didattico si sviluppa su una superficie di circa 2.600 metri quadrati dove è possibile osservare diverse varietà di piante, colture, ortaggi, e alberi da frutta, raccontati grazie a cartelli descrittivi dettagliati.

Inoltre per far vivere ai bambini **un'esperienza unica** che permetta loro di riflettere su questo tema divertendosi, ogni anno viene **organizzato l'evento Puliamo il MiniMondo**, una simulazione, a misura di bambino, di "Puliamo il Mondo" (campagna organizzata proprio dai volontari Legambiente per ripulire l'Italia dai rifiuti), sulla Minitalia, dove i bambini imparano attraverso il gioco l'importanza della raccolta differenziata. A completare la giornata dedicata al rispetto dell'ambiente i laboratori creativi, dove le stoviglie e i diversi materiali in Mater-Bi utilizzati dal parco, vengono trasformati in simpatici oggetti, accompagnati dalle avventure a fumetti di Bia de compostabilis, protagonista della scoperta del materbi.it

2.1 I punti di forza del progetto

La comunicazione

A partire dal 2015 è stato ideato un progetto per realizzare un testimonial delle attività di sostenibilità ambientale, con al centro un **concept** chiaro e allo stesso tempo intuitivo, tradotto poi in **un elemento visivo** accattivante e a misura di bambino, oltre che **declinabile a più livelli**: da quello informativo generale per la comunicazione sul sito e sui flyer a quello più mirato all'interno del parco su materiali di consumo o strutture.

Nasce così un **nuovo personaggio, GnamGnam**, che avvicina i bambini alla comprensione e condivisione dei valori sostenibili del parco ed è capace di coinvolgerli nelle diverse attività. Il nuovo personaggio, infatti, è in linea con le caratteristiche di Leo, la mascotte di Leolandia, e pertanto si affianca a lui diventandone quasi un **"grillo parlante"**, la "vocina" ecologica del parco.

GnamGnam, è un mangione goloso di rifiuti organici, che è ghiotto di stoviglie biodegradabili e compostabili, oltre che di residui di cibo e chiede solo di essere nutrito con attenzione. Per questo comunica con i bambini (anche direttamente, nella "forma" di un cestino dell'umido) con il **claim: RIFIUTAMI CON IL CUORE**

È un appello "personale", quasi affettivo, espresso da un personaggio molto tenero e coinvolgente per i bambini e riconoscibile anche grazie alla colorazione verde.

La semplicità della raccolta differenziata

Nel 2012 nasce l'esigenza di rendere performante la raccolta differenziata nei punti ristorazione del parco e quindi di gestire meglio i rifiuti. Dopo un'attenta analisi si è quindi scelto nel 2013 di introdurre le stoviglie monouso biodegradabili e compostabili effettuando una sperimentazione della durata di 2 mesi, che si è consolidata in tutti i punti ristorazione a partire dal 2014.

La nuova modalità ha permesso di rendere semplice la raccolta differenziata, permettendo agli ospiti di separare solo lo scontrino e la bottiglietta di plastica dai restanti imballaggi, conferibili con un unico gesto nel bidone dell'umido.

Ogni punto ristorazione è stato quindi attrezzato con un il bidone dell'umido e dell'indifferenziato e per la raccolta delle bottigliette in PET di appositi compattatori, sempre con la grafica personalizzata e in linea con il progetto.

La formazione dello staff di Leolandia

Il **processo di formazione** e coinvolgimento dello staff di Leolandia è sicuramente una tappa fondamentale per il raggiungimento dell'obiettivo del progetto. Si è quindi inserito all'inizio della stagione per tutti i collaboratori e dipendenti del parco una formazione specifica sui valori ambientali del parco e in particolare sulla raccolta differenziata.

3. Conclusioni

Il progetto ha preso spunto da eventi a ridotto impatto ambientale della durata massima di una settimana e ha trasferito i contenuti in una realtà continuativa. È auspicabile che, trattandosi del primo parco divertimenti che mette in atto una strategia innovativa sulla raccolta differenziata, il progetto possa servire come case history per essere poi applicato in altre situazioni e da altre strutture del medesimo settore, incentivando così le persone a effettuare correttamente la raccolta differenziata anche durante il tempo libero.

A supporto del progetto sono state condotte annualmente le indagini per verificare l'efficacia del progetto e come implementare la comunicazione per rendere semplice la raccolta differenziata e il coinvolgimento stesso delle famiglie.

1. Indagine 2014 (campione composto da 1.500 persone)

Uno dei risultati della ricerca, che è servito da stimolo per la messa in campo del progetto, è la tendenza degli intervistati a performare bene nella raccolta differenziata in ambiente domestico, rispetto ai luoghi pubblici o di vacanza, dove le persone si sentono autorizzate ad evitare di fare la raccolta differenziata oppure si trovano in difficoltà a dover gestire una raccolta differenziata diversa da quella abituale.

2. Indagine recap 2015-2016 (campione composto rispettivamente da 5.800 e 11.100 persone)

Obiettivo è analizzare la conoscenza della raccolta differenziata e dei materiali biodegradabili e compostabili usati all'interno del parco e verificare eventuali cambiamenti negli anni. Questa indagine permette quindi di dialogare in modo continuativo con gli ospiti.

Leolandia infatti vuole promuovere il rispetto per l'ambiente attraverso piccoli gesti quotidiani, coinvolgendo principalmente bambini e le scuole, che sono gli ospiti più ricettivi e capaci di portare un buon esempio nelle famiglie.

Leolandia come parco dei divertimenti è una realtà particolare che si presta a sperimentare sempre nuove strategie per migliorare e comunicare la sostenibilità ambientale. In particolare la nuova strategia per la raccolta differenziata vuole essere un esempio di economia circolare, che grazie alla semplicità e alle azioni concrete messe in campo coinvolge anche i bambini.

Le aree attrezzate per la raccolta differenziata sono appositamente personalizzate e pensate a misura di bambino. Infatti il personaggio chiamato "Gnam Gnam" cattura l'attenzione anche dei più piccoli e con diversi colori aiuta a differenziare correttamente.

Bibliografia

[1] **Bistagnino M.**, "Design sistemico", Cuneo, Slow Food Editore, 2009

[2] **ANPA** (Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale). *Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità*. Manuali e linee guida 7/2002

[3] **Walter Ganapini**, *Bioplastiche: un caso studio di bioeconomia in Italia*, Milano, Edizioni Ambiente, 2012

First estimation of exploitable “marine” residues from beach cleaning operations and fish markets at Emilia Romagna region

*Nicolas Greggio*¹ nicolas.greggio2@unibo.it, *Carlotta Carlini*¹, *Diego Marazza*¹, *Nicola Labartino*², *Mariangela Soldano*², *Andrea Contin*¹
¹ EMRG Lab. Università di Bologna - C.I.R.S.A.
² CRPA Lab. Reggio Emilia

Riassunto

Diversi residui e materie prime potrebbero essere recuperate dall'ambiente marino. Nell'ambito del progetto GoBioM, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna tramite il Fondo europeo per lo sviluppo regionale 2014-2020, è stato sviluppato un database per le biomasse residuali regionali. Abbiamo stimato la disponibilità a livello regionale di biomasse residuali generate da due diversi flussi: i mercati ittici e le operazioni di pulizia meccanica delle spiagge. Attraverso le informazioni raccolte dalle aziende e dai test di laboratorio, si è stimato che in regione sono raccolte 165.000 t/a di rifiuti spiaggiati, di cui il 75% è sabbia. Il rimanente 25% comprende 4300 t/a di conchiglie, 5000 t/a di legno e 2000 t/a di ulteriore sabbia. Per quanto riguarda gli scarti ittici un'analisi dettagliata è stata condotta sul mercato ittico di Rimini. I dati raccolti attraverso questionari rivelano che a Rimini vengono prodotti ufficialmente circa 15 tonnellate di rifiuti di pesce. Espandendo agli altri mercati ittici della regione abbiamo calcolato un totale di 1000 t/a.

Summary

Several residues and raw materials could be recovered from marine environment. Within the GoBioM project, funded by the Emilia-Romagna Region with the European Regional Development Fund 2014-2020 Program, a database of the regional residual biomasses has been developed. We estimated the availability at regional scale of residual biomasses generated from two different sources: fish markets and mechanical beach cleaning operations. Thanks to information collected by cleaning companies and laboratory tests we estimated for the Emilia Romagna a total of 165,000 t/y of collected waste (75% is sand) where 4300 t/y are shells, 5000 t/y is wood and 2000 t/y is remaining sand. Concerning fish wastes a detailed analysis have been carried out on Rimini fish market. Data collected through questionnaires reveals that, officially, about 15 t/y of fish wastes are produced at Rimini. Expanding to the other fish markets of the region we calculated a total amount of 1000 t/y.

1. Introduzione

Negli ultimi anni le politiche europee incentivano lo sviluppo dell'economia circolare in tutti gli stati membri. La principale caratteristica dell'economia circolare è la capacità di limitare o addirittura evitare la produzione di rifiuti, riciclandoli all'interno del ciclo produttivo come

materie prime secondarie. È per questo motivo che sempre più progetti di ricerca si prefiggono l'obiettivo di identificare residui da destinare ad una ulteriore valorizzazione. Il progetto GoBioM ha tra i suoi principali obiettivi quello di creare una banca dati per le biomasse residuali disponibili sul territorio della regione Emilia – Romagna. Questo studio si prefigge di quantificare, la disponibilità di biomasse residuali di origine marina. I due flussi investigati sono gli scarti ittici, derivanti dalla pulizia del pesce, e i rifiuti spiaggiati, naturalmente depositati lungo la costa dal moto ondoso.

Gli scarti ittici prodotti dal mercato ittico di Rimini attualmente vengono smaltiti secondo il Regolamento (CE) n.1069/2009 [1]. Un'alternativa allo smaltimento diretto è rappresentato dall'impiego di questi materiali come mangimi per animali, per la produzione di pigmenti naturali o nell'industria alimentare e cosmetica [2]–[6]. Più recentemente si è cominciato a valutare la possibilità di produrre biodiesel partendo da olio derivante da rifiuti ittici [7]. Inoltre, essendo questo materiale ricco di grassi e proteine, è possibile impiegarlo nella produzione di biogas tramite digestione anaerobica [8].

Per quanto riguarda i rifiuti spiaggiati, attualmente non viene effettuato alcun tipo di recupero, ma vengono interamente destinati alla discarica. Quasi del tutto assenti sono gli studi che si sono occupati di individuare e quantificare le frazioni merceologiche presenti nei rifiuti spiaggiati.

2. Relazione

2.1 Quantificazione Scarti ittici

Si è scelto di concentrarsi sui mercati ittici poiché questi concentrano in pochi punti della regione grandi quantitativi di scarto ittico, al contrario di altri esercizi, come i ristoranti, che sono più diffusi sul territorio e trattano quantitativi inferiori di pesce.

Per la quantificazione degli scarti ittici sono state eseguite indagini presso le segreterie del mercato coperto e del porto della provincia di Rimini. In un primo momento sono stati individuati i momenti in cui questo tipo di scarto viene prodotto, e si è visto come tutta la prima fase, comprendente la pesca e la vendita all'asta del pescato, non produca scarto. Questo è possibile perché durante l'attività di pesca tutte le catture accidentali e sottotaglia vengono ancora rigettate in mare, nonostante il regolamento (UE) 1380/2013 lo vieti e ne preveda lo sbarco presso il porto [9,10].

Grazie ai dati forniti per il caso studio di Rimini, è stato possibile risalire al quantitativo totale acquistato dal mercato presso il porto e, successivamente, anche da porti esterni alla provincia ed esteri. In seguito, conoscendo il dato mensile di scarto prodotto, che ammonta a 1.3 ton/mese, ad esclusione del mese di agosto, si è calcolata la percentuale di scarto prodotto sul totale del pesce trattato (Tab. 1).

Venduto al mercato dal porto [ton]	Pesce di altra provenienza [ton]	Totale [ton]	Scarto [ton]	Scarto [%]
340,5	102,1	442,6	14,3	3,2%

Tab. 1 – Calcolo della percentuale di scarto ittico prodotto per il mercato ittico di Rimini

Ottenuta la percentuale si è proceduto a estrapolare il quantitativo potenzialmente disponibile in Emilia – Romagna (Tab. 2).

	Rimini (2016)	Emilia Romagna (2013)
Acquistato totale (ton)	443	23000
Scarto (ton)	14	750

Tab. 2 – *Disponibilità di residui ittici nella provincia di Rimini e in Emilia Romagna*

Il dato così ottenuto è, però, sottostimato. Questo perché la percentuale di scarto è stata calcolata su una tipologia di esercizio commerciale che non sempre offre il servizio di pulizia del pesce, e nel quale questo non viene sempre richiesto. In altri settori, come quello alimentare o della ristorazione, è plausibile pensare che la percentuale di scarto prodotta non sia solo del 3%, ma almeno del 30%. Tenendo conto di questa correzione si ottiene una disponibilità di scarti ittici in regione di 950 ton/anno. Un campione di scarto ittico è stato prelevato dal mercato e sottoposto a test di biometanazione, per verificare la propensione del materiale alla produzione di metano. Il test è stato effettuato presso i laboratori del CRPA.

2.2 Rifiuti spiaggiati

Per la quantificazione dei rifiuti spiaggiati sono state effettuate interviste al personale della ditta incaricata della pulizia della costa riminese. Le tempistiche delle operazioni variano col periodo dell'anno, e in particolare si hanno: interventi giornalieri nel periodo maggio-settembre, con accumulo e vagliatura in zone esterne alla costa, settimanali da marzo ad aprile e mensili nel periodo ottobre-febbraio, col materiale accumulato e vagliato direttamente in spiaggia. L'operazione di vagliatura è volta al recupero di sabbia e produce diverse categorie di rifiuto: materiali ingombranti, vagliato di medie dimensioni e vagliato di piccola dimensioni (Tab. 3). I materiali ingombranti sono costituiti prevalentemente da legname di grandi dimensioni.

Frazione	%	ton
Raccolto totale	100%	146600
Sabbia (primo recupero)	70%	102600
Materiali ingombranti	10%	14660
Vagliato medio	10%	14660
Vagliato piccolo	10%	14660

Tab. 3 – *Composizione del materiale raccolto lungo la spiaggia di Rimini*

Per verificare la composizione del vagliato di piccole dimensioni è stato prelevato un campione di circa 35 kg direttamente dalla zona di vagliatura. Questo è stato poi suddiviso nelle seguenti frazioni merceologiche (Fig. 1):

- Grande organico (diam. > 5cm)
- Piccolo organico (diam. < 5 cm)
- Sabbia (secondo recupero)
- Conchiglie
- Sassi
- Misto (rifiuti antropici)

Ottenute la percentuale per ciascun materiale sono stati poi estrapolati i dati a livello regionale (Tab. 4).

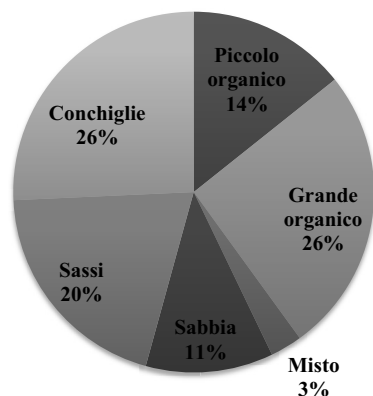


Fig. 1 – *Composizione "vagliato piccolo"*

Frazione	%	ton
Totale (Vagliato piccolo)	100%	14660
Piccolo organico	14%	2310
Grande organico	26%	4290
Misto	3%	440
Sabbia (secondo recupero)	11%	1610
Conchiglie	26%	3810

Tab. 4 – Quantificazione delle frazioni del “vagliato piccolo”

La frazione dei sassi è stata esclusa dall’extrapolazione regionale poiché la distribuzione di questi varia lungo la costa in base alla vicinanza con l’Appennino. Infine, per la maggior parte delle frazioni individuate è stato ipotizzato un recupero o come materie prime secondarie o come materiale per la produzione di energia.

Per verificare se il legno spiaggiato contenesse quantitativi di sali diversi dal legno tradizionale (non è stato a contatto con acqua di mare) è stato effettuato un test di cessione, con successive misurazioni di pH e conducibilità elettrica, e analisi con spettrofotometro, cromatografia ionica e assorbimento atomico su cinque campioni, tre “marini” e due “dolci”. I risultati hanno evidenziato che la permanenza in mare ha portato ad un notevole aumento nel contenuto salino del legno.

2.3 Risultati

I due test di biometanazione effettuati hanno avuto esiti diversi (Tab. 5). Gli scarti ittici si sono rivelati un ottimo substrato per la digestione anaerobica, con una buona produzione di metano, in percentuale maggiore all’insilato di mais, substrato tipico per questa tecnologia.

Al contrario però, il materiale organico spiaggiato occasionalmente non ha prodotto quantità significative di CH_4 , presumibilmente sia per una scarsa attitudine del materiale, sia per l’azione inibente operata dal sodio presente nel campione.

In ogni caso entrambi i materiali possono essere impiegati in co-digestione, in modo da limitare i problemi derivanti dai quantitativi limitati e variabili e dai fattori di inibizione.

CAMPIONE	ST - Solidi Totali [g/kg]	SV - Solidi Volatili [g/kg] [%ST]		BMP [Nm ³ CH ₄ /t SV]	CH ₄ [%]
Scarti pulizia del pesce	289,3	254,6	88%	361	75%
Materiale organico spiaggiato	344,2	276,9	80%	34	59%
Insilato di mais	329,8	310	94%	550-700	50-55%

Tab. 5 – Risultati del test di biometanazione

Le analisi dei tre campioni della frazione “grande organico” (denominati “marini”) e dei due campioni di legno “dolce” hanno evidenziato l’esistenza di reali differenze nel contenuto salino delle due tipologie di legno. È chiaro dunque come la permanenza in mare influenzi il contenuto di sali nel materiale (Tab. 6).

CAMPIONE	pH	T (°C)	CE (mS/cm)	CE (mS/cm)25°C
1 MARINO	6,36	23,1	4,23	4,4
2 MARINO	5,98	22,7	4,58	4,8
3 MARINO	6,21	23,3	6,23	6,45
4 DOLCE	5,31	23,7	0,60	0,61
5 DOLCE	5,61	23,4	1,39	1,44

Tab. 6 – Risultati delle misure di pH e conducibilità dei campioni di legno

2.4 Potenziale valorizzazione

I residui ittici hanno mostrato una buona propensione alla produzione di biometano tramite digestione anaerobica. In base alla disponibilità precedentemente calcolata, in un anno potrebbero essere prodotti oltre 340'000 Nm³ di CH₄ (Tab. 7)

Residuo [ton]	ST [ton]	SV [ton]	BMP [Nm ³ CH ₄ /t SV]
947	274	241	341867

Tab. 7 – Potenziale produzione di biogas con scarti ittici in Emilia – Romagna

La frazione del “grande organico” può essere recuperata e impiegata nella produzione di energia. Infatti, non esistendo un regolamento che vieti l'utilizzo di questo materiale, è possibile impiegarlo in termovalorizzazione. Qui la combustione avviene in condizioni controllate, e ciò evita che la presenza di sali possa produrre composti pericolosi, come le diossine.

Le conchiglie recuperate dalla pulizia della spiaggia possono essere utilizzate per la produzione di CaCO₃ biogenico, successivamente impiegabile nell'industria cementiera. Per fare ciò è necessario innanzi tutto lavare le conchiglie, per rimuovere sabbia e resti organici. Successivamente queste vengono triturate e calcinate, producendo CaCO₃ [11]. È importante che tutte le fasi della lavorazione avvengano a temperature inferiori ai 500°C, poiché superata questa soglia si va incontro alla disintegrazione del CaCO₃, che porta alla formazione di ossido di calcio e anidride carbonica. I sassi, qualora presenti, possono essere impiegati in edilizia, ad esempio come sottofondi stradali.

3. Conclusioni

Le biomasse residuali di origine marina sono presenti in regione in quantitativi interessanti, benché modesti rispetto altre tipologie di biomasse; molte delle categorie considerate possono essere impiegate o per la produzione di energia o come materie prime secondarie.

Sebbene i quantitativi modesti, queste biomasse presentano il vantaggio di essere concentrate in pochi punti specifici della regione: i mercati ittici per gli scarti di pesce, e le spiagge o i luoghi di accumulo estivi per i rifiuti spiaggiati, e ciò rende semplice e conveniente il loro recupero.

Frazione	[ton]	Valorizzazione
Scarti ittici	950 t/a	Produzione di energia (Biodigestione)
Grande organico	5000 t/a	Produzione di energia (Termovalorizzazione)
Conchiglie	4300 t/a	Produzione di CaCO₃
Sassi (Rimini)	1000 t/a	Edilizia

Tab. 8 – Disponibilità di biomasse residuali marine in Emilia Romagna e potenziale valorizzazione

Bibliografia

- [1] Regolamento 1069/2009 CE, “n. 1069/2009 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 ottobre 2009 recante norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale e ai prodotti derivati non destinati al consumo umano e che abroga il regolamento (CE) n. 1774/2002 (regolamento s,” vol. 2009, no. 4, pp. 1–33, 2009.
- [2] B. O. Gabrielsen and E. Austreng, “Growth, product quality and immune status of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fed wet feed with alginate,” *Aquac. Res.*, vol. 29, no. 6, pp. 397–401, 1998.
- [3] N. M. Sachindra, N. Bhaskar, and N. S. Mahendrakar, “Carotenoids in crabs from marine and fresh waters of India,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 38, no. 3, pp. 221–225, 2005.
- [4] S. Mandeville, V. Yaylayan, and B. Simpson, “GC-MS analysis of flavor-active compounds in cooked commercial shrimp waste,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 40, pp. 1275–1279, 1992.
- [5] I. S. Arvanitoyannis and A. Kassaveti, “Fish industry waste: Treatments, environmental impacts, current and potential uses,” *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 43, no. 4, pp. 726–745, 2008.
- [6] R. Ciriminna, F. Meneguzzo, R. Delisi, and M. Pagliaro, “Enhancing and improving omega-3 extraction from fish oil,” *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 5, no. March, pp. 54–59, 2017.
- [7] D. Madhu, R. Arora, S. Sahani, V. Singh, and Y. C. Sharma, “Synthesis of High-Quality Biodiesel Using Feedstock and Catalyst Derived from Fish Wastes,” *J. Agric. Food Chem.*, p. acs.jafc.6b05608, 2017.
- [8] I. A. Nges, B. Mbatia, and L. Björnsson, “Improved utilization of fish waste by anaerobic digestion following omega-3 fatty acids extraction,” *J. Environ. Manage.*, vol. 110, pp. 159–165, 2012.
- [9] A. Gottardo *et al.*, “Rigetti in mare e azioni di accompagnamento nell’area del Distretto Alto Adriatico,” 2015.
- [10] “REGOLAMENTO (UE) N. 1380/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO, dell’11 dicembre 2013 relativo alla politica comune della pesca, che modifica i regolamenti (CE) n. 1954/2003 e (CE) n. 1224/2009 del Consiglio e che abroga i regolamenti (CE) n. 2371/2,” pp. 22–61, 2013.
- [11] M. C. Barros, P. M. Bello, M. Bao, and J. J. Torrado, “From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate,” *J. Clean. Prod.*, vol. 17, no. 3, pp. 400–407, 2009.

Database of the residual biomasses in Emilia Romagna Region and relative production sites

Nicolas Greggio¹ nicolas.greggio2@unibo.it, Mattia Benamati¹, Diego Marazza¹,
Nicola Labartino², Sergio Piccinini², Andrea Contin¹

¹Università di Bologna, Bologna

²CRPA Lab, Reggio Emilia

Riassunto

All'interno del progetto GoBioM (POR FESR 2014-2020) è stata condotta una completa valutazione delle biomasse residue presenti in Emilia Romagna tenendo conto sia delle caratteristiche qualitative che quantitative. Più di 100 residui sono stati considerati, da quelli agricoli diffusi (residui di potatura, paglia, letame bovino, lettiere avicole ecc.) a quelli agro-industriali localizzati (vinacce, buccette di pomodori, sottoprodotti del latte ecc.). Le informazioni qualitative sono state raccolte dalla letteratura nazionale e internazionale e dove assenti, sono stati integrati mediante le informazioni appartenenti al CRPA. La valutazione dei quantitativi è stata effettuata per ogni residuo considerando il rapporto tra il sottoprodotto / prodotto principale (SP / P), prendendo la produzione agro-industriale dalla relazione annuale redatta dall'Osservatorio Agroalimentare dell'ER (2015). Utilizzando i solidi totali (ST) i solidi volatili (SV) e il potenziale di biometanazione (BMP) è stata calcolata una stima regionale della produzione potenziale di biometano per ogni biomassa residua relativamente al 2015. L'intero database regionale delle biomasse residuali è consultabile liberamente al sito: emrg.it/BiorefER/index.php.

Utilizzando una banca dati universitaria delle imprese regionali classificate secondo il codice ATECO, è stata condotta un'analisi dettagliata al fine di ottenere delle mappe di densità dei siti di produzione dei residui agro-industriali. Le mappe di densità, aventi maglie di 15 x 15 km, mostrano come sul territorio regionale si possano identificare aree orientate verso la produzione di un particolare tipo di residuo piuttosto che altre. Questa distribuzione spaziale dei siti di produzione risulta fondamentale nell'ottica di una valorizzazione delle biomasse residuali.

Summary

Within GoBioM project (POR FESR 2014-2020) the most comprehensive and useful assessment of regional residual biomasses has been conducted considering both quality and quantity characteristics. More of 100 residues have been considered from widespread agricultural residues (pruning, straw, cow and poultry manure and other by-products) to localized agro-industries residues (marc, tomato peels, milk by-products etc.). Quality data have been collected from national and international literature, and where missing, integrated by the CRPA Lab. database. Quantity evaluation has been conducted for each residue considering the ratio by-product/principal-product (SP/P), taking agro-industrial production from regional annual report (2015). Using ST, SV and BMP a regional estimation of biomethane potential production has been calculated for each residual biomass on 2015. The whole regional database of residual biomasses is freely available at: emrg.it/BiorefER/index.php.

Using an University database of regional companies classified under the ATECO code, a detailed analysis was conducted in order to produce density maps of agro-industrial waste production sites. Density maps, with mesh sizes of 15 x 15 km, show that Emilia Romagna region has portion of territory specialized for the production of a particular type of residue rather than others. This spatial distribution of production sites is crucial for a biomass residual exploitation.

1. Introduzione

L'approvvigionamento energetico attuale e soprattutto futuro rappresentano un problema che assume un ruolo strategico a livello globale. Soprattutto nei paesi avanzati, dove il benessere umano è strettamente dipendente dalla quantità e dalla qualità dall'energia utilizzata. È ben noto ai governi di tutto il mondo che la domanda globale di energia crescerà più velocemente della crescita demografica [1]. Basti pensare che in 20 anni dal 1994 al 2014 i consumi di energia elettrica mondiali sono aumentati del 50% e che le riserve di olio, gas e carbone avranno una durata di massimo 100 anni [2]. Non meno rilevante è l'effetto che i combustibili fossili causano in termini di emissioni di CO₂, nell'ottica del cambiamento climatico. In questo contesto, la necessità di fonti di energia rinnovabile è impellente e l'energia solare, l'energia eolica, l'energia idroelettrica, l'energia marina, la geotermia, la biomassa e rifiuti organici rappresentano un'alternativa valida ai combustibili fossili tradizionali [3]. Le biomasse residuali sono ampiamente disponibili e consentono una produzione energetica a prezzi ragionevoli, acquisendo recentemente sempre maggiore interesse anche per la possibilità, per alcune tecnologie di stoccare carbonio[4,5]. Attualmente la produzione di bioenergia si attesta a 50 EJ, circa il 10% del necessario a livello globale [6] e se ne stima una produzione massima di 150 EJ al 2030, di cui circa il 40% da residui agricoli e il restante da colture energetiche, foreste e residui [7]. A livello nazionale, nell'ultimo rapporto il GSE (2016) stima in circa il 30% la produzione di energia da fonti rinnovabili sul totale dei consumi, di cui le bioenergie sono passate dal 12% del 2010 al 17% del 2015 [8]. Tra le bioenergie gli impianti di digestione anaerobica con la produzione di biogas e il successivo *upgrading* a biometano sembrano essere tra le più promettenti, tanto che sono in dirittura di arrivo incentivazioni proprio per la produzione di biometano sia per autotrasporto che per l'immissione in rete [9]. Alla luce di questi recenti avanzamenti, la Regione Emilia Romagna ha finanziato il progetto GoBioM attraverso il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale 2014-2020. Tale progetto mira a rafforzare la catena tecnologica a livello regionale/nazionale di biometano, risolvendo l'attuale assenza di tecnologia italiana nell'*upgrading* del biogas a biometano e produce una stima delle biomasse residuali disponibili a scala regionale per introdurre un concetto di bioraffinerie locali. In dettaglio questo lavoro presenta la mappatura a scala regionale delle biomasse residuali con un dettaglio relativo ai siti di produzione dei residui agro-industriali.

2. Relazione

2.1 Metodi

Il lavoro ha previsto la definizione univoca delle categorie di residui considerati. Si è fatto riferimento al contesto europeo ed in particolare al rapporto "EUROPEAN INITIATIVE, Biobased for growth: a public-private partnership on biobased industries, Brussels 2013" [10] dal quale è scaturito il seguente elenco di residui:

- Residui agricoli in campo (paglia, sarmenti, foglie e colletti di barbabietola ecc.);
- Residui da orticoltura (in serra e in campo);
- Residui da allevamento e SOA (letame, pollina, frattaglie ecc.);
- Coltivazioni agricole dedicate (insilati di mais, medica, grano, barbabietola da zucchero);
- Oleaginose dedicate (girasole, soia, colza);

- Coltivazioni ligno-cellulosiche dedicate (pioppo, canna, canapa ecc.);
- Residui agro-industriali;
- Legno, carta riciclata e flussi collaterali della silvicoltura;
- Acque di processo e fanghi di depurazione;
- Residui post-consumo (rifiuti alimentari e altri rifiuti organici);
- Nuove biomasse promettenti (ad es. biomassa marina o lavorazioni delle sementi);

Per gli obiettivi di questo lavoro, Coltivazioni agricole dedicate, Oleaginose dedicate e Coltivazioni ligno-cellulosiche dedicate sono esclusi dal censimento dei residui avendo come unico scopo quello energetico. Solamente i residui delle colture oleaginose dedicate sono considerati nella banca dati perché la loro coltivazione genera residui in campo e scarti di estrazione degli oli.

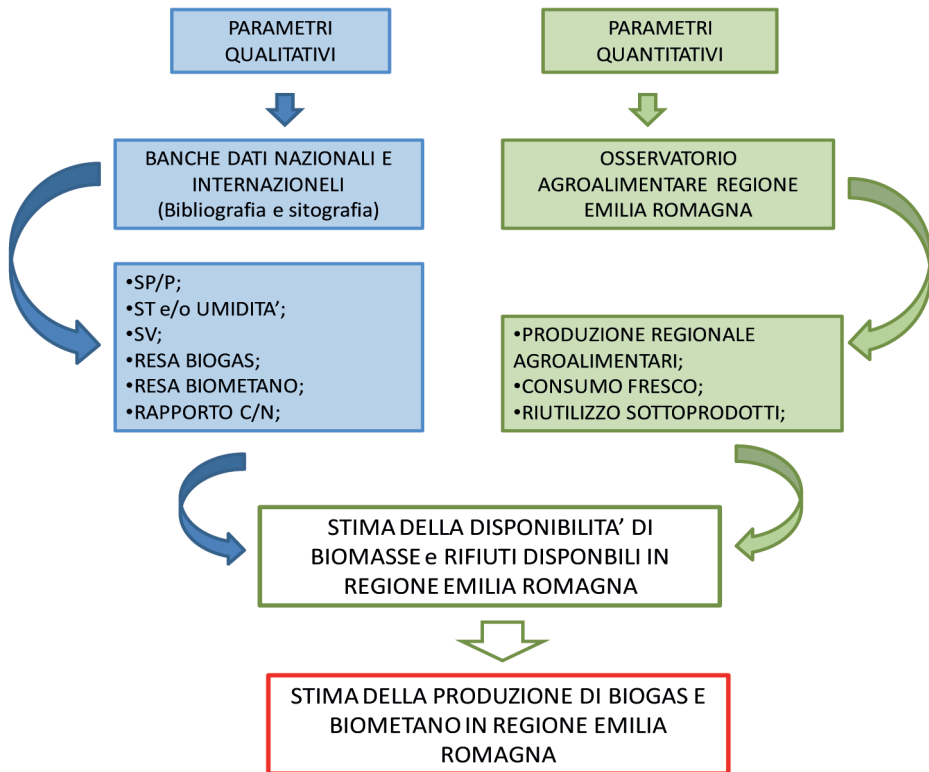


Fig. 1 – Rappresentazione grafica generale delle attività svolte

Una volta definiti i residui si è proceduto poi alla costruzione della banca dati sia per la parte qualitativa che quantitativa. In figura 1 vengono sommariamente descritte le attività svolte; per quanto riguarda i parametri qualitativi le fonti utilizzate sono state sia rapporti regionali che nazionali, ma per alcuni parametri (es. il rapporto C/N) si è fatto riferimento anche a banche dati comunitarie (**per ragioni di spazio le fonti utilizzate non vengono mostrate ma sono visibili al sito della banca dati**). Tra i parametri considerati troviamo il rapporto SP/P (sottoprodotto/prodotto), ST (solidi totali), umidità, SV (solidi volatili), resa di biogas, resa di biometano e rapporto C/N.

Per quanto concerne la parte quantitativa, la principale fonte dei dati è il rapporto dell'osservatorio agroalimentare della regione Emilia Romagna da cui si è potuto prelevare la produ-

zione agricola regionale del 2015, la percentuale di consumo fresco dei prodotti e la frazione di riutilizzo attuale dei sottoprodotti. Ottenute queste informazioni si è proceduto alla stima della disponibilità di residui in regione e al successivo calcolo di produzione potenziale e reale di biogas e biometano.

Avendo a disposizione diverse fonti bibliografiche, per ogni singolo parametro o stima eseguita, viene riportato un valor medio a cui è associata una deviazione standard che tiene conto dell'incertezza della stima. In questo lavoro si ritiene opportuno quantificare la disponibilità potenziale di residui e stimare la produzione potenziale di biometano, intendendo per "potenziale" la quantità ottenibile se tutti i residui attualmente prodotti fossero intercettati e completamente destinati a DA con seguente upgrading a biometano. Di contro, sono stati anche calcolati dei quantitativi disponibili "reali" e cioè al netto dell'attuale riutilizzo dei singoli residui.

Il processo di compilazione della base dati (sia qualitativa che quantitativa) ha visto inizialmente l'utilizzo di dati bibliografici e solamente in una seconda fase è stata eseguita una verifica dei parametri raccolti e una integrazione con la base dati di CRPA Lab..

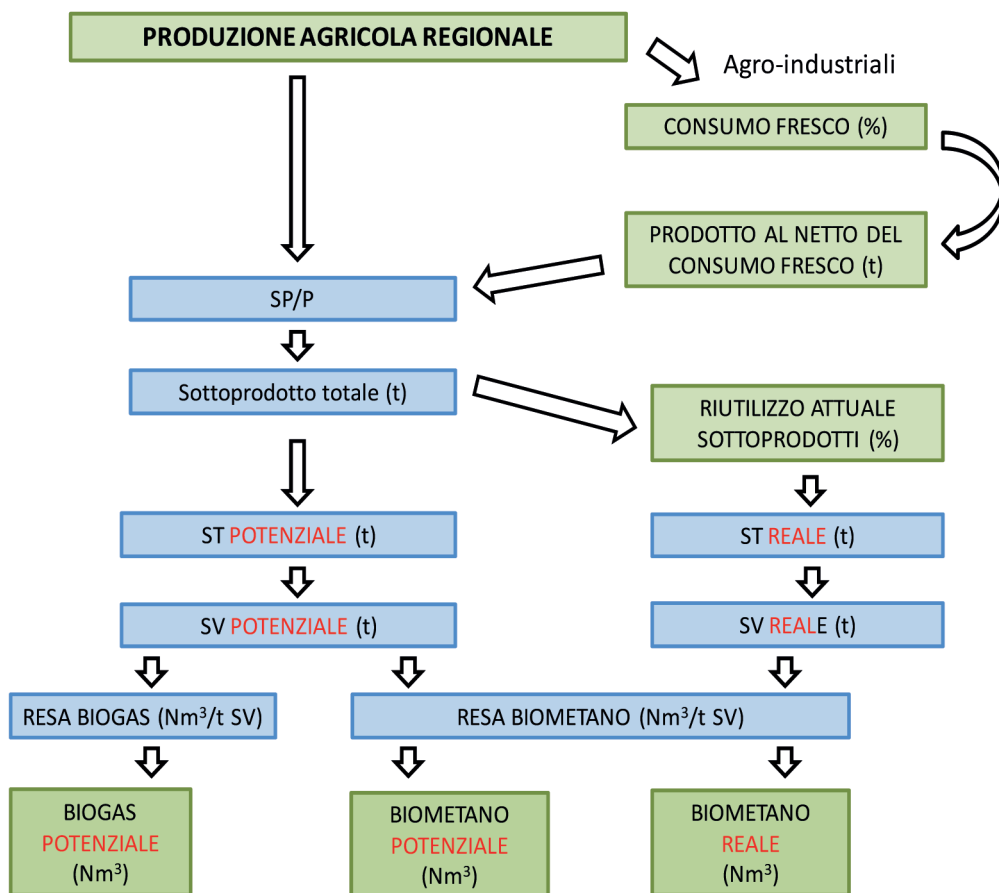


Fig. 2 – Diagramma di dettaglio dell'elaborazione dati eseguita per ottenere le stime di biogas e biometano in regione Emilia Romagna.

In figura 2 è mostrato il diagramma di dettaglio dell'elaborazione dati eseguita per ottenere le stime di biogas e biometano in regione Emilia Romagna. Partendo dalla produzione agricola regionale, mediante il rapporto SP/P, è stato possibile calcolare la quantità in tonnellate di sottoprodotto presente in regione. Per la categoria dei residui agro-industriali è stata eliminata la frazione di prodotto principale consumata fresca, ottenendo un prodotto al netto del consumo fresco (figura 2). Anche in questo caso, moltiplicando per il rapporto SP/P, otteniamo la quantità complessiva di sottoprodotto. Una volta note le tonnellate di sottoprodotto, moltiplicando per la percentuale di solidi totali (ST) si ottiene la quantità complessiva di solidi totali espressi in tonnellate; segue il calcolo della tonnellate di solidi volatili mediante la percentuale SV. La stessa procedura è stata applicata alle tonnellate di sottoprodotto tal quale, da cui è stato sottratto il riutilizzo attuale, determinando una quantità reale di solidi totali e di conseguenza una quantità reale anche di solidi volatili (figura 2). Note le rese (esprese in $\text{Nm}^3/\text{t SV}$) sia di biogas che di biometano, è stato possibile stimare le relative produzioni sia potenziali che reali (esprese in Nm^3).

Per quanto riguarda l'approfondimento relativo alla localizzazione dei siti di produzione, estraendo da una banca dati interna le attività regionali mediante codice ATECO, abbiamo ottenuto un elenco di imprese che nel loro ciclo produttivo generano residui valorizzabili. Di ciascun impresa sono note le Unità Locali produttive nonché i rispettivi indirizzi, forma giuridica, capitale versato e numero di dipendenti. L'indirizzo civico dell'unità locale è stato convertito attraverso Google Earth tools in coordinate geografiche, in modo da ottenere una serie di punti geolocalizzati, ciascuno riferito ad un impianto produttivo per una categoria di residuo. Avendo a disposizione i punti di produzione sono state elaborate, con il software open source Qgis, mappe di densità per ciascuna categoria di residuo agro-industriale con celle aventi maglie di 15 km.

2.1 Risultati

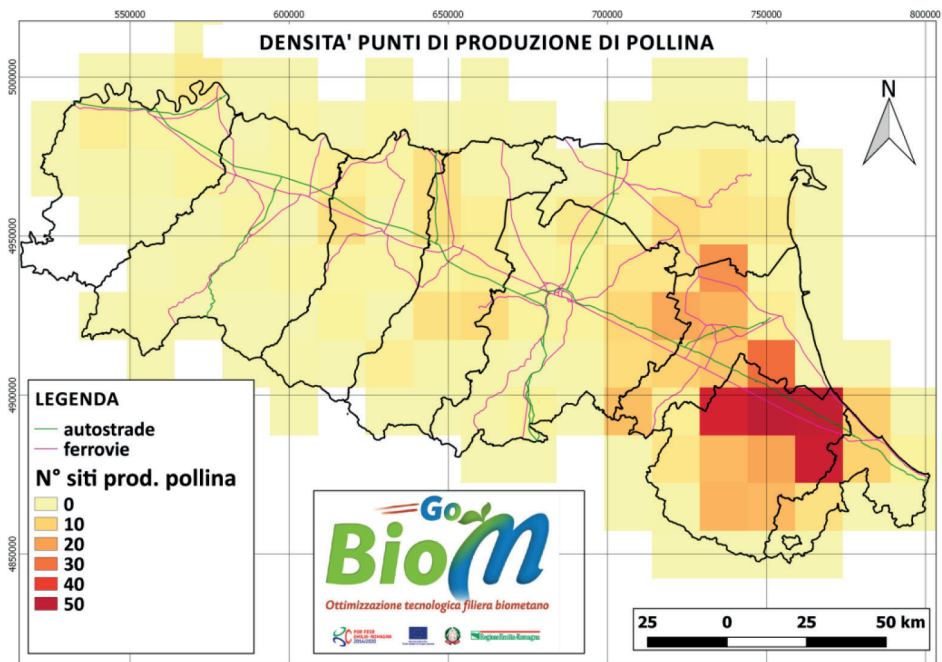
La banca dati regionale (per motivi di spazio) è consultabile al sito <http://www.emrg.it/Biorefer/index.php>, dal quale, dopo aver letto ed accettato le avvertenze e le istruzioni di utilizzo, è possibile estrarre singolarmente o cumulativamente le quantità potenzialmente disponibili delle diverse biomasse residuali regionali. A titolo esemplificativo e non esaustivo in figura 3 sono mostrati i primi 22 residui regionali, in ordine decrescente in base alle tonnellate di Solidi Totali (ST) stimati.

Coltura	Sottoprodotto	Sottoprodotto (.000 t)		ST Sottoprodotto (.000 t)		Biogas (MNm ³)		Biometano potenziale (MNm ³)	
		2015	Dev. St.	2015	Dev. St.	2015	Dev. St.	2015	Dev. St.
		Mais	Stocchi, tutoli, gambo	1188.2	89.9	460.9	139.4	357.8	150.6
Bovini	Letame	4110.0	478.7	257.6	131.5	229.9	134.6	122.9	71.1
Sorgo	Paglia	329.6	18.6	251.1	n.d.	88.8	20.2	66.3	24.8
Frum. Tenero	Paglia	576.6	39.2	178.1	59.1	168.6	27.5	119.7	25.1
Bovini	Liquame	5047.4	586.7	160.1	78.3	157.2	84.6	85.2	47.7
Vite	Sarmenti	263.5	65.5	133.2	136.5	24.5	13.7	12.2	6.9
Barbabietola	Foglie, colletti	814.1	0.0	129.1	103.7	57.5	39.9	52.3	28.0
Suini	Liquame	5320.4	417.3	98.8	51.7	107.9	62.8	74.5	40.8
Pomodoro	Foglie, fusto, prodotto di scarto	540.9	n.d.	95.3	72.0	34.2	10.8	19.2	7.7
Soia	Fusto, foglie, scarto	116.7	28.9	88.5	128.6	32.6	12.1	17.5	6.9
Avicoli	Lettiera ovaiole	468.0	234.0	65.1	34.3	82.4	44.4	49.4	26.7
Avicoli	Lettiera broiler (lolla, paglia, segatura)	468.0	234.0	59.4	34.3	68.3	41.8	39.9	23.8
Frum. Duro	Paglia	161.1	10.4	47.6	14.8	47.1	7.6	33.5	7.0
Pesco-Nettarine	Residui di potatura	71.4	1.8	43.0	45.1	7.1	3.5	3.6	1.8
Patata	Foglie, fusto, prodotto di scarto	77.0	0.0	41.9	45.2	14.5	4.2	8.1	3.1
Pero	Residui di potatura	54.7	4.5	32.8	34.5	5.4	2.7	2.7	1.4
Verde pubblico	Sfalci e potature	308.0	n.d.	30.5	n.d.	90.0	44.1	45.0	22.1
Orzo	Paglia	84.3	9.9	29.5	11.6	28.9	11.5	19.4	5.4
Uva da vino	Vinacce	150.1	53.5	28.5	18.6	25.2	20.3	10.9	9.2
Legumi	Bacelli, fusto, foglie	73.0	n.d.	22.7	34.9	8.3	7.2	7.6	n.d.
Latte e prodotti caseari	Scotta	1425.2	n.d.	17.1	2.9	45.8	15.2	25.1	6.7
Uva da vino	Vinaccioli	50.7	14.5	16.3	13.5	15.7	13.8	4.6	n.d.

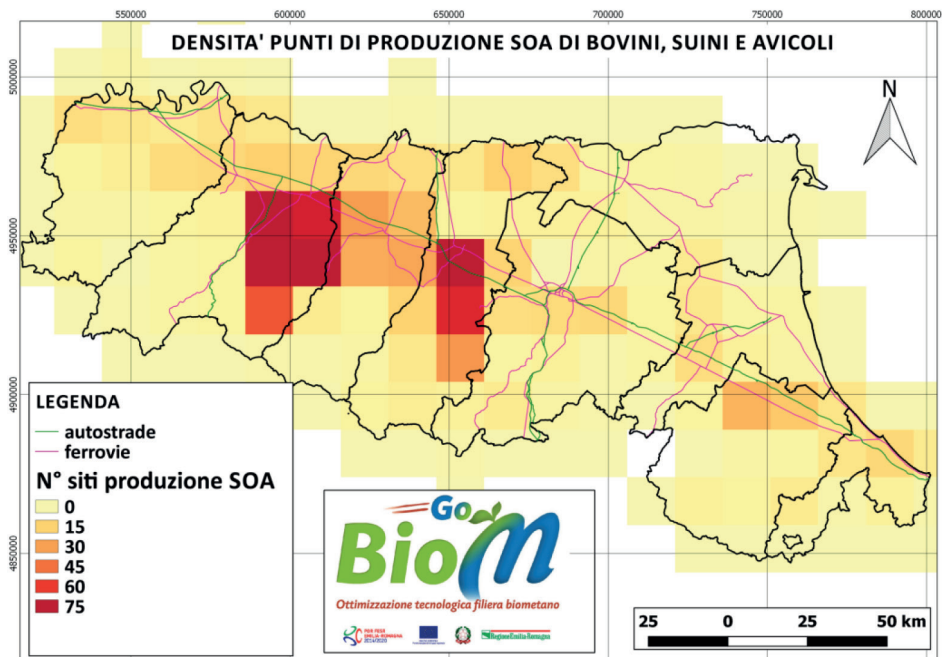
Fig. 3 – Esempio non esaustivo della banca dati dei residui regionali redatta nel progetto GoBioM.

Come visibile in figura 3, i residui del mais sono i più abbondanti in regione con circa 460000 t di ST diffuse sul territorio, segue poi i letame bovino con oltre 250000 t presenti in modo puntuale negli allevamenti bovini regionali. Seguono poi paglie di sorgo e frumento tenero, liquami bovini e sarmenti di vite. Il totale regionale, in termini di ST, si aggira attorno ai 2.5 milioni di t.

Per quanto riguarda i residui definiti puntuali a livello regionale e cioè prodotti in modo puntiforme da impianti di trasformazione e/o allevamenti, in figura 4 sono mostrate 2 mappe di densità dei punti di produzione de residui derivanti dagli allevamenti avicoli (A) e dei sottoprodotti di origine animale (B).



A



B

Fig. 4 – Mappe di densità dei punti di produzione de residui derivanti dagli allevamenti avicoli (A) e dei sottoprodotti di origine animale (B).

Dalle mappe presentate in Figura 4 si osserva facilmente come, a livello regionale, la provincia di Forlì Cesena sia la più abbondante per i siti di produzione della pollina (A), mentre le province di Modena Reggio e Parma sono ricche di siti di produzione di SOA (B).

3. Conclusioni

Il progetto GoBioM ha permesso la costruzione di una banca dati regionale contenente le caratteristiche qualitative e le quantità di oltre 100 residui agro-industriali prodotti in regione. Tale banca dati è attualmente consultabile per la parte quantitativa al seguente indirizzo: emrg.it/Biorefer/index.php. Sebbene i residui agricoli sono diffusi sul territorio e variano di anno in anno in funzione delle scelte degli agricoltori e del mercato, rappresentano un quantitativo veramente rilevante in termini di Solidi Totali. Al contrario, quelli agro-industriali sono concentrati in siti di produzione ben individuabili sul territorio. A tal proposito, le mappe di densità dei siti di produzione per i principali residui prodotti, permettono di identificare aree regionali in cui sono dominanti certi residui piuttosto che altri. Queste mappe risultano indispensabili nell'ottica di una valorizzazione di tali biomasse residuali, così come impongono i principi di economia circolare di recente adozione.

Bibliografia

- [1] Chinnici, G., D'Amico, M., Rizzo, M., & Pecorino, B. (2015). Analysis of biomass availability for energy use in Sicily. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1025-1030.
- [2] Chen, G. Q., & Wu, X. F. (2017). Energy overview for globalized world economy: Source, supply chain and sink. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 735-749.
- [3] Testa, R., Di Trapani, A. M., Foderà, M., Sgroi, F., & Tudisca, S. (2014). Economic evaluation of introduction of poplar as biomass crop in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 775-780.
- [4] Boman, U. R., & Turnbull, J. H. (1997). Integrated biomass energy systems and emissions of carbon dioxide. *Biomass and Bioenergy*, 13(6), 333-343.
- [5] Lopolito, A., Nardone, G., Prosperi, M., Sisto, R., & Stasi, A. (2011). Modeling the bio-refinery industry in rural areas: A participatory approach for policy options comparison. *Ecological Economics*, 72, 18-27.
- [6] WEC. World Energy Resources 2013 Survey [Internet]. London; 2013. http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf
- [7] WEC. World Energy Resources - Bioenergy 2016. [Internet]. London; 2017 https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources_Bioenergy_2016.pdf
- [8] GSE. Energia da fonti rinnovabili in Italia Dati preliminari 2015 http://www.gse.it/it/Dati%20e%20Bilanci/GSE_Documenti/osservatorio%20statistico/Stime%20preliminari%202015.pdf
- [9] Patrizio, P., & Chinese, D. (2016). The impact of regional factors and new bio-methane incentive schemes on the structure, profitability and CO₂ balance of biogas plants in Italy. *Renewable Energy*, 99, 573-583.
- [10] EUROPEAN INITIATIVE, Biobased for growth: a public-private partnership on biobased industries, Brussels 2013 <http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2012/07/Bio-Based-Industries-PPP-Vision-doc.pdf>.

Produzione di biometano da sottoprodotti agro-industriali nel contesto piacentino: fattibilità tecnica e potenzialità economica

Francesco Magli^a francesco.magli@polimi.it, Edoardo Micconi^a,

Giorgia Lombardelli^a, Giulio Bortoluzzi^a,

Federico Capra^a, Alberto Sogni^a, Nicola Labartino^b, Sergio Piccinini^b, Manuele Gatti^c

^a LEAP s.c.a r.l. - Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza, Piacenza, Italia

*^b Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA Lab Sezione Ambiente ed Energia,
Reggio Emilia, Italia*

^c Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano, Milano, Italia

Riassunto

La diffusione del biometano, ottenuto da sottoprodotti altrimenti inutilizzati, permetterebbe di coniugare una maggior penetrazione di fonti rinnovabili con i principi dell'economia circolare. A partire da un'analisi di disponibilità e potenzialità - in termini di producibilità di biogas in un impianto di digestione anaerobica - di sottoprodotti di origine agro-zootecnica e agro-industriale nel contesto piacentino, è stato definito un caso studio di interesse per il territorio. L'elemento caratterizzante del mix così identificato sono le buccette di pomodoro, la cui potenzialità come biomassa è tuttora inutilizzata. L'articolo presenta uno studio preliminare su dimensionamento, prestazioni dell'impianto e costi attesi, con riferimento a due possibilità di valorizzazione del biogas: (i) produzione di elettricità per mezzo di un motore a combustione interna, (ii) upgrading a biometano e iniezione nella rete del gas naturale con destinazione specifica nei trasporti.

Summary

The diffusion of biomethane, obtained through the valorization of otherwise unused byproducts, would allow to couple a wider penetration of renewable energy sources in the national mix with the principles of the circular economy. Starting from a detailed study on availability and potentiality – in terms of biogas production in an anaerobic digestion plant – of farming and agro-industrial byproducts in the Province of Piacenza, a relevant case study has been defined. The key determinant of the feeding mix are tomato peels, which nowadays exhibit an unexploited potentiality as a biomass. This work presents a preliminary study concerning design, plant performance and expected costs, considering the two following biogas valorization paths: (i) electricity production in an internal combustion engine, (ii) upgrading to biomethane by means of a membrane-based technology and consequent injection into the natural gas grid with specific destination in the transport sector.

1. Introduzione

La diffusione del biometano, un sostituto rinnovabile del gas naturale, permetterebbe di aumentare la quota di rinnovabili di molteplici settori, e in particolare offrirebbe l'opportunità di incidere sui trasporti, in accordo con quanto indicato dalla Strategia Energetica Nazionale 2017 [1]. Il biometano è un gas molto puro in metano ottenibile dalla purificazione (upgrading) del biogas, tipicamente prodotto per digestione anaerobica di biomassa. La possibilità di alimentare la filiera del biometano con sottoprodotti organici di origine agro-zootecnica e agro-industriale inutilizzati o sfruttati solo parzialmente, inoltre, permetterebbe di trasformare in una risorsa materiali ad oggi considerati scarto, coerentemente con i principi dell'economia circolare. Il presente lavoro si propone di valutare la fattibilità tecnica e la potenzialità economica di un impianto di produzione di biometano da sottoprodotti reperibili nel territorio piacentino, confrontando i risultati con quelli di un tradizionale impianto a biogas per produzione elettrica.

2. Relazione

2.1 Analisi delle potenzialità dei sottoprodotti nella provincia di Piacenza

A partire dal database dei sottoprodotti e rifiuti di natura organica destinabili alla produzione di biometano in Emilia-Romagna, realizzata nell'ambito del progetto GoBioM [2], è stata svolta un'analisi dettagliata di disponibilità e potenzialità dei sottoprodotti di origine agro-zootecnica e agro-industriale nella provincia di Piacenza. Le disponibilità sono state valutate tenendo conto del fatto che molti di questi scarti sono già – parzialmente – utilizzati. In Tabella 1 sono riportati questi dati per i sottoprodotti che presentano la maggiore produzione potenziale di biometano: il potenziale complessivo dei sottoprodotti considerati è di circa 81 milioni di Nm³ di metano, pari al 13,2% del gas naturale consumato nella provincia di Piacenza nel 2015 [3].

Sottoprodotto	Quantità disponibile [t/a]	Resa in biometano CH ₄ [Nm ³ /t]	Produzione potenziale di biometano CH ₄ [Nm ³ /a]
Letame bovino	747.600	30,5	22.836.000
Stocchi del mais da granella	109.800	198,1	21.757.000
Foglie, fusto e scarto del pomodoro	191.500	34,3	6.576.000
Paglia di frumento tenero	29.400	188,8	5.554.000
Liquami bovini	248.100	15,0	3.723.000
Tutoli del mais da granella	19.300	148,5	2.863.000
Liquami suini	261.800	9,9	2.597.000
Siero dolce (industria casearia)	111.100	18,0	1.995.000
Bucchette di pomodoro	21.500	59,8	1.287.000

Tabella 1 – Quantità, resa in biometano e produzione potenziale di biometano per i sottoprodotti più promettenti.

2.2 Definizione del mix di alimentazione

Il mix di alimentazione dell'impianto di digestione anaerobica è stato definito tenendo conto di vari fattori: biometano potenzialmente producibile, costo specifico della biomassa, concentrazione dei siti produttivi, fluidodinamica e biologia all'interno dei reattori.

L'elemento caratterizzante del mix così definito sono le buccette di pomodoro, uno dei principali sottoprodotti dell'industria di trasformazione del pomodoro. Questa biomassa, relativamente poco promettente a livello regionale [2], è infatti peculiare della provincia di Piacenza, con siti produttivi di grandi dimensioni e in numero ridotto. La produzione delle buccette è tuttavia concentrata nei circa due mesi di durata della stagione del pomodoro: per evitare di modificare drasticamente il mix durante l'anno si è ritenuto opportuno ricorrere allo stoccaggio in silobag, lunghi sacchi tubolari a tenuta quasi ermetica. Questa tecnica presenta infatti costi inferiori rispetto all'insilamento tradizionale, ed è preferibile per biomasse ad alto contenuto di umidità. D'altro canto, è opportuno che le buccette siano insilate insieme a una biomassa di origine cerealicola: data la resa in biometano, si è scelta la paglia di frumento tenero, in rapporto 30/70 in peso. Infine, per la stabilità e la regolarità del processo biologico, soprattutto per via dell'acidità delle buccette di pomodoro, è necessaria l'aggiunta di effluenti zootecnici [4], che devono rappresentare i 2/3 in peso della biomassa in ingresso. Sono stati dunque scelti effluenti bovini, supponendo un rapporto in peso di 1/5 tra letame e liquame. Si è assunto di recuperare il 50% delle buccette di pomodoro disponibili nella provincia di Piacenza, ipotesi realizzabile attraverso un accordo tra 2 delle 5 grosse aziende di trasformazione del territorio. Questa assunzione incide sulla scelta della taglia di impianto, e si riflette nella necessità di disporre degli effluenti di circa 2.100 bovini. Si riportano dunque in Tabella 2 le quantità in ingresso al digestore: in particolare, le circa 146 t movimentate giornalmente risultano in linea con i valori tipici degli impianti esistenti.

	Quantità giornaliera in ingresso al digestore, t/d	Quantità annuale in ingresso al digestore, t/a	Frazione di utilizzo della biomassa disponibile, %
Buccette di pomodoro	32,3	4.610	50
Paglia di frumento tenero	13,8	10.800	16
Letame bovino	16,7	5.570	1
Liquame bovino	83,6	27.900	11
Totale	146,4	48.800	

Tab. 2 – Quantità di biomasse in ingresso al digestore e loro percentuale rispetto alla disponibilità provinciale.

2.3 I due schemi di impianto considerati

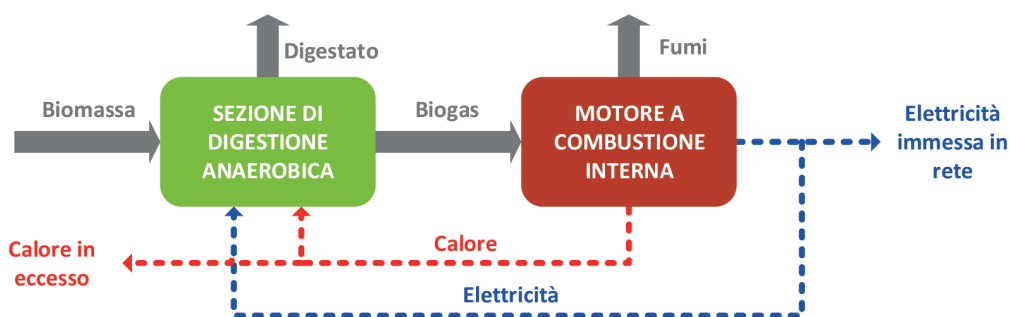


Fig. 1 – Schema di processo del "caso elettricità".

Il “caso elettricità” (Figura 1) riproduce il classico schema degli impianti a biogas attualmente in esercizio in Italia, in cui il biogas prodotto dalla sezione di digestione anaerobica viene bruciato, previa filtrazione grossolana e deumidificazione, in un idoneo motore a combustione interna cogenerativo. Il motore produce (i) energia elettrica che, al netto degli autoconsumi dell’impianto, viene immessa in rete e (ii) calore, utilizzato per mantenere la temperatura corretta all’interno dei digestori. Il motore è dimensionato per bruciare tutto il biogas prodotto, perciò, dati i tipici rendimenti, la quantità di calore prodotto è superiore al fabbisogno termico dei digestori; per semplicità, si assume che la quota in eccesso venga dissipata.

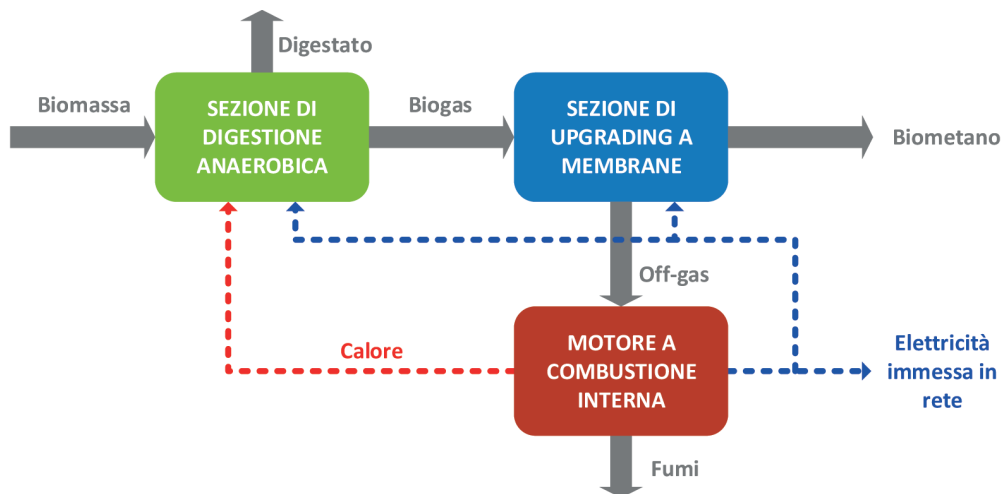


Fig. 2 – Schema di processo del “caso biometano”.

L’obiettivo del “caso biometano” (Figura 2) è invece la produzione di biometano idoneo all’immissione nella rete del gas naturale. In questo caso il biogas è inviato ad una sezione di upgrading a membrane, che produce un flusso di biometano e uno di off-gas. Dimensionando opportunamente le membrane, l’off-gas presenta una concentrazione di metano sufficiente per bruciare in un motore a combustione interna cogenerativo (di taglia inferiore a quello del primo caso). La dimensione del motore è stavolta determinata al fine di soddisfare il fabbisogno termico dei digestori: assumendo i tipici rendimenti, l’elettricità prodotta è più che sufficiente a coprire i consumi delle sezioni di digestione anaerobica e upgrading, per cui l’eccesso viene immesso in rete.

2.4 Assunzioni principali

Il volume totale di digestione è stato calcolato considerando un tempo di ritenzione idraulica di 40 giorni, valore che permette di ottenere l’85% del biometano potenziale. Il numero di digestori in cui suddividere il volume complessivo è stato poi definito sulla base dell’esperienza di CRPA e LEAP.

I rendimenti elettrici e termici dei motori a combustione interna sono stati assunti dai *datasheet* di cogeneratori a biogas reali, di taglia analoga a quelli considerati nello studio.

Il biometano viene prodotto con una purezza di almeno il 95% e a una pressione di 13 bar, valore che permette l’iniezione in una rete del gas naturale di 2° specie. Questa scelta è un compromesso tra la necessità di evitare le reti a pressione troppo alta, che implicherebbero un’onerosa compressione del biometano, e le problematiche legate alle reti di distribuzione in pressione troppo bassa (ad esempio, in momenti di scarsi prelievi la rete potrebbe non essere

in grado di ricevere il biometano prodotto). In ogni caso questa è un'assunzione critica, molto dipendente dall'esatta ubicazione dell'impianto.

Per la sezione di upgrading si è scelta la tecnologia a membrane, oggetto di studio del progetto GoBioM. È oggi una delle tecnologie più diffuse, ed è particolarmente indicata per le piccole taglie di impianto per via della modularità e dell'intrinseca semplicità. Si basa sul principio della diversa permeabilità delle molecole di CO_2 e CH_4 attraverso una membrana, per queste applicazioni tipicamente realizzata in materiale polimerico. Lo schema considerato prevede l'utilizzo di 2 stadi di membrana in serie, ciascuno preceduto da un compressore: il primo porta il biogas a 6 bar, mentre il secondo alla pressione di iniezione. Le prestazioni della sezione di upgrading sono state simulate per mezzo di un modello di membrana asimmetrica a fibra cava analogo a quello sviluppato da Gabrielli et al. [5], assumendo le proprietà di un modulo commerciale reperite in letteratura [6].

I costi di investimento della sezione di digestione anaerobica e del motore sono stati stimati a partire dall'esperienza LEAP, mentre per la sezione di upgrading si è fatto ricorso a dati di letteratura [7]. Lo schema incentivante considerato per l'elettricità è quello definito dal DM 23/6/2016 [8] per biogas da sottoprodotti, mentre per il biometano si è considerata la bozza di decreto "biometano 2" pubblicata il 13/12/2016 [9], per biometano avanzato destinato ai trasporti. Nel caso biometano si è dunque optato, per i primi 10 anni, per il ritiro dedicato da parte del GSE, a un prezzo pari al 95% di quello medio registrato al Punto di Scambio Virtuale (PSV) più 375€ per ogni Certificato di Immissione in Consumo (CIC): date le incertezze sullo sviluppo del mercato dei CIC, si è scelto di mantenere costanti i ricavi anche per i successivi 10 anni. Data la non cumulabilità degli incentivi, in questo caso all'elettricità immessa in rete è stato associato un ricavo pari al prezzo zonale medio.

2.5 Dimensionamento della sezione di digestione anaerobica e prestazioni energetiche

La Figura 3 mostra lo schema di impianto della sezione di digestione anaerobica, che è la medesima nelle due configurazioni considerate. Data la frazione di solidi dei sottoprodotti in ingresso, il processo di digestione avviene a semi-secco. L'impianto, per ragioni di affidabilità e contenimento delle dimensioni dei reattori, è composto da due linee separate: sono presenti dunque 2 digestori e 2 post-digestori. Le biomasse solide (bucchette, paglia e letame) subiscono un pretrattamento di triturazione, per essere poi miscelate con la biomassa liquida (liquame e parte della frazione liquida del digestato, ricircolata per abbassare il contenuto di solidi) e avviate alla digestione.

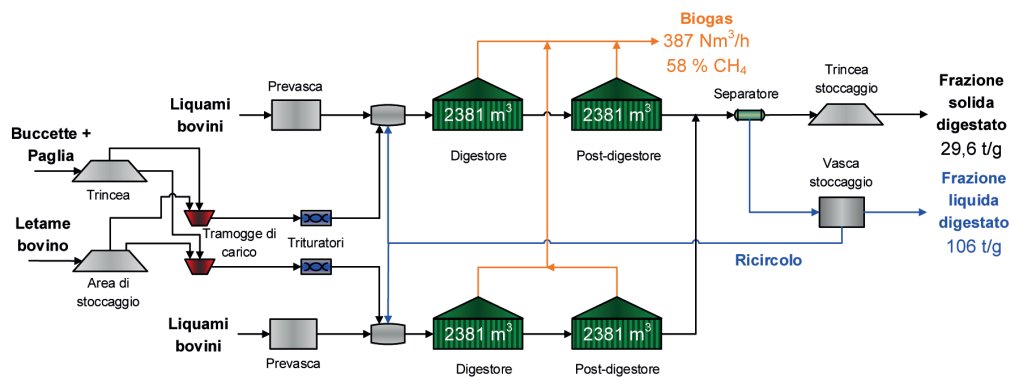


Fig. 3 – Schema di impianto della sezione di digestione anaerobica.

Entrambe le configurazioni valorizzano 387 Nm³/h di biogas al 58% di CH₄, producendo elettricità, calore e – soltanto per il “caso biometano” – biometano, nelle quantità riportate in Tabella 3.

	Caso elettricità	Caso biometano
Biogas prodotto [Nm ³ /h]	387	387
Energia elettrica immessa in rete [kWel]	785	58,3
Biometano (95% CH ₄) immesso in rete [Nm ³ /h]	-	174
Energia termica producibile [kWth]	935	284
Energia termica autoconsumata dai digestori [kWth]	284	284

Tab. 3 – Principali risultati energetici delle due configurazioni considerate.

2.6 Risultati dell'analisi economica

Si riportano in Tabella 4 i principali risultati dell'analisi economica dei due scenari considerati.

		Caso elettricità	Caso biometano
Costo di investimento [k€]		3.339	3.454
Costi operativi annui [k€/a]		684	646
Ricavi annui [k€/a]	Elettricità	1.005	22
	Biometano	-	1.079
Tasso Interno di Rendimento (TIR) [%]		0.6	5.9
Tempo di payback [a]		18	10

Tab. 4 – Risultati economici delle due configurazioni considerate.

Il caso di sola produzione elettrica offre una remunerazione molto bassa, con un tempo di payback molto vicino all'orizzonte temporale di 20 anni considerato per l'investimento: questo è dovuto al fatto che il legislatore ha ridotto sensibilmente l'incentivazione a questo tipo di fonte negli ultimi anni, che si somma alla minore resa in biogas dei sottoprodotti rispetto alle colture dedicate. Il caso di produzione di biometano mostra invece un TIR del 5.9% e un tempo di payback di 10 anni, indici che potrebbero verosimilmente migliorare all'aumentare della taglia d'impianto, o con una ottimizzazione del progetto (es. riduzione numero digestori), poiché gli incentivi sul biometano non seguono il meccanismo a gradini tipico di quelli sulla produzione elettrica. L'aumento di taglia comporterebbe un tasso di recupero delle buccette di pomodoro superiore al 50% ipotizzato in questo lavoro, e un utilizzo di quantità rilevanti di liquami bovini: è chiaro dunque che la logistica di approvvigionamento delle matrici in ingresso al digestore debba essere considerata con attenzione. I risultati, inoltre, sono particolarmente sensibili al costo delle biomasse, relativamente al quale risulta difficile fare previsioni lungo tutto l'orizzonte temporale dell'investimento.

3. Conclusioni

L'articolo presenta un'analisi circa le potenzialità dei sottoprodotti agro-zootecnici e agro-industriali disponibili nella provincia di Piacenza in termini di produzione di biogas da digestione anaerobica. La somma della potenzialità di tutti i sottoprodotti considerati potrebbe coprire circa il 13% del consumo di gas naturale della provincia.

È stato definito un mix di alimentazione dei digestori in grado di sfruttare le potenzialità delle buccette di pomodoro, una biomassa peculiare del territorio considerato, prevedendone lo stoccaggio in silobag, il che consente l'utilizzo delle buccette durante tutto l'anno, nonostante la produzione a carattere fortemente stagionale. Sono state dunque confrontate due opzioni per lo sfruttamento dei 387 Nm³/h di biogas così prodotti: la produzione di elettricità e quella di biometano, nell'ipotesi di impianto costruito nel 2017, all'entrata in vigore del decreto "biometano 2", la cui versione in bozza è stata considerata come schema incentivante. L'analisi economica del "caso elettricità" evidenzia una scarsa remuneratività dell'investimento, mentre il "caso biometano" offre un TIR del 5.9%. Data la struttura degli incentivi per il biometano, è lecito attendersi che impianti analoghi di dimensioni superiori mostrino indici economici più vantaggiosi, per quanto questi dovranno essere progettati con attenzione particolare alla logistica di approvvigionamento delle biomasse, date le ingenti quantità movimentate. Alla luce degli attuali schemi incentivanti, l'analisi comparativa condotta evidenzia che la produzione di biometano da sottoprodotti risulta economicamente più vantaggiosa rispetto alla produzione di elettricità.

Ringraziamenti

Lo studio è stato condotto nell'ambito del progetto GoBioM (POR-FESR 2014-2020 - Progetto GoBioM - Ottimizzazione tecnologica filiera biometano - CUP E82F16001020007).

Bibliografia

- [1] "Strategia Energetica Nazionale 2017 - Audizione Parlamentare", 2017.
- [2] Greggio N., Marazza D. e Contin A., "Relazione di consegna dalla base dati quali-quantitativa dei sottoprodotti e rifiuti di natura organica avviabili a recupero e destinabili alla produzione di biometano sul territorio regionale", 2016.
- [3] Ministero dello Sviluppo Economico, "Consumi Gas Naturale Provinciali", 2016 [Online, 30/8/2017]. Indirizzo: <http://dgsaie.mise.gov.it/dgerm/consumigasprovinciali.asp>.
- [4] Vismara R., Malpei F., Canziani R. e Piccinini S., *Biogas da agrozoootecnia e agroindustria*, 2011.
- [5] Gabrielli P., Gazzani M. e Mazzotti M., "On the optimal design of membrane-based gas separation processes," *J. Memb. Sci.*, vol. 526, pp. 118–130, 2017.
- [6] Scholz M., Harlacher T., Melin T. e Wessling M., "Modeling Gas Permeation by Linking Nonideal Effects," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 52, p. 1079–1088, 2013.
- [7] Ulrich G. D. e Vasudevan P. T., *Chemical Engineering Process Design and Economics: A Practical Guide*, 2004.
- [8] Ministero dello Sviluppo Economico, "DM 23 giugno 2016. Incentivazione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili diverse dal fotovoltaico", 2016.
- [9] Ministero dello Sviluppo Economico, "Bozza decreto biometano 2", 2016. [Online, 30/8/2017]. Indirizzo: http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/DM-Biometano%20vers_consultazione%20pubblica_dicembre%202016-gennaio-2017_revfinale.pdf.

Monitoraggio della qualità della raccolta differenziata presso utenze condominiali

Riccardo Marchesi r.marchesi@corintea.it e *Fabrizio Romboli* (Corintea soc. coop. Torino),
Mauro Sterpone (SETA S.p.A. Settimo T.se)

Riassunto

SETA S.p.A., il gestore dei servizi di raccolta dei rifiuti urbani nell'Area Torino Nord, in collaborazione con il Consorzio di Bacino 16 ed i Comuni, ha avviato una campagna di controllo e informazione sulla raccolta differenziata e la prevenzione dei rifiuti, con l'obiettivo di migliorare i risultati attuali, che risultano inferiori agli obiettivi di Legge ed alle potenzialità del sistema di raccolta adottato (Sistema integrato domiciliare).

In particolare, al fine di verificare puntualmente i comportamenti degli utenti, è stata svolta un'attività di sopralluogo presso i condomini, ossia la categoria di utenze presso le quali si concentrano le maggiori criticità. Il presente articolo illustra le modalità adottate ed i risultati ottenuti in un primo ciclo di verifiche effettuate a Chivasso e Settimo Torinese.

Summary

SETA SpA, the manager of urban waste collection services in the Turin Nord Area, in collaboration with Consorzio di Bacino 16 and the Municipalities, has started a monitoring and information campaign about separate waste collection and waste prevention with the aim of improving current results, which are inferior to the objectives of the Law and the potential of the door-to-door collection system.

In particular, in order to verify precisely the behavior of the users, a survey activity was carried out at the apartment houses, that is the category of users where are concentrated the greater criticality. This article describes the methods adopted and the results obtained in a first round of tests carried out at Chivasso and Settimo Torinese.

1. Introduzione

Con l'introduzione della raccolta domiciliare ("porta a porta"), a partire dal 2002 e quinquennio successivo, la raccolta differenziata ha raggiunto, nel territorio servito da SETA S.p.A. ottimi livelli per allora (50-60%). Negli ultimi anni si è assistito ad un sostanziale assestamento (53% nel 2015, secondo il "severo" metodo normalizzato della Regione Piemonte (1). La necessità di raggiungere gli obiettivi previsti dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. (65% RD e tasso di riciclaggio dei rifiuti urbani pari ad almeno il 50% in termini di peso) e dalla pianificazione regionale (2) rendono necessario un ulteriore salto di qualità, che è largamente nelle potenzialità del sistema di raccolta adottato.

La quantità di indifferenziato raccolto è risultata, nel 2015 come media dell'intero bacino, pari a 177 kg/abitante anno, quindi superiore al target di 159 kg fissato dalla Regione Piemonte per il 2020.

Le analisi merceologiche effettuate da SETA S.p.A. hanno evidenziato come ci siano ampi spazi di manovra in particolare per la riduzione dei rifiuti biodegradabili nell'indifferenziato

raccolto sul proprio territorio, specificamente per la frazione organica, sia attraverso la relativa raccolta differenziata, sia attraverso il compostaggio in loco.

L'attività di monitoraggio si inserisce in una strategia complessiva di azione che prevede da un lato l'individuazione di potenzialità, percorsi e strumenti per iniziative di prevenzione (autocompostaggio e compostaggio di comunità), dall'altro interventi di monitoraggio, comunicazione e controllo per migliorare la raccolta differenziata.

Il programma di verifiche ("campagna sopralluoghi") ha l'obiettivo di valutare puntualmente la qualità dei conferimenti dei rifiuti da parte degli utenti, attraverso la rilevazione di parametri oggettivi, e di comunicare direttamente l'esito agli abitanti degli condomini ed ai loro rappresentanti (gli amministratori). Tale programma svolge anche un ruolo propedeutico rispetto all'attività degli Ispettori Ambientali, figura istituita su decisione dell'Assemblea del Consorzio di Bacino 16 e progressivamente attivata dai vari Comuni.

2. Relazione

2.1 Materiali e metodi

Le rilevazioni sono state effettuate presso utenze condominiali (stabili con almeno 5 famiglie), all'interno delle aree private o su suolo pubblico nelle postazioni specificamente dedicate ai contenitori della raccolta dei rifiuti. Nel caso specifico di Settimo T.se, spesso i contenitori sono localizzati su suolo pubblico, in apposita area recintata ed autorizzata (denominata "gabbia"), accessibile dagli utenti attraverso una chiave.

Si sono analizzati una serie di elementi riguardanti la correttezza dei conferimenti dei rifiuti da parte degli utenti, in particolare la presenza di materiali differenziabili nei contenitori grigi dei rifiuti indifferenziati, attraverso l'apertura dei sacchetti e la visione del contenuto. Al fine dell'efficacia della verifica, si è operato nei giorni immediatamente precedenti a quello di raccolta del rifiuto indifferenziato, in modo da osservare contenitori pieni o quasi.

Successivamente alla verifica, i tecnici incaricati hanno compilato su un dispositivo tablet una scheda informatica (Modulo Google) ed una locandina cartacea formato A3 di esito ("feedback"), che è stata affissa in uno spazio comune interno dei numeri civici afferenti al punto di raccolta (es. androne, in adiacenza alla bacheca) o, in alcuni casi, direttamente sulla "gabbia".

Una copia della valutazione dell'esito del sopralluogo è stato inviato in formato digitale all'amministratore condominiale di competenza, a cura di SETA.

Al fine di preavvisare le utenze del sopralluogo, è stata affissa, nei giorni precedenti al sopralluogo, una locandina informativa.

Il periodo di effettuazione delle verifiche a Chivasso è stato dal 24/5 al 10/6/2016, mentre a Settimo T.se è andato dal 14/6 al 11/07/2016. I condomini sono stati individuati a partire da un elenco fornito da SETA.

Per quanto riguarda gli elementi valutati, oltre a registrare le informazioni identificative del punto di raccolta e del relativo condominio servito (ad es. gli indirizzi, il n. di famiglie, il nominativo dell'amministratore condominiale, qualora già non disponibile, il posizionamento dei contenitori), sono stati valutati:

- la presenza di materiali differenziabili nei contenitori del rifiuto indifferenziato (stima)
- la qualità dei conferimenti differenziati (stima), in termini di presenza di evidenti contaminazioni, per le frazioni raccolte con contenitori rigidi, ossia organico, vetro/lattine, carta
- l'eventuale presenza di contenitori con materiale a terra
- l'eventuale presenza di contenitori rotti.

Per quanto riguarda la localizzazione dei rilievi, a Chivasso l'indagine si è svolta su 5 delle 6 zone di raccolta (nucleo abitato principale, escludendo le frazioni, dove la presenza di condomini è molto limitata), mentre a Settimo T.se l'indagine si è svolta su 5 delle 6 zone di raccolta

del comune (è stata esclusa una zona di raccolta, periferica e con sviluppo urbanistico prevalentemente orizzontale).

Sono state controllate a Chivasso 191 postazioni condominiali, corrispondenti a 332 numeri civici ed a Settimo T.se 297 postazioni condominiali, corrispondenti a 539 numeri civici.

Gli “output” dei sopralluoghi sono costituiti da:

- le schede di rilevazione compilate, costituite da un documento formato .pdf, contenente i moduli con tutte le risposte registrate
- il database dei condomini rilevati, costituito da un foglio elettronico ottenuto dal Modulo Google di rilevazione, contenente le informazioni raccolte.
- le schede di feedback”, locandine cartacee in formato A3 (fig. 1), nella quale, accanto agli elementi identificativi del condominio, è stato riportato l’esito in termini di corretta differenziazione (“smile”), con particolare riferimento alla presenza di rifiuti differenziabili nell’indifferenziato ed alla loro tipologia, oltre che la segnalazione di eventuali anomalie di conferimento nei contenitori della raccolta differenziata. Le locandine sono state affisse negli spazi comuni dei condomini ed inviate con posta elettronica, in formato pdf, a ciascun amministratore condominiale di competenza
- un report complessivo per comune.



Fig. 1 – Locandina di feedback dei sopralluoghi

2.2. Risultati

Per quanto concerne le caratteristiche dei punti di raccolta e del relativo bacino di utenza, la distribuzione in funzione del n. di famiglie servite è la seguente:

- n. condomini da 4 a 10 famiglie	109 (22,3%)
- n. condomini da 11 a 20 famiglie	175 (35,9%)
- n. condomini da 21 a 50 famiglie	184 (37,7%)
- n. condomini > 51 famiglie	20 (4,1%)
- n. totale postazioni	488

La localizzazione dei punti di raccolta è un elemento importante: nella raccolta domiciliare i contenitori di norma sono collocati permanentemente in aree private recintate e viceversa collocati all'esterno, previa autorizzazione e limitazione all'accesso, solo nei casi in cui tale collocazione non sia possibile. Nei comuni in oggetto e specificamente a Settimo, la soluzione adottata là dove, al momento dell'avvio della raccolta porta a porta, si era giudicata non percorribile la collocazione interna, è stata quella di realizzare apposite aree recintate (denominate "gabbie"), accessibili dagli utenti con una chiave.

La distribuzione della localizzazione dei punti di raccolta è stata la seguente.

- n. posizionamenti interni (area privata recintata):	398
- n. posizionamenti esterni autorizzati (area pubblica o ad uso pubblico -):	80
- n. posizionamenti esterni non autorizzati:	10
- n. totale postazioni:	488

Va sottolineato come 69 degli 80 posizionamenti esterni autorizzati siano costituiti dalle "gabbie" realizzate a Settimo.

La presenza visibile di materiali differenziabili nell'indifferenziato è l'elemento più importante rilevato, che indica quanto le utenze conferenti in quei contenitori, nel loro complesso, sono attenti nella differenziazione dei materiali. Ovviamente l'informazione è sulle utenze aggregate e non fornisce elementi sui singoli (salvo specifici approfondimenti finalizzati all'individuazione di riferimenti, cosa che normalmente viene effettuata in caso di fenomeni di abbandono di rifiuti). L'entità della "contaminazione", ossia della presenza di materiali differenziabili, però è un indicatore della frequenza con cui le utenze non differenziano o differenziano poco. A questo proposito sono stati individuati quattro livelli di presenza visibile di materiali differenziabili nell'indifferenziato:

- no, nessun materiale
- sì, scarsa presenza
- sì, media presenza
- sì, elevata presenza.

Pur trattandosi di valutazioni di tipo qualitativo, la segmentazione tra i quattro livelli, molto intuitiva, non ha comportato grandi difficoltà o dubbi. I valutatori sono stati un ispettore ambientale di SETA ed un tecnico esterno esperto ed i loro giudizi, espressi alla fine in forma congiunta, sono stati quasi sempre uniformi. Inoltre i quattro livelli sono sostanzialmente accorpabili due a due: da un lato un giudizio complessivo di differenziazione adeguata, seppur eventualmente migliorabile (livelli nessuna o scarsa presenza), dall'altra un giudizio di differenziazione non corretta ed insufficiente (livelli di media ed elevata presenza). Nel secondo caso è giustificabile un successivo intervento di accertamento e sanzione ai sensi dei regolamenti comunali di gestione dei rifiuti ex art. del D.Lgs. 152/06.

I risultati relativi alle postazioni controllate sono riportati nella tabella 1.

ANALISI INDIFFERENZIATO: PRESENZA VISIBILE DI MATERIALI DIFFERENZIABILI	
NO, NESSUN MATERIALE	28
Sì, SCARSA PRESENZA	162
Sì, MEDIA PRESENZA	185
Sì, ELEVATA PRESENZA	113
TOTALE POSTAZIONI	488

Tab. 1 – Distribuzione delle diverse valutazioni sulla presenza di materiali differenziabili nei contenitori del rifiuto indifferenziato

La distribuzione percentuale dei quattro livelli individuati è la seguente (tab. 2):

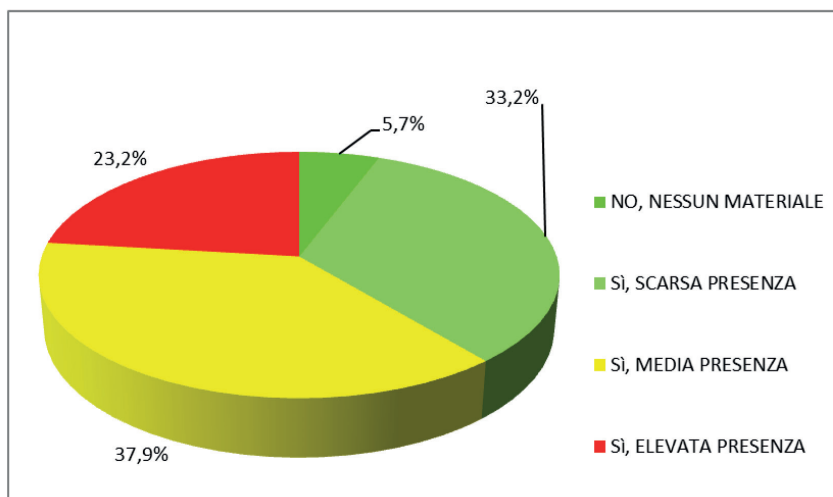


Fig. 2 – Distribuzione delle diverse valutazioni

Si sottolinea come una valutazione positiva della differenziazione da parte degli utenti (associabile alle situazioni in cui non vi sono del tutto o sono scarsi i materiali differenziabili rinvenuti), possa essere effettuata per il 61% dei casi.

In dettaglio la non completa differenziazione ha riguardato i vari materiali secondo la frequenza riportata in fig. 3.

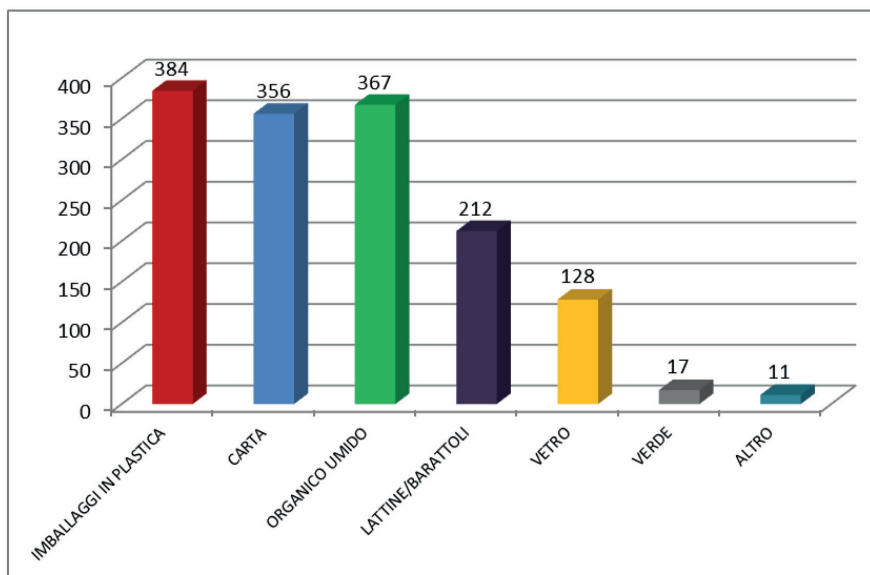


Fig. 3 – Tipologia di rifiuti differenziabili rilevati nei contenitori dell'indifferenziato su n°488 postazioni e relativa frequenza

Se si escludono i 28 casi in cui non vi era presenza apparente di frazioni differenziabili, si può dire che nel 79% dei casi erano presenti imballaggi in plastica, nell'73% carta/cartone, nel 75% frazione organica, nel 43% lattine/barattoli, nel 26% vetro. Ovviamente l'informazione è puramente qualitativa, mentre sappiamo dalle analisi merceologiche svolte da SETA in una serie di realtà che, sotto il profilo quantitativo, è sempre la frazione organica quella maggiormente presente nell'indifferenziato.

I conferimenti palesemente inquinati in almeno un contenitore dei rifiuti differenziati viceversa sono stati registrati in 48 postazioni su 488 (9,8%). Va rilevato come la presenza di materiali estranei era visibile, ma probabilmente compatibile con gli standard richiesti dai Consorzi di filiera degli imballaggi o altri attori della filiera recupero.

Va peraltro sottolineato, come il fatto di effettuare la verifica in prossimità del giorno di raccolta dell'indifferenziato, come in precedenza enunciato, non ha sempre consentito di disporre di contenitori della raccolta differenziata con contenuto apprezzabile (le RD normalmente avvengono in giorni diversi dalla raccolta dell'indifferenziato).

È stata anche rilevata la presenza di contenitori rotti, indipendentemente dall'entità del danno e di rifiuti a fianco dei contenitori (12% delle postazioni).

3. Conclusioni

I dati osservati confermano quanto rilevato in premessa: il sistema domiciliare integrato di raccolta dei rifiuti urbani applicato a Settimo e Chivasso ottiene risultati inferiori alle potenzialità (che possono arrivare all'80% di raccolta differenziata) ed all'obiettivo del D.Lgs. 152/06 (65%), per effetto di una separazione a monte da parte degli utenti insufficiente: più della metà delle postazioni analizzate ha evidenziato un'importante presenza di materiali ancora differenziabili nell'indifferenziato. Per quello che si è potuto valutare nei giorni di sopralluogo, fissati in prossimità dei giorni di raccolta del rifiuto indifferenziato, viceversa

la qualità della raccolta differenziata è accettabile, con qualche eccezione puntuale, qua e là. Su questo stato di fatto si vengono ad inserire le azioni programmate, in un rapporto sinergico, da SETA, dal Consorzio di bacino 16 e dai Comuni in termini di:

- sensibilizzazione e informazione
- controllo e sanzione per gli inadempienti
- sistema tariffario incentivante (tariffazione puntuale).

Bibliografia

[1] Regione Piemonte - D.G.R. 43-435 del 10 luglio 2000 “Approvazione metodo normalizzato per la determinazione della raccolta differenziata dei rifiuti urbani di cui al D.Lgs. 22/97...omissis” Bollettino Ufficiale n. 29 del 19/07/2000.

[2] Regione Piemonte - Deliberazione del Consiglio regionale 19 aprile 2016, n. 140 – 14161 “Piano regionale di gestione dei rifiuti urbani e dei fanghi di depurazione” Bollettino Ufficiale n. 18 del 5/05/2016.

Il progetto POSBEMED e la gestione sostenibile della Posidonia nel Mediterraneo

Patrizia Milano pmilano@eco-logicasrl.it, Maria Cristina Caputo, Massimo Guido- ECO-logica srl; Maria Otero del Mar – IUCN Centre for Mediterranean Cooperation

Riassunto

I residui di Posidonia oceanica spiaggiata vengono generalmente vissuti come un problema da turisti e gestori delle spiagge. I turisti infatti non ne gradiscono la presenza sulla spiaggia, percepita come rifiuto; di contro tale presenza costituisce una importante risorsa per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici sulle coste, in quanto contrasta l'erosione costiera e la perdita di importanti habitat. La rimozione dei residui di Posidonia sulle spiagge genera ulteriori impatti, specialmente nelle aree protette e Siti Natura 2000. L'Unione Europea ha finanziato numerosi progetti finalizzati alla protezione della Posidonia e alla sua gestione sostenibile.

Si illustra qui il progetto POSBEMED, finanziato nell'ambito del programma Interreg MED, che partendo dalle esperienze europee già fatte sulla Posidonia, mira a definire una strategia comune di gestione sostenibile per i sistemi di spiaggia/dune di Posidonia nel Mediterraneo.

Summary

Stranded Posidonia oceanica residues are generally experienced as a problem by tourists and beach handlers. Tourists do not like their presence on the beach, perceived as waste; whereas this presence is an important resource to mitigate the consequences of climate change on our coasts, as it contrasts coastal erosion and the loss of important habitats. Removing Posidonia residues on the beaches generates further impacts, especially in protected areas and Natura 2000 sites. The European Union financed several projects aimed at protecting Posidonia and its sustainable management.

Here is the POSBEMED project, financed under the Interreg MED program, which, starting from the European experiences already made on Posidonia, aims to define a common sustainable management strategy for the beach / dune systems of Posidonia in the Mediterranean.

1. Introduzione

I residui di Posidonia oceanica sulle spiagge rappresentano spesso un problema nelle zone turistiche nel Mediterraneo, in quanto se da un lato hanno una importante funzione ambientale, dall'altro costituiscono un fastidio per gli utenti e i gestori delle spiagge, che considerano tali residui alla stregua dei rifiuti.

La crescente domanda di turismo balneare di massa nel Mediterraneo ha aumentato le pressioni antropiche sulle coste, determinando la perdita di tratti costieri e dei relativi habitat; tale problema, che riguarda anche le aree protette e i siti Natura 2000, è amplificato a causa dei cambiamenti climatici e dell'aumento del livello del mare. Il turismo costiero, infatti, è quello

che maggiormente contribuisce all'industria del turismo, sia in termini di numero di visitatori, sia in termini di profitto. [1]

Le praterie di Posidonia oceanica producono grandi quantità di materiale fogliare che viene trasportato a terra e depositato lungo le coste; così come le praterie in mare, anche i residui delle sue foglie sulla spiaggia hanno l'importante funzione di ridurre l'energia delle onde, contrastando il fenomeno dell'erosione costiera. Esse inoltre sono utili come letto di semina per la formazione della vegetazione dunale, cosa che aumenta notevolmente la resistenza complessiva della costa agli effetti dei cambiamenti climatici.

La sfida alla quale sono chiamate le autorità locali è quella di bilanciare le questioni economiche, sociali e ambientali. Il fenomeno dello spiaggiamento della Posidonia, infatti, positivo per contrastare l'erosione delle coste e la perdita di habitat importanti, rappresenta d'altro canto fonte di preoccupazione per i gestori, in quanto i residui di Posidonia si accumulano sulle spiagge rendendole meno appetibili per i turisti.

Per garantire, pertanto, che le coste e le spiagge rimangano attraenti per il turismo, notevoli quantità di questo materiale vengono rimossi e smaltiti dalle amministrazioni, che utilizzano spesso macchinari pesanti in molte zone costiere, compresi siti Natura 2000 e aree protette con conseguenti notevoli impatti ambientali.

Manca la consapevolezza pubblica sui benefici di questo capitale naturale e risulta necessario rafforzare la capacità di gestione delle aree protette con adeguate linee guida.

2. Relazione

2.1 Il progetto POSBEMED

Il progetto POSBEMED (Gestione sostenibile dei sistemi Posidonia-spiagge della regione mediterranea), finanziato nell'ambito del programma "INTERREG MED", mira a definire una strategia sostenibile di gestione comune per i sistemi di spiaggia/dune di Posidonia nel Mediterraneo. Partner di progetto sono: EID Mediterranee con sede in Montpellier (Francia), Lead Partner; IUCN (Centro per la Cooperazione nel Mediterraneo) con sede a Malaga (Spagna); ECO-logica srl con sede a Bari (Italia); Fondazione IMC con sede a Oristano (Italia) e infine HCMR (Centro Ellenico di Ricerca Marina) con sede ad Atene (Grecia).

Il progetto ha lo scopo di affrontare i limiti e le sfide nella gestione della Posidonia oceanica, e in particolare delle banquette e degli habitat costieri, dimostrando che esistono approcci innovativi che possono essere utilizzati per migliorare le pratiche di gestione esistenti e contribuire al raggiungimento della crescita blu.

Integrando considerazioni su conflitti e opportunità legate al sistema Posidonia/spiagge/dune con lo stato delle politiche e prassi di gestione vigenti a livello internazionale e con le percezioni e aspettative degli stakeholder in tutto il Mediterraneo, Posbemed intende individuare norme comuni per la gestione integrata di tali sistemi utili e applicabili in tutto il Mediterraneo.

Cuore dello studio sono i vari aspetti della presenza di Posidonia nelle aree costiere: dalla gestione sostenibile della pianta marina sia in mare sia sulla spiaggia, alla gestione sostenibile della spiaggia stessa e in particolare del sistema delle dune costiere.

Il punto di partenza del progetto sono i risultati già ottenuti con altri progetti Finanziati dall'Unione Europea sul tema della gestione della Posidonia quali il Life PRIME, Interreg Posidune, LIFE Dunas Albufera, etc.

Il progetto ha previsto, inoltre, di svolgere una analisi sulle modalità di gestione della Posidonia lungo le coste del Mediterraneo, mediante questionari da somministrare alle Pubbliche Amministrazioni responsabili della gestione della Posidonia sulle spiagge.

Il progetto mira ad analizzare la percezione e le aspettative degli stakeholder con riferimento alla Posidonia spiaggiata, al fine di misurarne il grado di consapevolezza rispetto al problema;

tale analisi consiste nella somministrazione di questionari sulle spiagge delle regioni del Mediterraneo interessate dal progetto.

Risultati del progetto sono una “Guida sugli strumenti e metodi per l’uso sostenibile della Posidonia”, finalizzata a individuare buone pratiche esistenti sulla gestione e il riuso della Posidonia, anche legato al ripristino dunale, e un “Toolkit” specificatamente dedicato agli enti gestori. Il toolkit consisterà in una serie di procedure metodologiche legate a tutti gli aspetti di gestione delle spiagge e delle coste, con l’obiettivo di proteggere la Posidonia e le banquettes. Saranno inoltre definiti criteri per un marchio di qualità delle aree costiere che includa criteri di gestione della posidonia.

Infine sarà elaborata una Strategia comune per i paesi del mediterraneo, che fornirà orientamenti e raccomandazioni strategiche che fissano un percorso comune verso la gestione sostenibile delle strutture spiaggia Posidonia.

I risultati consentiranno di migliorare le misure di protezione e l’efficacia della gestione in relazione agli habitat, promuovendo la crescita blu basata sull’uso e sulla gestione sostenibile delle banquettes di Posidonia come capitale naturale.

2.2 Le precedenti esperienze europee sulla Posidonia

POSBEMED si inserisce in un contesto piuttosto ricco di iniziative e studi volti da un lato a tutelare le praterie di Posidonia da una gestione che non tiene in conto la loro salvaguardia, dall’altro ad individuare ri-usi diversi per le biomasse spiaggiate affinché possano definitivamente essere considerate una “risorsa” piuttosto che un rifiuto.

POSBEMED interviene a fare il punto raccogliendo risultati da progetti e studi realizzati o in corso in modo da individuare le migliori pratiche ed estenderne l’applicabilità, ove possibile, a tutti i paesi partecipanti al progetto. I due progetti principali da cui POSBEMED trae le sue maggiori energie sono LIFE PRIME e LIFE Posidonia Andalusia.

Sulla scia del D.Lgs. n. 75 del 29 aprile 2010 che ha introdotto la possibilità di utilizzare alghe e piante marine per la produzione di ammendante compostato verde, il progetto LIFE P.R.I.M.E. (Posidonia Residues Integrated Management) [2] ha previsto un’analisi integrata di tutti gli aspetti legati alla problematica dello spiaggiamento e ha individuato le modalità di recupero dei residui di posidonia spiaggiata e di utilizzo di questo materiale organico come ammendante e fertilizzante nei suoli agricoli e/o come substrato per l’ortoflorovivaismo. Negli anni 2010 – 2012 nell’ambito del PRIME è stata realizzata un’indagine conoscitiva al fine di acquisire informazioni circa le strategie di gestione dei residui poste in essere dalle autorità costiere interessate da fenomeni di spiaggiamento. Dai risultati dell’indagine è emerso che nel 76% dei comuni intervistati la biomassa marina depositata sulla spiaggia viene rimossa: nel 50% dei casi il materiale è smaltito in discarica, nel 43% gli accumuli sono solo spostati, mentre solo in piccola parte (7%) sono destinati ad essere trattati in un impianto di compostaggio. LIFE PRIME ha prodotto una linea guida che, nell’ambito del POSBEMED, sarà integrata arricchendola di contributi da altri progetti e sperimentazioni e rendendola conforme ad essere applicata nei diversi paesi partner di progetto.

Il progetto LIFE Posidonia Andalusia [3] aveva invece l’obiettivo di migliorare lo stato di conservazione dei posidonieti e ha previsto attività di studio per l’individuazione di idonee misure di protezione. Il progetto aveva anche l’intento di fare chiarezza sui benefici per l’ecosistema legati alla presenza dei posidonieti con il fine di delineare un piano di gestione per queste aree in Andalusia in grado di garantire conservazione e uso sostenibile delle risorse.

Una strategia di gestione della Posidonia spiaggiata e del sistema delle dune deve necessariamente includere indicazioni per la conservazione dei posidonieti.

Tra gli altri progetti che hanno riguardato l’argomento e i cui risultati e prodotti finali saranno oggetto di studio ed elaborazione nell’ambito del POSBEMED, si citano qui in particolare:

Nell'ambito della individuazione di metodologie innovative per il ri-uso della posidonia spiaggiata, il progetto POSIDuNE [4] ha inteso valutare l'efficacia di tecniche "innovative" di intervento per il ripristino della duna litoranea, le quali hanno previsto anche l'utilizzo di biomasse spiaggiate provenienti dalle praterie di fanerogame per ridurre la quantità di biomassa rimossa dagli arenili ed allo stesso tempo fertilizzare il sedimento.

POSIDuNE, uno dei 9 sotto-progetti dell'operazione BEACHMED-e, la cui misura 3.4 riguardava il potenziale delle dune e delle praterie di Posidonia per la difesa dei litorali (metodologie per la mappatura e l'identificazione delle praterie di fanerogame, metodi di reimpianto artificiale e recupero delle praterie di fanerogame, metodi di naturalizzazione o ricostruzione dei sistemi dunali anche in situazioni infrastrutturate).

LIFE Dunas Albufera [5] ha interessato l'area naturale "Albufera de Valencia" con l'obiettivo di limitare i danni prodotti da operazioni infrastrutturali in un'area di particolare pregio naturalistico con vegetazione dunale di grande interesse biologico e paesaggistico e in cui, tra l'altro, sono presenti due specie ittiche a rischio. Il progetto ha previsto la demolizione di alcune infrastrutture, il ripristino di aree dunali e la piantumazione di specie vegetali, oltre ad un'intensa attività di sensibilizzazione pubblica. Il valore aggiunto del progetto ha riguardato la dimostrazione degli effetti positivi della rinaturalizzazione dell'area da un lato sul popolamento delle specie a rischio, dall'altro sulla presa di coscienza di turisti e popolazioni locali in merito all'importanza della tutela dell'area.

2.3 L'indagine con le Pubbliche amministrazioni

Tra le attività del progetto Posbemed, figura la realizzazione di una indagine mediante questionari rivolti alle pubbliche amministrazioni responsabili della gestione delle spiagge e del problema della Posidonia, finalizzata a comprenderne modalità e criticità.

Il questionario è stato somministrato ad un numero di 30 Pubbliche Amministrazioni per paese, con eccezione per l'Italia dove l'indagine ha riguardato 30 amministrazioni in Sardegna e 30 amministrazioni nel resto dell'Italia.

Il questionario è stato somministrato in versione digitale mediante "Lime Survey", un software open source per svolgere indagini on line, consentendo alle Pubbliche Amministrazioni una più semplice modalità di partecipazione, e al progetto una maggiore semplicità nell'acquisizione, elaborazione e analisi dei dati del questionario. La pagina introduttiva del questionario (Fig. 1) contiene una breve spiegazione del progetto e delle problematiche e immagini di banquette di Posidonia, foglie spiaggiate, egagropili e la pianta di Posidonia, al fine di chiaramente individuare il contesto.

Questionario "Gestione dei sistemi spiaggia-positonia"

Il progetto europeo **POSBEMED** (Gestione sostenibile dei sistemi spiaggia-positonia nelle regioni del Mediterraneo), nell'ambito del programma internazionale "Interreg Med", ha l'obiettivo di definire una strategia di gestione sostenibile delle spiagge in cui si verifica il fenomeno dello spiaggiamento della positonia (*Posidonia oceanica* (L.) Desf.), dalla formazione di banquette e la presenza di dune. Inoltre, mira ad identificare e suggerire nuovi strumenti per i gestori e sviluppare un modello di governance da condividere e trasferire nel bacino del Mediterraneo.

Le **banquette** sono definite come i depositi spiaggiati di foglie, fibre e rizomi di fanerogame marine quali la positonia oceanica, ivi inclusi i sedimenti intrappolati che sono depositati sulle coste da onde e correnti.



Figura 1-Banquette di positonia



Figura 2-Parte di positonia



Figura 3-Frascione di foglie spiaggiate



Figura 4-Frascione

Questo sondaggio è composto da 38 domande.

Fig. 1 – La pagina introduttiva del questionario sulla gestione della *Posidonia spiaggiata*

Tra le informazioni generali è stato richiesto il livello di conservazione dell'area, in considerazione delle specificità in area protetta, e la tipologia di costa (sabbiosa, rocciosa, ciottolosa, falesia). Una prima sezione generale ha indagato il grado di soddisfazione delle amministrazioni rispetto alla gestione della Posidonia, evidenziando che le amministrazioni consultate non sono soddisfatte della attuale gestione della Posidonia, a causa delle complesse procedure burocratiche, di gestione dei rifiuti, che non prendono in considerazione le diverse tipologie e caratteristiche delle spiagge.

Una seconda sezione ha indagato le modalità e le tempistiche per la rimozione delle banquette di positonia da parte delle Amministrazioni. Molte amministrazioni non hanno fornito dati, ma da quelli acquisiti è emerso che la Posidonia viene rimossa solo in alcune spiagge e nei mesi che vanno da aprile a settembre, per più di 3 volte all'anno; la rimozione viene effettuata in particolare sulle spiagge caratterizzate da spessori di banquette maggiori di 50 cm.

I mezzi più frequenti utilizzati per la rimozione delle banquette sono escavatori cingolati e escavatori gommati, quindi mezzi pesanti.

In generale l'approccio che le amministrazioni pubbliche hanno avuto nei confronti della Posidonia è quello di rimuoverla in quanto elemento di disturbo per le attività turistiche, problema legato anche alla questione dell'accumulo di rifiuti sulle banquette.

Emerge pertanto l'esigenza di definire una strategia integrata che consenta da un lato di rispondere alle esigenze dei turisti, creando anche turisti più consapevoli delle peculiarità positive che la presenza di Posidonia genera sulle spiagge, dall'altro valorizzare l'influenza positiva che la Posidonia ha sulle nostre coste e spiagge.

2.4 La linea guida per la gestione della *Posidonia spiaggiata* nella strategia del POSBEMED

Le linee guida POSBEMED vogliono essere uno strumento completo di gestione della biomassa spiaggiata che consenta alle amministrazioni competenti di avere a disposizione tutte le informazioni necessarie per intraprendere il percorso corretto, in considerazione delle caratteristiche dell'area interessata, e applicare le più sostenibili pratiche di gestione. Dalla decisione in merito all'eventuale rimozione, alle modalità della stessa, alle alternative possibili per il ri-uso di questa risorsa, tutto sarà riprogettato nell'ottica di garantire, ove possibile, le

funzioni ecologiche della biomassa o comunque la sostenibilità della gestione costiera nel complesso.

Saranno definite metodologie specifiche da utilizzare nelle aree protette e nei Siti Natura 2000 al fine di preservare maggiormente gli Habitat presenti.

Partendo dalle linee guida PRIME [6], si integreranno i risultati e le sperimentazioni realizzate o in corso di realizzazione da progetti relativi alla gestione della Posidonia spiaggiata in modo da tener conto del complessivo ciclo di vita della stessa e degli strumenti e pratiche più innovativi. I partner del progetto provengono da diverse nazioni europee, per cui valore aggiunto della linea guida sarà quello di considerare come i diversi paesi hanno affrontato il problema della Posidonia e come hanno cercato di risolverlo, traendo spunti e buone pratiche applicabili ai diversi contesti.

Nel contempo, si valuterà la conformità delle linee di gestione proposte con la relativa normativa in vigore nei diversi paesi partner di progetto, in modo da avere anche un quadro riassuntivo della situazione della normativa di settore a livello dei paesi del Mediterraneo. In particolare, nel caso in cui si verificano le condizioni che rendono necessaria la rimozione delle banquette, la guida fornirà indicazioni circa i possibili usi, alternativi al trasporto in discarica, che sono stati sperimentati negli ultimi anni (dal compostaggio, all'utilizzo come isolante in edilizia, ecc.) e la loro applicabilità in relazione alla normativa vigente.

Insieme al toolkit, infine, le linee guida racchiuderanno le migliori pratiche per la gestione sostenibile delle aree costiere caratterizzate da presenza significativa di posidonieti, nell'intento di far sì che i singoli progetti e sperimentazioni non rimangano isolati, che i risultati non siano fini a se stessi come spesso accade, ma si integrino l'un l'altro per rendere possibile un approccio sistemico alla gestione di queste aree e sostenibile a 360°. In quest'ottica, la strategia finale di progetto proporrà gli indirizzi e gli orientamenti da seguire per far sì che l'area del Mediterraneo si muova nella stessa direzione.

Il toolkit invece definirà, sulla base di quanto emerso dalle linee guida, criteri ambientali per la gestione del sistema spiaggia/dune/Posidonia, da applicarsi nella gestione sostenibile delle spiagge, in particolare nelle aree protette.

3. Conclusioni

Scopo del progetto Posbemed è quello di mettere a sistema gli studi e le esperienze già presenti a livello europeo finalizzate a definire metodologie per la gestione sostenibile dei residui di Posidonia spiaggiate, della Posidonia in mare e delle spiagge con presenza di dune e di Posidonia.

L'intento è quello di definire una metodologia comune che individui buone pratiche di gestione sostenibile e integrata di tali sistemi applicabili in tutti i paesi del Mediterraneo con le diverse tipologie di costa, e in riferimento al livello di conservazione dell'area. L'obiettivo di definire una strategia comune passa anche attraverso la necessità di coniugare la domanda crescente di turismo sulle coste, che non gradisce la presenza della Posidonia spiaggiata, con la necessità di proteggere tale risorsa anche al fine di mitigare gli impatti ambientali dei cambiamenti climatici.

Dai primi risultati è emerso che manca la consapevolezza dell'importanza di questa risorsa sia negli enti pubblici responsabili della gestione delle coste, sia nei turisti e negli operatori turistici; i primi sono imbrigliati in complesse procedure burocratiche per la gestione della Posidonia e spesso non possiedono gli strumenti adeguati per la sua corretta gestione.

I secondi non sono consapevoli dell'importanza che tale risorsa riveste nell'intero ecosistema, sia quello marino, sia quello costiero terrestre, per cui la considerano un fastidio, aggravato dal fatto che i residui di Posidonia accumulano rifiuti e nei periodi estivi spesso emanano cattivo odore.

Possiamo pertanto affermare che è necessario definire una strategia comune di gestione della posidonia che consenta di trasformare quello che adesso appare come n problema, in risorsa da tutelare, da valorizzare e da ri-utilizzare in maniera consapevole e sostenibile.

Bibliografia

[1] **European Commission**, “LIFE and Coastal Habitats, European Union 2017

[2] **LIFE P.R.I.M.E.** “Posidonia residues integrated management for eco-sustainability” (LIFE09 ENV/IT/000061), Comune di Mola di Bari, realizzato da Eco-logica s.r.l., ISPA – CNR, Aseco S.p.A e Tecoma S.r.l.

[3] **LIFE Posidonia Andalusia**, “Conservation of Posidonia oceanica meadows in Andalusian Mediterranean Sea (LIFE09 NAT/ES/000534), Consejería de medio ambienteJunta de andalusia, realizzato da Ministerio de Medio Ambiente, Rural y del Medio Marino, Spain Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) Conservación, Información y Estudios sobre Cetáceos (CIRCE), Spain Federación Andaluza de Cofradías de Pescadores, Spain Federación Andaluza de Asociaciones Pesqueras, Spain Consejería de Agricultura y Pesca, Spain

[4] **POSIDuNE**, “Interazioni delle Sabbie e della Posidonia Oceanica con l’Ambiente delle Dune naturali” (PIC INTERREG III C ZONE SUD), ICRAM, realizzato da Provincia di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra dell’università di Ferrara, CIRSA Università di Bologna, EID Mediterranèe, IACM/FORTH, OANAK

[5] **LIFE Dunas Albufera**, “Model of restoration of dunes habitats in ‘L’Albufera de Valencia” (LIFE00 NAT/E/007339), Ayuntamiento de Valencia - Concejalía de Devesa y Albufera y Alcaldías de Barrio;

[6] **AA VV**, Manuale per la gestione sostenibile ed il recupero dei residui spiaggiati di Posidonia, ECO-logica Editore, 2013

Simbiosi Industriale per l'area vasta di Taranto: stato di avanzamento della ricerca scientifica

Bruno Notarnicola bruno.notarnicola@uniba.it, Giuseppe Tassielli, Pietro Alexander Renzulli, Gabriella Arcese, Rosa Di Capua
Dipartimento Jonico in "Sistemi Giuridici ed Economici del Mediterraneo: società, ambiente, culture", Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", Taranto

Riassunto

L'applicazione della Simbiosi Industriale (SI) ad un'area vasta presuppone la necessità di una mappatura economica ed ambientale del territorio oggetto di studio. Uno dei progetti di SI in fase di implementazione in Italia, riguarda il caso della Provincia di Taranto. Il progetto di ricerca è stato avviato nel 2012 dal Dipartimento Jonico, ed è attualmente in fase di avanzamento, con l'obiettivo di proporre degli scenari di SI a partire dall'analisi dei settori economici rilevanti e dei principali flussi di rifiuti speciali. Come dall'analisi svolta nel 2012, emerge che i principali flussi di rifiuti prodotti e gestiti sono tipici rifiuti del settore siderurgico data la presenza dell'acciaieria a ciclo integrale ILVA. L'analisi evidenzia gli scenari pre e post crisi dell'industria siderurgica e le ripercussioni sul sistema di gestione dei rifiuti. I risultati mostrano come i quantitativi dei rifiuti prodotti e gestiti si siano ridotti di oltre la metà a causa delle ultime vicende che hanno colpito lo stabilimento produttivo.

Summary

The application of Industrial Symbiosis (IS) to a wide area presupposes the need for an economic and environmental mapping of the territory studied. One of the SI projects under implementation in Italy is the case of the Taranto province. The research project was launched in 2012 by the Ionian Department and is currently underway, with the aim of proposing IS scenarios starting from the analysis of relevant economic sectors and main industrial waste flows. As in the analysis carried out in 2012, it emerges that the main waste produced, recovered and disposed are typical waste from the steel industry due to the presence of the ILVA steel plant. The analysis highlights the pre-and post-crisis scenarios of the steel industry and the repercussions on the waste management system. The results show how the quantities of waste produced and managed fell by more than half due to the recent events that have affected the production plant.

1. Introduzione

Tra gli strumenti dell'Ecologia Industriale, la SI può rappresentare uno strumento risolutivo delle problematiche ambientali all'interno dei contesti territoriali in cui le imprese trovano le condizioni più opportune per produrre in modo sostenibile con un maggior benessere per la comunità locale. Numerosi sono gli esempi di applicazione della SI a livello internazionale che prevedono il coinvolgimento di industrie di diversi settori produttivi nello scambio di energia, materiali, acqua e sottoprodotti [1]. Dall'analisi delle esperienze di SI in Italia, emerge come la

cooperazione tra le imprese abbia luogo in aree vaste, coinvolgendo principalmente il settore manifatturiero [2]. La maggior parte delle iniziative italiane volte a favorire lo sviluppo di aree in cui possono avvenire scambi simbiotici, sono rappresentate da collaborazioni nate all'interno delle Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate (APEA) grazie all'impulso della legislazione nazionale [3]. Queste collaborazioni si sono sviluppate in Italia centro-settentrionale e hanno come oggetto dello scambio simbiotico essenzialmente pratiche di utility sharing. Alcuni progetti applicativi di SI in fase di sviluppo in Italia e non legate alle APEA, si caratterizzano invece per una serie di elementi in comune come l'oggetto dello scambio simbiotico rappresentato da cascami industriali materiali ed energetici, il coinvolgimento di piccole e medie imprese industriali appartenenti a differenti settori produttivi, la concentrazione geografica delle aziende in una struttura a distretto, la prevalenza di fonti di finanziamento pubbliche e il supporto delle istituzioni locali e degli enti di ricerca. L'implementazione di questi ultimi progetti di SI richiede un'approfondita analisi economica ed ambientale del sistema produttivo locale. Uno dei sei progetti in questione riguarda il distretto produttivo della Provincia di Taranto, per il quale nel 2012 è stato avviato uno studio di fattibilità da parte del Dipartimento Jonico per facilitare l'implementazione di pratiche di SI all'interno del distretto industriale. L'obiettivo del presente lavoro è proprio quello di illustrare lo stato di avanzamento di tale progetto di ricerca, alla luce della crisi che negli ultimi anni ha interessato l'industria siderurgica. L'analisi economica del sistema produttivo di Taranto parte dagli ultimi dati aggiornati all'anno 2016 forniti dal Registro Imprese della Camera di Commercio di Taranto, mentre per l'analisi della produzione, smaltimento e recupero dei rifiuti industriali nell'area jonica si fa riferimento ai dati 2014 estratti dai modelli M.U.D. [4] dalla Camera di Commercio di Taranto.

2. Relazione

Il sistema produttivo di Taranto si compone di 47.551 localizzazioni attive con le quali si intendono tutte le sedi (40.993) e le unità locali presenti nel territorio provinciale con sede legale in Provincia (4.375) e fuori Provincia (2.183). Il maggior numero di sedi d'impresa e di unità locali lo si registra nel settore del commercio all'ingrosso e al dettaglio e nel settore dei servizi con il 32,75% e il 26,55% del totale delle localizzazioni attive locali. Gli altri settori prevalenti per il numero complessivo di aziende localizzate nel territorio provinciale sono il settore delle coltivazioni agricole e produzione di prodotti animali e il settore industriale (22,53% e 17,88%). L'analisi economica ed ambientale della Provincia di Taranto si focalizza sul solo settore industriale con l'obiettivo di individuare le imprese industriali rilevanti sia dal punto di vista economico che dal punto di vista delle problematiche ambientali. In provincia di Taranto sono presenti 8.502 localizzazioni industriali, di cui il 54,62% è rappresentato da imprese di costruzioni e il 39,79% da imprese manifatturiere (Fig. 1).

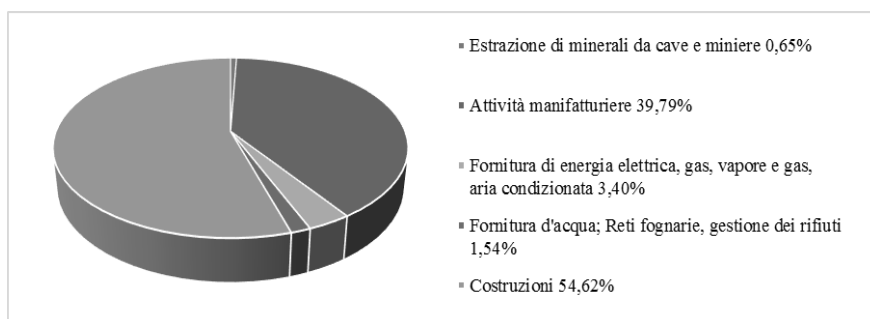


Fig. 1 – Composizione percentuale delle localizzazioni attive del settore industriale della Provincia di Taranto, Camera di Commercio di Taranto – Anno 2016

2.1 Le principali imprese industriali della Provincia di Taranto

L'individuazione delle principali industrie della Provincia di Taranto è stata possibile elaborando i dati forniti dal Registro Imprese di Taranto in due fasi, la prima necessaria per identificare le imprese e le relative unità locali con sede in Provincia, la seconda per individuare le unità locali con sede fuori il territorio provinciale. Per le imprese attive con sede legale in Provincia di Taranto, i dati a disposizione ci permettono di avere un quadro completo dell'incidenza dei diversi settori industriali sul territorio, poiché si conoscono nel dettaglio, oltre al numero delle imprese in questione, il numero delle unità locali istituite dalle stesse nella Provincia, il numero di addetti delle sedi d'impresa e il relativo valore complessivo di capitale sociale e fatturato. Tenendo conto di tali indicatori, la tabella 1 riporta le attività industriali rilevanti delle imprese e delle relative unità locali con sede in Provincia. Il sistema produttivo tarantino è composto principalmente da imprese di piccola e media dimensione, ma il contributo maggiore in termini di valore aggiunto del settore industriale è trainato dalle grandi imprese [5]. Considerando contemporaneamente il numero di addetti e il valore complessivo del fatturato delle società con obbligo di deposito del bilancio al Registro Imprese di Taranto, è emerso che le grandi sedi d'impresa, con numero di addetti superiore a 250 e fatturato annuo superiore a 50 milioni di euro, sono l'azienda di produzione di pale eoliche Vestas Blades Italia s.r.l. e l'azienda di alta specializzazione in lavori ferroviari G.C.F. Generale Costruzioni Ferroviarie S.p.A. Altre importanti medie-grandi imprese con sede sul territorio provinciale operano nel settore del trattamento di rifiuti e recupero dei materiali, tra cui emergono C.I.S.A. S.p.A. con fatturato annuo superiore a 50 milioni di euro, AMIU S.p.A. e Italcave S.p.A. con fatturato compreso tra 25 e 50 milioni di euro.

Parametro di classificazione	Settori Industriali (ATECO 2007)
- N° di sedi d'impresa superiore a 100 con almeno 500 addetti e un numero di unità locali uguale o superiore a 25; - Valore complessivo di capitale sociale e/o di fatturato uguale o superiore a 50 milioni di euro.	- Costruzione di edifici; - Lavori di costruzione specializzati; - Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature); - Confezione di articoli di abbigliamento e di articoli in pelle e pelliccia; - Industrie alimentari;
- N° di sedi d'impresa superiore a 100 con almeno 250 addetti; - Valore complessivo di capitale sociale e/o di fatturato uguale o superiore a 50 milioni di euro.	- Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca; - Riparazione, manutenzione ed installazione di macchine ed apparecchiature; - Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi; - Ingegneria civile.
- N° di addetti superiore a 250; - Valore complessivo di capitale sociale e/o di fatturato uguale o superiore a 50 milioni di euro.	- Attività di raccolta, trattamento, smaltimento dei rifiuti e recupero dei materiali; - Industria delle bevande; - Fabbricazione di apparecchiature elettriche ed apparecchiature per uso domestico non elettriche; - Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche.
- Valore complessivo di capitale sociale uguale o superiore a 50 milioni di euro.	- Fabbricazione di mobili.
- N° di sedi d'impresa superiore a 100; - N° di addetti superiore a 150 ma inferiore a 250.	- Industria del legno e dei prodotti in legno e sughero e fabbricazione di articoli in paglia e materiali da intreccio; - Altre industrie manifatturiere.

Tab. 1 – Attività industriali rilevanti delle imprese e delle relative unità locali con sede legale in Provincia di Taranto, Camera di Commercio di Taranto – Anno 2016

Diversamente per le unità locali operanti nel territorio provinciale con sede legale fuori Provincia di Taranto, conoscendo solo il dato aggregato a livello nazionale del numero di addetti della sede principale, si sono selezionate dapprima le imprese con numero di addetti superiore a 50 per poi estrarre le relative visure camerali ordinarie, aggiornate all'anno 2016, da cui ricavare il numero di addetti delle unità locali istituite dalle stesse nel territorio jonico. La più grande unità locale con sede fuori il territorio provinciale è l'industria siderurgica ILVA con 11.133 addetti (Fig. 2).

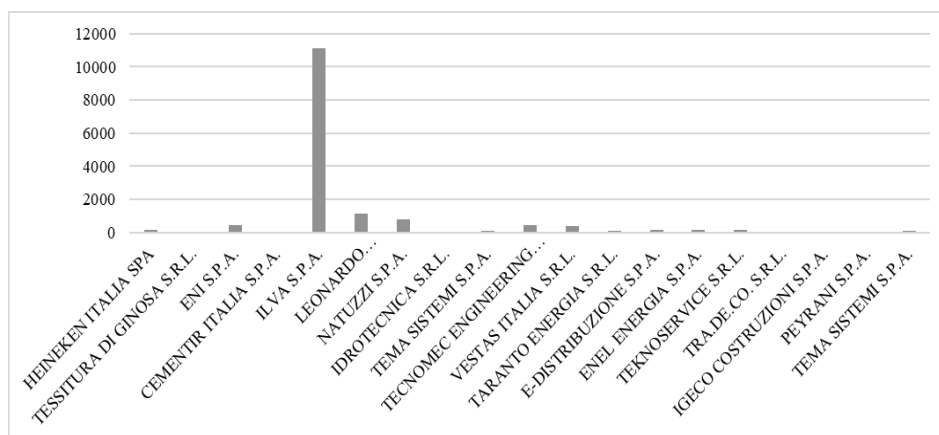


Fig. 2 – Principali Unità Locali con sede legale fuori Provincia di Taranto individuate sulla base del numero di addetti superiore a 50, Camera di Commercio di Taranto – Anno 2016

A seguire troviamo altre grandi unità locali con numero di addetti superiore a 250, quali l'industria aeronautica Leonardo Finmeccanica S.p.A. (1.142 addetti), l'azienda di produzione di salotti Natuzzi S.p.A. (793 addetti), la raffineria Eni S.p.A. (440 addetti), la Tecnomec Engineering s.r.l. (420 addetti) che lavora nel campo della costruzione e montaggio di impianti industriali e la Vestas Italia s.r.l. (364 addetti) con due unità di vendita che assicurano servizi integrati e avanzati nella realizzazione e gestione di parchi eolici nei Paesi che si affacciano sulla parte orientale del Mediterraneo [6]. Un'altra importante unità locale con numero di addetti superiore a 150 è l'industria della birra Heineken Italia S.p.A. istituita nel comune di Massafra.

2.2 La mappatura ambientale della Provincia di Taranto

L'analisi dei principali flussi di rifiuti prodotti, recuperati e smaltiti nella Provincia di Taranto si basa sull'elaborazione dei dati forniti dalla Camera di Commercio di Taranto ed estratti dalla banca dati MUD gestita dalla società consorziale del sistema delle Camere di Commercio Ecocerved che si occupa di aggiornare ogni anno le statistiche nazionali in materia ambientale. L'ultima armonizzazione condotta dalla società sui dati necessari per la mappatura ambientale del territorio jonico risale all'anno 2014. Nell'anno in questione la Provincia di Taranto, responsabile del 25% della produzione regionale di rifiuti speciali non pericolosi, ha prodotto poco più di due milioni di tonnellate di rifiuti, gestendone oltre tre milioni. Dei rifiuti gestiti, il 52% è stato avviato ad operazioni di recupero di materia e il 37% è stato smaltito in discarica. La restante parte è stata sottoposta ad attività di trattamento (6%), incenerimento (3%) e stoccaggio (2%). I grafici riportati in figura 3 indicano che la maggiore produzione di rifiuti speciali (38%) riguarda i processi termici (CER 10), con un relativo altrettanto buon recupero (32%). Particolare rilevanza tra le attività di smaltimento assume la categoria di rifiuti da im-

pianti di trattamento (CER 19) che rappresenta il 75% del totale dei rifiuti smaltiti con oltre 1 milione di tonnellate nel 2014 (Fig. 3).

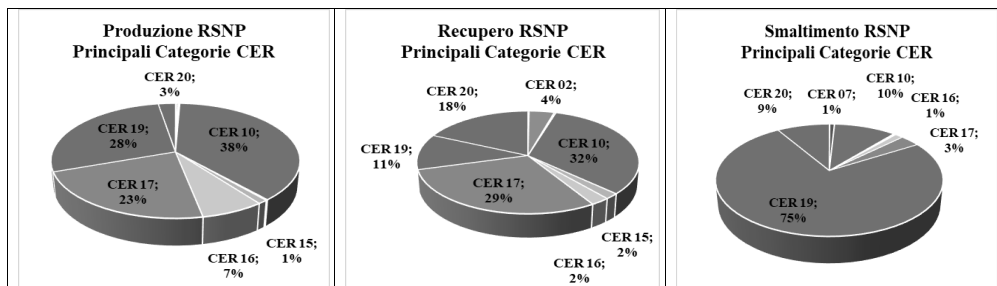


Fig. 3 – Suddivisione percentuale delle principali categorie di rifiuti speciali prodotte, recuperate e smaltite in Provincia di Taranto nel 2014, Dati MUD Ecocerved CCIAA Taranto

2.2.1 Il sistema di gestione dei rifiuti prima e dopo la crisi del settore siderurgico

Seguendo la stessa metodologia utilizzata per lo studio di fattibilità del 2012, si sono identificati i principali quantitativi di rifiuti speciali prodotti/recuperati/smaltiti in Provincia per ciascuna categoria CER avente come quantità un valore superiore alle 5.000 tonnellate/anno. Successivamente si sono individuate le principali imprese responsabili delle operazioni su tali rifiuti, attraverso delle interrogazioni alla banca dati MUD e la successiva estrazione delle visure complete delle aziende responsabili della produzione/gestione di rifiuti per quantità superiori a 1.000 t per l'anno 2014. Alla luce delle vicende ambientali che hanno colpito il siderurgico a partire da luglio 2012, la tabella 2 mette a confronto i dati di produzione, recupero e smaltimento delle principali categorie CER in Provincia di Taranto nel periodo pre e post crisi industriale. Dal confronto dei principali flussi di rifiuti speciali nell'anno 2014 rispetto al 2008, si registra una sostanziale variazione, con una riduzione di oltre il 50%, nella produzione e recupero dei rifiuti prodotti da processi termici, di cui l'ILVA è responsabile per quasi il 100% del totale prodotto e recuperato secondo la normativa vigente. Nel periodo post crisi, inoltre, si assiste ad un'importante riduzione delle quantità prodotte e recuperate dei rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (CER 17) e un importante aumento dei flussi di rifiuti da impianti di trattamento (CER 19) e rifiuti urbani (CER 20) smaltiti dalle imprese di trattamento rifiuti del territorio provinciale. In particolare, le imprese di trattamento rifiuti C.I.S.A. S.p.A., Italcave S.p.A. ed Eclevante S.p.A. sono le principali imprese di smaltimento rifiuti dell'area jonica, responsabili del 97% dello smaltimento della categoria CER 19.

CODICE CER	Anno 2008	Anno 2014	Differenza (t)	Anno 2008	Anno 2014	Differenza (t)	Anno 2008	Anno 2014	Differenza (t)
	Produzione (t)			Recupero (t)			Smaltimento (t)		
02	7.470	4.597	-2.873	23.225	77.921	54.696	No superiore a 5.000 t/anno		
07	No superiore a 5.000 t/anno			No superiore a 5.000 t/anno			5.762	9.928	4.166
10	1.675.987	806.769	-869.218*	1.566.396	614.006	-952.390*	100.940	139.490	38.550
15	26.089	23.176	-2.913	28.035	33.369	5.334	6.685	3.748	-2.937
16	124.490	151.132	26.642	23.502	46.113	22.611	82.021	18.161	-63.860
17	797.014	479.690	-317.324*	907.454	555.666	-351.788*	14.497	44.864	30.367
19	497.405	594.614	97.209	262.528	213.589	-48.939	591.411	1.012.601	421.190*
20	8.449	54.925	46.476	330.572	342.427	11.855	11.500	118.720	107.220*

Tab. 2 – Confronto dati produzione/recupero/smaltimento principali categorie CER Provincia di Taranto nel periodo pre e post crisi industria siderurgica ILVA (2008/2014). * In grigio le variazioni superiori a 100 mila tonnellate rispetto ai livelli pre crisi. Fonte: Dati MUD Ecocerved CCIAA Taranto

2.2.2 Focus sulle principali sottocategorie CER prodotte dal siderurgico alla luce della crisi ambientale

Dall'analisi ambientale del territorio jonico, è emerso come lo stabilimento siderurgico ILVA, con il 60% del totale dei rifiuti prodotti in tutta la Provincia, si conferma il primo produttore di rifiuti speciali del territorio. Nell'anno 2014, la scoria di acciaieria (CER 100202), nonostante la crisi del settore, si conferma la principale categoria di rifiuto speciale prodotta e recuperata nel territorio jonico (31% e 34% rispettivamente). Rispetto all'anno 2008, tale categoria di rifiuto si è ridotta di oltre la metà, passando da una produzione di oltre un milione e mezzo di tonnellate a poco più di 600 mila tonnellate. Come per la scoria di acciaieria, si suppone ci sia stata la stessa riduzione nella produzione della loppa d'altoforno, non schedato come rifiuto ma come sottoprodotto, data la stessa produzione di 1,5 Mt nel 2008 [7]. Importanti riduzioni nelle quantità di rifiuti prodotti dallo stabilimento hanno interessato gli altri tipici rifiuti del settore siderurgico, in particolare le scaglie di laminazione con una riduzione dell'86% nel 2014 rispetto all'anno 2008. Queste variazioni riflettono l'andamento della produzione industriale ILVA, che ha registrato forti cali nel periodo post crisi, passando da una produzione di 8 milioni di tonnellate nel 2012 a meno di 6 milioni di tonnellate nel 2016 (Fig. 4).

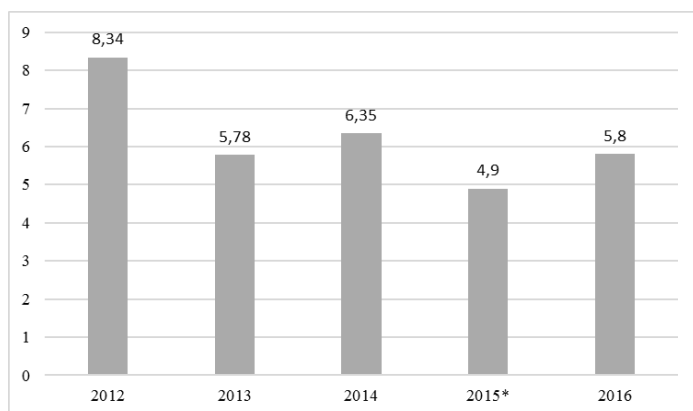


Fig. 4 – Andamento della produzione ILVA nel periodo post crisi (anni 2012-2016), dati in milioni di tonnellate. *minimo produttivo legato alle fermate obbligate degli AFO per risanamento ambientale, Fonte: <http://www.ilsole24ore.com>

La tabella 3 evidenzia le variazioni di produzione dei principali rifiuti prodotti dallo stabilimento nel periodo di adeguamento alle misure contenute nell'Autorizzazione Integrata Ambientale. L'analisi del periodo post crisi è stata possibile ricavando i dati dai Modelli Unici di Dichiarazione Ambientale dell'ILVA, in amministrazione straordinaria a partire dall'anno 2014.

Principali sottocategorie CER prodotte da ILVA S.p.A.	Scenario pre-crisi (t)	Scenario post crisi (t)				
	Anno 2008	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016
Scorie non trattate (CER 100202)	1.520.802	1.274.317	627.670	602.829	51.410	632.422
Terra e rocce (CER 170504)	625.021	88.981	48.439	142.050	46.566	79.821
Materiali Refrattari (CER 161104)	73.304	59.125	61.410	68.189	76.856	88.367
Scaglie di laminazione (CER 100210)	72.955	20.659	14.205	10.731	19.559	19.464
Fanghi e residui di filtrazione del trattamento fumi (CER 100214)	0	0	79.637	124.598	69.733	121.345
Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (CER 170904)	61.241	20.042	10	150.344	14.881	19.245

Tab. 3 – Principali sottocategorie CER prodotte dall'impianto ILVA. Confronto delle quantità tra il periodo pre-crisi (2008) e gli anni successivi la crisi ambientale (2012-2016)

3. Conclusioni

Dall'aggiornamento dell'analisi economica ed ambientale della Provincia di Taranto, emerge come lo stabilimento siderurgico ILVA sia l'industria più importante in termini economici, sociali ed ambientali. Tralasciando la drastica riduzione della produzione della scoria di acciaieria nell'anno 2015 (oltre il 90% rispetto agli anni 2013, 2014 e 2016) dovuto al temporaneo fermo degli impianti, tale tipologia di rifiuto rappresenta il principale flusso di rifiuto speciale da cui partire per l'implementazione della simbiosi industriale in Provincia di Taranto. Alla luce dello studio di pre-fattibilità condotto nel 2012 sulla valorizzazione dei principali flussi di rifiuti nel territorio provinciale, si riporta in tabella 4 l'aggiornamento della quantificazione del loro potenziale riutilizzo in vari settori produttivi nel contesto jonico esistente con i costi, utilizzo di energia ed emissione di gas serra potenzialmente evitati. Dalla tabella emerge come i quantitativi di questi rifiuti potrebbero essere interamente recuperati attraverso sinergie simbiotiche, con l'ottenimento di importanti miglioramenti della sostenibilità del sistema produttivo jonico.

Tipo di rifiuto	Potenziale tipo di riciclaggio implementabile nel contesto ionico esistente	Quantità di rifiuto potenzialmente riciclato (kt/anno)	Potenziale riciclaggio di rifiuto/ totale rifiuto disponibile (kt/anno)	% Potenziale riciclaggio	Costo di smaltimento potenzialmente evitato (M€/anno)	Utilizzo di energia potenzialmente evitato (toe/anno)	Emissione di gas serra potenzialmente evitato (t CO ₂ eq/anno ²)
Loppa	Materiale di fondazione per strade e ferrovie	890	1.165/600	>100%	La loppa è un co-prodotto che non è smaltito	3.467	7.665
	Riempimento banchine	270					
	Trattamento acqua	4					
	Produzione vetro	1					
Scoria acciaieria	Fertilizzanti	930	1.420/600	>100%	45.4	3.592	7.952
	Inerte per calcestruzzo	400					
	Pavimentazioni stradali	90					
Refrattari	Materiale di fondazione per strade	68	136/68	>100%	8.2	429	950
	Produzione nuovi refrattari	68					

Tab. 4 – Quantificazione del riutilizzo dei rifiuti in settori attivi della provincia di Taranto [8]

Bibliografia

- [1] **Chertow, M. R.** (2007), “Uncovering industrial symbiosis”. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11-30.
- [2] **Notarnicola B., Tassielli G., Renzulli P.A., Arcese G., Di Capua R.**, (2016a). “Simbiosi industriale in Italia: stato dell’arte e prospettive di sviluppo future in Italia”, *Annali del Dipartimento Jonico*, in: *Annali del Dipartimento Jonico*. ISBN: 978-88-909569-6-6.
- [3] **Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112**, “Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali”. G.U. n. 92 – Suppl. Ord. n° 77.
- [4] **Legge 25 gennaio 1994, n. 70** – “Norme per la semplificazione degli adempimenti in materia ambientale, sanitaria e di sicurezza pubblica, nonché per l’attuazione del sistema di ecogestione e di audit ambientale”.
- [5] **Rapporto Taranto** (2016), 14° Giornata dell’Economia, Camera di Commercio di Taranto.
- [6] **Vestas Italia**, (2016). <https://www.vestas.com/>
- [7] **Notarnicola, B., Uricchio, A. F., Tassielli, G., Renzulli, P. A., & Selicato, G.** (2012). Elaborazione di un modello di applicazione dei principi e degli strumenti dell’ecologia industriale ad un’area vasta. Cacucci.
- [8] **Notarnicola, B., Tassielli, G., & Renzulli, P.A.** (2016b). Industrial symbiosis in the Taranto industrial district: current level, constraints and potential new synergies. *Journal of Cleaner Production*, 122, 133-143.

Simbiosi industriale per il recupero e il riutilizzo di cascami energetici

Bruno Notarnicola bruno.notarnicola@uniba.it, Giuseppe Tassielli, Pietro A. Renzulli,
Gabriella Arcese, Rosa Di Capua

Dipartimento Jonico in “Sistemi Giuridici ed Economici del Mediterraneo: società, ambiente, culture”, University of Bari Aldo Moro; Taranto, Italia

Riassunto

Il nuovo modello di economia circolare evidenzia come, nella chiusura dei cicli, la gestione e il riutilizzo dei rifiuti e dell'energia di scarto devono essere sviluppati e sempre più implementati nei sistemi produttivi. La simbiosi industriale, intesa come un approccio che, prendendo spunto dalla simbiosi biologica, permette di generare benefici reciproci tra gli attori di un sistema attraverso lo scambio di materia ed energia, è lo strumento cardine per la realizzazione della circolarità economica.

Mentre, sia in letteratura che nei parchi industriali, sono noti modelli e procedure per l'implementazione delle pratiche di simbiosi per lo scambio di rifiuti e materiali, meno chiaro risulta essere il modello da seguire se si è di fronte a cascami energetici. Il risultato è la redazione di un modello per lo scambio simbiotico di cascami energetici, che evidenzia le variabili chiave per la corretta applicazione dello stesso e le ragioni dell'attuale limitato sfruttamento della pratica.

Summary

The circular economy model highlights how, in closing cycles, the management and reuse of waste and waste energy must be developed and increasingly implemented in production systems. Industrial symbiosis is an approach that, starting from the biological symbiosis, allows to generate reciprocal benefits among the actors of a system through the exchange of matter and energy, is the key tool for the realization of circular economy.

While - both in literature and in industrial parks - they are known models and procedures for the implementation of symbiosis practices for the exchange of waste and materials, less clear is the model to follow if you are facing energy. The result is the drafting of a model for the symbiotic exchange of energy waste, which highlights the key variables for its proper application and the reasons for the current limited exploitation of the practice.

1. Introduzione

All'interno delle attività di ricerca del progetto FIR - “*Simbiosi Industriale in un'area vasta: il territorio Jonico*” [1], si sta studiando come gestire la variabile energetica negli scambi simbiotici. Questa parte di studio ha come obiettivo quello di approfondire la simbiosi industriale “energetica” al fine di capire come trattare la “merce” energia per poter creare un modello teorico che contenga una procedura generalizzabile e di riferimento per il miglior utilizzo dei cascami energetici nei processi di simbiosi industriale.

Nell'ultimo periodo, la spinta verso l'adozione dei modelli di sviluppo basati su una economia circolare è arrivata a livello internazionale con la diffusione del concetto più ampio di efficien-

za delle risorse presente in molte iniziative sia in ambito OCSE, che UNEP con l'International Resource Panel (UNEP-IRP) ed infine nei vari G7/G8/G20, sia dall'Unione Europea con l'*EU Action Plan for the Circular Economy* a livello comunitario che dal Collegato Ambientale alla Legge di Stabilità, 2016 «Legge del 28/12/2015 n. 221» ne rappresentano gli esempi più evidenti, non dimenticando il più recente documento di inquadramento e posizionamento strategico per l'Italia del Ministero dell'Ambiente (ancora in fase di consultazione pubblica) [2].

Il concetto di Economia Circolare (EC) guarda all'economia nell'ottica dell'autorigenerazione; in essa gli scambi di materie prime, scarti di lavorazione, energia, acqua, servizi e competenze sono progettati al fine di creare il cosiddetto "ciclo chiuso" secondo un approccio "*green economy*", posto in alternativa al classico modello lineare dei sistemi produttivi [3].

Nell'obiettivo di ricercare soluzioni efficienti per la riduzione di questi scarti, si è reso necessario approfondire in maniera sistemica il modo in cui affrontare ed implementare la simbiosi industriale in campo energetico.

2. Dalla simbiosi industriale al recupero dei cascami energetici

Tuttavia, mentre l'implementazione delle pratiche di simbiosi delle risorse materiali (materie prime secondarie, scarti di produzione, materiali e rifiuti) risulta un tema più studiato e consolidato, molto meno lo è quello relativo allo scambio di cascami energetici. La simbiosi energetica potrebbe essere una forma di razionalizzazione degli sprechi energetici e di recupero dei cascami non utilizzati che potrebbe contribuire al miglioramento dei sistemi produttivi sia in termini ambientali sia economici e sociali [3].

Partendo dai dati di contesto generali, è possibile constatare che la produzione mondiale totale di energia ammonta a circa 13.051 milioni di tep a fronte di un consumo di 12.928 milioni di tep. Nonostante le numerose iniziative intraprese per la diversificazione della bilancia energetica, le fonti fossili risultano ancora essere quelle a maggior incidenza (petrolio per il 44,9%) [4]. Un precedente studio di questo gruppo di ricerca aveva evidenziato che la quantità di scarti energetici prodotti sul territorio jonico è molto rilevante, infatti ammonta ad oltre 1 Mtep [5].

Chertow (2000), in uno degli studi considerati ormai caposaldo dell'argomento, definisce la SI come "*il coinvolgimento di industrie tradizionalmente separate con un approccio integrato finalizzato a promuovere vantaggi competitivi attraverso lo scambio di materia, energia, acqua e/o sottoprodotti*". Nel suo "*Industrial symbiosis: literature and taxonomy*" vengono definite le diverse modalità con cui è possibile realizzare operazioni di simbiosi industriale, partendo dall'*utility-sharing* o condivisione delle risorse e come sia possibile avviare il trasferimento di materiali [6].

Risulta, in questi primi studi, una costante assimilazione teorica tra gli scambi materici e quelli energetici nelle modalità operative. Secondo la stessa autrice, le attività di simbiosi industriale possono crearsi spontaneamente o, in alternativa, possono essere spinte da politiche governative se l'ecosistema imprenditoriale lo consente. In entrambi i casi (da subito o successivamente) è necessario un coordinamento, di diversa natura pubblica (come, ad esempio un ente, o privata), al momento identificato come la modalità maggiormente efficace per lo sviluppo e il consolidamento dei network simbiotici [7]. A Kalundburg, ad esempio, l'ente di coordinamento gestisce prima di tutto le informazioni tecnico-scientifiche al fine di condividerle attraverso piattaforme e favorirne lo scambio tra le aziende partner [7].

Proseguendo negli anni, dal 2009 al 2011, Domenech e Davies [9] definiscono i rapporti collaborativi nei processi di formazione di simbiosi industriale, potendo effettuare una distinzione tra le diverse fasi di sviluppo: dal mutuo scambio alla fase di consolidamento degli scambi e la realizzazione del network o del parco passando per due fasi intermedie di espansione e sviluppo (come da **Figura 1**).

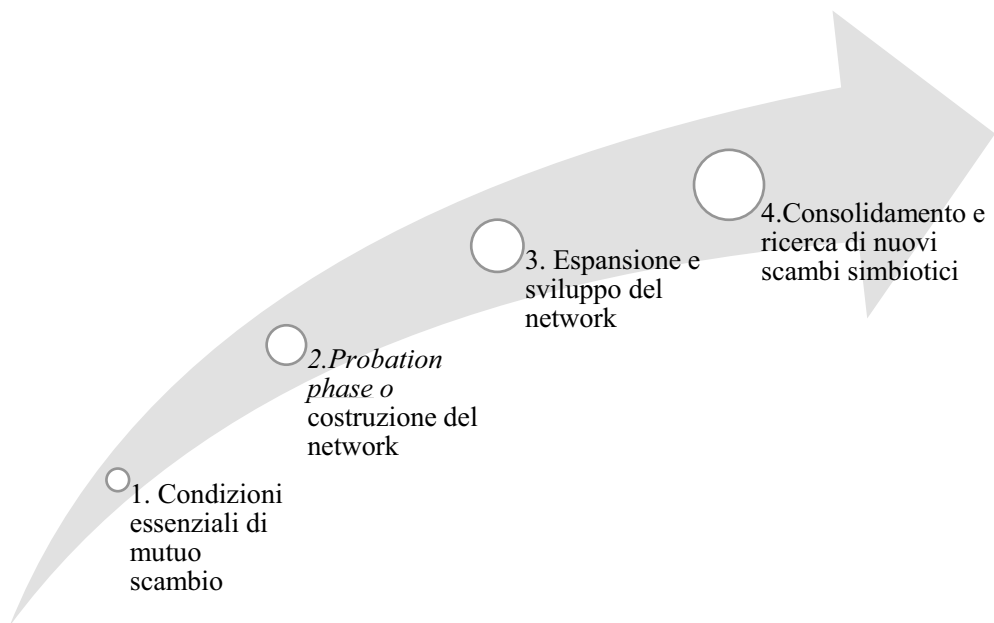


Fig. 1 – Ciclo di vita della simbiosi industriale. (Fonte: elaborazione propria basata su Domenech e Davies, 2009).

Nonostante la letteratura proficua, a livello nazionale i progetti riscontrabili sono per lo più teorici o sperimentazioni nella fase iniziale.

Nell'analisi si evidenziano risultati rilevanti per diversi paesi nel mondo come la Cina, gli Stati Uniti e il Regno Unito (caratterizzato principalmente dal NISP), seguiti da Giappone, Canada, Svezia, Olanda e Australia e Italia con un'incidenza minore. A livello nazionale, i progetti in corso di implementazione sono in gran numero (9/15) legati alle Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate (APEA) e mirati a pratiche di *utility-sharing*, coordinate dai consorzi [5]. Infine, al panorama internazionale ed italiano concernente la simbiosi energetica, possono essere ricondotte diverse pratiche presenti in, come l'approvvigionamento energetico attraverso coproduzione di calore ed energia, l'utilizzo dei rifiuti come combustibile (CDR), impianti condivisi basati su fonti rinnovabili, scambi di cascami energetici in eccesso tra impianti produttivi limitrofi [7].

Tutti i casi e gli esempi in letteratura non seguono la logica di un modello standardizzato (o comunque generalizzabile) ma consistono per lo più in casi studio isolati tra loro, nati per esigenze locali o per fattori non imputabili ad una procedura di validità comune che, se da un lato, sarebbe utile ad istituzionalizzare le attività esistenti, dall'altro rappresenterebbe uno stimolo allo sviluppo di nuovi progetti e all'implementazione delle pratiche di simbiosi in campo energetico.

2.1 Metodologia

La prima fase dell'analisi, preparatoria alla redazione del modello, si è sostanziata nello studio critico della letteratura, che è passato dalla catalogazione dei documenti scientifici raccolti (646 elementi, principalmente derivanti dagli articoli del database Scopus) in una seconda fase di analisi bibliometrica, successivamente integrata con l'analisi automatica dei testi.

In quest'ultima è stato evidenziato in maniera inequivocabile un divario tra gli studi sugli scambi simbiotici relativi ai rifiuti e alcuni casi presenti in letteratura sugli scambi energetici

ed inoltre è stata verificata la mancanza di un modello generale da seguire per le implementazioni di scambio di energia in simbiosi industriale [2].

Da queste analisi sui testi [10] infatti, si dimostra come (e per la prima volta) significativamente dal 2016 si hanno, nelle discussioni proposte dalle dissertazioni scientifiche, approfondimenti sui concetti di consumo energetico, flussi e scambi energetici e recupero di energia; un arricchimento e una maggiore disponibilità di dati relativi ai cascami energetici ed infine una forte attenzione verso l'integrazione tra diverse forme energetiche rinnovabili e non rinnovabili.

Nel dettaglio di questa seconda fase, i nodi e le relazioni dei sottosistemi analizzati, sono stati utili ai fini dello studio delle relazioni tra le informazioni raccolte dalla letteratura e i dati elaborati in sede di progetto FIR sulla provincia di Taranto [1]. Questi ultimi, sono stati utilizzati per identificare le variabili chiave del modello per il trattamento energetico negli scambi simbiotici.

Successivamente sono stati presi come riferimento, i modelli teorici relativi allo scambio simbiotico dei rifiuti e confrontato per un possibile adattamento degli stessi con le variabili chiave relative alla "merce energia" al fine di capire quali fossero le fasi idonee e quali potevano essere eliminate.

2.2. Risultati e discussioni

I temi direttamente correlati all'energia che sono stati trovati nei lavori scientifici internazionali sono: il consumo di energia, i flussi energetici, gli ingressi energetici, gli scambi di energia, l'utilizzo di energia, l'efficienza energetica, il risparmio energetico, il recupero energetico. Inoltre, gli strumenti di analisi utilizzati per valutare il fattore chiave energetico sono stati individuati e classificati come analisi energetica, analisi emergetica ed exergia [11,12].

Inoltre, gli studi e i documenti in cui è stata caratterizzata la variabile energia sono stati estratti e classificati secondo i termini legati all'energia stessa. A titolo esemplificativo, nell'area di Taranto sono stati riscontrati potenziali punti nevralgici nelle centrali termoelettriche, nella raffineria e nel calore prodotto dagli impianti siderurgici.

Pertanto, si è constatato che il modello deve partire necessariamente tenendo conto, così come per il recupero di materia delle quantità di input-output dei processi, degli oggetti di scambio, della localizzazione delle aziende e dei settori economici di appartenenza (**Tabella 1**).

Parametro	Variabile	Modalità operativa
<u>Produzioni</u>	Input-output energetico	Rilevazione o stima della quantità di energia in entrata e in uscita per ogni processo
<u>Oggetto dello scambio</u>	Caratterizzazione energetica	Analisi delle caratteristiche merceologiche, economiche e giuridiche della componente energetica oggetto di scambio
<u>Localizzazione</u>	Distanza tra imprese	Interna all'impresa
<u>Settori economici</u>	Analisi di contesto	Esterna all'impresa, analisi delle tecnologie disponibili

Tab. 1 – Parametri e variabili per il modello di scambio energetico (Fonte: elaborazione propria).

Il risultato preliminare ottenuto è la stesura di un modello generale per lo scambio simbiotico degli scarti energetici che evidenzia le variabili chiave per la corretta applicazione e le ragioni dell'attuale sfruttamento limitato della pratica.

Il primo parametro, consistente nella rilevazione (o in alternativa della stima) dell'input-output energetico, consente di strutturare la base di partenza per l'applicazione della simbiosi ener-

getica. Gli strumenti da utilizzare sono principalmente di due tipi: questionari ed interviste in profondità.

Il secondo parametro consiste nell'analizzare gli oggetti di scambio. Così come per lo scambio di materia, verrà caratterizzato in termini chimici, ambientali, economici e giuridici [13].

Tenendo conto che, quando si parla di recupero o riutilizzo di flussi energetici di output da un processo produttivo ci si riferisce principalmente ad energia termica analizzeremo, a titolo di esempio, la stessa. Il recupero di calore viene effettuato per il trasferimento di energia ad un altro processo che ha una esigenza inferiore, questo perché si deve tener conto della portata termica e dalla "pendenza di raffreddamento" [14].

Bisogna però notare che con nuove tecnologie a disposizione, aumentano costantemente le possibilità di utilizzo di cascami energetici con livelli termici meno elevati. La fonte del flusso termico recuperabile può derivare principalmente da: produzione di acqua calda o vapore acqueo (utilizzato nelle produzioni o per il riscaldamento degli ambienti); operazioni di essiccazione (tipiche delle produzioni alimentari o del settore della ceramica ma anche nel settore tessile/abbigliamento); attività di refrigerazione se vengono utilizzati impianti frigoriferi ad assorbimento; combustione, processi successivi alla combustione per le lavorazioni a caldo ed infine il recupero di energia può derivare da compressori ad aria compressa.

L'analisi più utilizzata per questo tipo di progettazioni è la *pinch analysis* che permette di organizzare l'insieme di flussi e la combinazione ottimale degli stessi tra gli scambi tra un processo e un altro e, di conseguenza anche tra una produzione e un'altra [15]. Inoltre, è possibile introdurre nelle analisi sistemi di variabili di costo al fine di essere in grado di valutare la convenienza economica dell'infrastruttura di scambio.

La localizzazione è importante, nel caso delle aree vaste ancor più, che per lo scambio di materia, proprio perché i recuperi energetici (da calore) presenti in letteratura sono relativi a casi di recuperi all'interno dello stesso impianto produttivo o comunque di applicazione di pratiche di simbiosi industriale molto limitate. Potrebbe accadere che, ad esempio, il calore generato in una posizione centralizzata ad un insieme di utenti (anche domestici e commerciali non soltanto siti produttivi) venga fornito dai cosiddetti DHS o sistemi di riscaldamento a distanza.

Lo strumento di progettazione suggerito dalla letteratura è rappresentato dai modelli matematici di ottimizzazione (come la programmazione lineare o i grafi) poiché possono tener conto delle variabili tecnologiche ed economiche [16]. Meno importanza viene data invece agli strumenti di programmazione non lineare in molti casi più opportuni.

Infine per l'ultimo parametro preso in considerazione, la mappatura economico-ambientale e energetica proposta nella fase precedente del progetto di Simbiosi industriale per l'area vasta di Taranto, per completezza di informazioni e analisi di scenario, restano di migliore validità rispetto a qualsiasi altro strumento.

3. Conclusioni

Nella zona della provincia di Taranto la produzione di rifiuti di energia ammonta a 1064 Ktep rispetto al consumo di energia pari a 3974 ktep [5]. La domanda di energia termica residenziale è inferiore alla produzione di calore di scarto. Rispetto all'energia totale utilizzata nel settore residenziale provinciale (169 ktep/anno per una popolazione della provincia che ammonta a 578.000 abitanti), la perdita di energia di trasformazione, in questo caso generalizzabile, rappresenta una quantità massiccia di energia attualmente sprecata ma recuperabile [2]. Seguendo l'obiettivo dello studio sono state identificate le variabili chiave per la costruzione di un modello teorico generalizzato per gli scambi di energia simbiotici considerando la mappatura energetica, gli scambi reali e potenziali e i parametri e gli indicatori per gli scambi efficienti [7].

Inoltre, sono stati suggeriti gli strumenti di calcolo applicabili operativamente a supporto del modello.

Va evidenziato che quasi tutti i modelli selezionati tengono conto delle variabili di costo ma gli incentivi economici per il recupero energetico diretto, laddove applicabili, altererebbero i risultati ottenuti dai modelli stessi condizionando le convenienze energetiche e ambientali. Per questo un mix di recuperi materia/energia per i modelli di simbiosi industriale è sempre la miglior soluzione ma la componente energetica ricopre sempre un ruolo minore o è assente. Infine, la Commissione Europea si è spinta oltre le previsioni incalzando un innalzamento dei tassi obiettivo per il riciclo (70% entro 2030) e per questo si necessita di una maggiore efficienza nella valorizzazione del rifiuto non soltanto come materia prima seconda [17]. Ruolo strategico assume “*Industria 4.0*” per l’integrazione tra processi e sistemi e per il potenziamento delle innovazioni di processo, in particolare le tecnologie per l’integrazione tra impianti così come tra imprese e infrastrutture, secondo il modello dell’economia circolare [18].

Bibliografia

- [1] **FIR** (2017). Intervento cofinanziato dal Fondo di Sviluppo e Coesione 2007-2013. APQ Ricerca Regione Puglia “Programma regionale a sostegno della specializzazione intelligente e della sostenibilità sociale ed ambientale Future In Research.
- [2] **Notarnicola B., Tassielli G., Renzulli A.P., Arcese G., Di Capua R.**, (2017). Gli Scambi energetici nella Simbiosi industriale. Risultati preliminari di un riesame della letteratura attraverso l’integrazione tra analisi bibliometrica e analisi automatica dei testi. Forthcoming.
- [3] **Ellen MacArthur Foundation**, (2016). www.ellenmacarthurfoundation.org
- [4] **BP Statistical Review**, (2017). http://www.bp.com/content/dam/bp-country/de_de/PDFs/brochures/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf
- [5] **Notarnicola B., Tassielli G., Renzulli A.P., Arcese G., Di Capua R.**, (2016a). Simbiosi industriale in Italia: stato dell’arte e prospettive di sviluppo future in Italia, Annali del Dipartimento Jonico, in: Annali del Dipartimento Jonico. ISBN: 978-88-909569-6-6.
- [6] **Chertow M. R.** (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), p. 313-337.
- [7] **Notarnicola, B., Tassielli, G., & Renzulli, A.P.** (2016b). Industrial symbiosis in the Taranto industrial district: current level, constraints and potential new synergies. *Journal of Cleaner Production*, 122, 133-143.
- [8] **Ehrenfeld J., Gertler, N.** (1997). Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1, p. 67–79.
- [9] **Domenech, T., Davies, M.** (2009). The social aspects of industrial symbiosis: the application of social network analysis to industrial symbiosis networks. *Progress in Industrial Ecology, an International Journal*, 6(1), 68-99.
- [10] **Baccini, Alberto** (2010). *Valutare la ricerca scientifica. Uso e abuso degli indicatori bibliometrici*, Bologna, Il Mulino, ISBN 978-88-15-13760-9
- [11] **Odum, H.T.** (1996) *Environmental Accounting: Energy and Environmental Policy Making*. John Wiley and Sons, New York. p370.
- [12] **Szargut, J., Morris, D. R., & Steward, F. R.** (1987). Exergy analysis of thermal, chemical, and metallurgical processes.
- [13] **Wolf, A., Eklund, M., & Söderström, M.** (2007). Developing integration in a local industrial ecosystem—an explorative approach. *Business Strategy and the Environment*, 16(6), 442-455.
- [14] **Tassi E.** (2014). *Gestire l’energia nelle attività produttive*. B2Corporate
- [15] **Kemp, I. C.** (2011). *Pinch analysis and process integration: a user guide on process integration for the efficient use of energy*. Butterworth-Heinemann.
- [16] **Borin C., Gordini A., Vigo D.** (2015). Mathematical optimization for the strategic design and extension of district heating network, in Mancuso, E., & Luciano, A. *Experiences of Industrial Symbiosis in Italy*. Proceedings of conferences promoted by ENEA at Ecomondo (Rimini) in 2012, 2013 and 2014.
- [17] **COM(2017)**. *Il ruolo della termovalorizzazione nell’economia circolare*.
- [18] **Marini, D.** (2016). «Industry 4.0»: A first critical reflection. *L’industria*, 37(3), 383-386.

Analisi di fattibilità di un sistema di raccolta e recupero di pneumatici e camere d'aria di bicicletta: il caso Esosport Bike

Paolo Pipere - Consulente giuridico ambientale paolo@pipere.it; Nicolas Meletieu – ESO Srl; Giorgio Ghiringhelli, Elisa Amodeo – ARS ambiente Srl

Riassunto

In Italia si stima una produzione di rifiuti da copertoni e camere d'aria di bicicletta pari a 4 milioni di unità pari a circa 1.000 tonnellate/anno. Sul tema del riciclaggio degli pneumatici, è stato emanato un decreto in Italia (D.M. n. 82 dell'11 aprile 2011), che attribuisce ai produttori e agli importatori la responsabilità di raccogliere gli pneumatici usati, denominati con l'acronimo PFU, cioè "Pneumatici Fuori Uso". Dagli obblighi del decreto sono esclusi i produttori e gli importatori di pneumatici da bicicletta.

Il rifiuto costituito da pneumatici per bicicletta o da camere d'aria e flap è classificato, ai sensi dell'art. 184 del D.Lgs. 152/2003, come rifiuto urbano non pericoloso (se generato da privati cittadini) o rifiuto speciale non pericoloso (se decade dall'attività di un'impresa), assimilabile agli urbani con codice CER 160103 pneumatici fuori uso. La normale pratica quotidiana prevede che i privati quando dismettono pneumatici e camere d'aria di bicicletta (ciclisti, amatori, etc.) le destinino alla frazione indifferenziata dei rifiuti (RUR) oppure ai cassoni dei pneumatici presso le isole ecologiche, mentre la maggior parte dei produttori professionali (cicloriparatori, centri commerciali, etc.) avvia a recupero questi rifiuti come rifiuti speciali. L'istituzione di un servizio di raccolta dei rifiuti costituiti da pneumatici e camere d'aria per biciclette può quindi costituire una soluzione adeguata alle esigenze dei produttori di rifiuti, in particolare nei casi in cui il rifiuto non sia stato assimilato agli urbani dal Comune oppure, pur in presenza dell'assimilazione, il regolamento comunale imponga il conferimento alla piattaforma di raccolta, con conseguente necessità di iscrizione dei mezzi aziendali all'Albo nazionale gestori ambientali in categoria 2-bis (trasporto dei propri rifiuti).

Esosport BIKE è un progetto innovativo di raccolta e riciclo dedicato ai pneumatici e alle camere d'arie delle biciclette che costituisce un potente incentivo al raggiungimento della conformità normativa nella gestione di questo genere di rifiuti.

Summary

The Italian production of waste from bicycles' inner tubes and tyres is around 4 Million units equal to 1,000 tons/year. About tyres recycling , an Italian Ministerial Decree (D.M. n° 82, 11/04/2011) gives manufacturers and importers the responsibility of collecting used tires, with the acronym PFU, which means "Out-of-Use Tires". Bicycle tyres manufacturers and importers are excluded from the Decree.

Waste from bicycles' inner tubes, flaps and tires is classified, according to Article 184 of Legislative Decree 125/2003, as non-hazardous municipal waste, if generated by a citizen, or non-hazardous

industrial waste, if generated by a company, similar to municipal waste with EWC 160103 Out-of-use tires. In the daily practice, private citizens (cyclists, amateurs, etc.) dispose these kind of waste together with unsorted waste or in waste collectors for out-of-use tires in municipal recycling centres, while most professional manufacturers (bicycle repairers, retailers, etc.) send them to recycling as special waste.

Setting up a service to collect bicycles' out-of-use inner tubes and tyres can match the waste producers' needs, in particular when that kind of waste has been not classified as similar to municipal waste or when the municipality's rules oblige to throw it to the recycling centre (forcing in this way the company trucks to be enrolled to the National Register of Waste Management Companies in the Category 2-bis "Transport of its own refusals").

Esosport BIKE is an innovative project on collection and recycling of bicycles' inner tubes and tyres representing a powerful incentive for achieving regulatory compliance in the management of this kind of waste.

1. Introduzione

La ruota di bicicletta è composta da una parte metallica (mozzo, cerchione e raggi) e una in gomma formata da camera d'aria e pneumatico o da un tubolare.

La camera d'aria è formata da un tubo circolare continuo molto elastico, che le permette di espandersi al momento dell'immissione del gas in modo da portare in pressione il copertone in cui è inserita, e da una valvola con un apposito sistema di chiusura che ne consente il gonfiaggio. Lo pneumatico, generalmente detto copertone o gomma, è l'elemento che viene montato sulle ruote e che permette l'aderenza del veicolo sulla strada determinando, assieme al peso complessivo del veicolo e alla tipologia di fondo, il suo attrito con il fondo stradale.

Gli pneumatici si dividono in diverse categorie: quelli muniti di camera d'aria (in inglese tube) e quelli che ne sono privi (tubeless). La copertura, costituita di gomma e tele di fibra o di metallo, è costruita in modo da trasmettere e ricevere gli attriti radenti e volventi che si generano con il movimento. Nel caso dei tubeless la copertura funge anche da camera d'aria.

Lo pneumatico è costituito da diverse parti, fondamentalmente: battistrada, pacco cintura o cintura radiale, fianco o spalla, carcassa o tela, diagonale (bias o tele incrociate) e tallone.

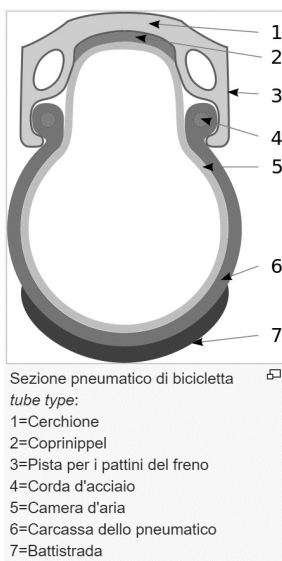


Fig. 1 – Sezione pneumatico di bicicletta (Fonte: Wikipedia)

Per le biciclette esistono diverse convenzioni per la misura degli pneumatici di bicicletta (in pollici, marcatura francese, ETRTO), ultimamente si è cercato di uniformare tali misure con i codici ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organisation- organizzazione tecnica europea per pneumatici e cerchi) [1].

2. Raccolta e recupero degli pneumatici usati

2.1. *Normativa vigente*

Sul tema del riciclaggio degli pneumatici, in Italia è stato emanato un decreto (D.M. n. 82 dell'11 aprile 2011) che attribuisce ai produttori e agli importatori, sulla base del principio di derivazione comunitaria della "responsabilità estesa del produttore", l'obbligo di raccogliere gli pneumatici usati, denominati con l'acronimo PFU, cioè "Pneumatici Fuori Uso". Come in altri paesi europei, i produttori e gli importatori di pneumatici sono tenuti a recuperare una quantità di pneumatici equivalente a quella che hanno immesso sul mercato l'anno precedente. Il finanziamento di questo processo è reso possibile da un sovrapprezzo, il contributo ambientale, che è riportato sulla fattura o sullo scontrino fiscale rilasciato al cliente. L'importo dell'eco-contributo dipende dal tipo di pneumatico e dalla sua dimensione. Si stima che delle circa 400.000 tonnellate di pneumatici fuori uso che vengono annualmente generati in Italia, il 50% venga utilizzato come combustibile, il 25% venga macinato e riutilizzato come materia prima per una serie di applicazioni e il 25% venga disperso in discariche abusive. Dagli obblighi del decreto sono esclusi i produttori e gli importatori di pneumatici da bicicletta.

La normale pratica quotidiana prevede che i soggetti produttori privati di pneumatici e camere d'aria di bicicletta usate (ciclisti, amatori, etc.) le destinino alla frazione indifferenziata dei rifiuti (RUR) oppure gli pneumatici vengono conferiti nel cassone dei pneumatici presso le isole ecologiche, mentre la maggior parte dei produttori professionali (cicloriparatori, centri commerciali, etc.) avvia a recupero questi rifiuti come rifiuti speciali.

2.2. *Il mercato delle biciclette e la stima delle quantità degli pneumatici*

Il fatturato complessivo del settore industriale delle biciclette italiane è pari a 1,2 miliardi di Euro (2016), con un incremento del 12% rispetto al 2015. Il mercato è composto da 3.043 imprese produzione, riparazione e noleggio con 7.815 addetti. Più di 2 imprese su 3 (69,1%) sono artigiane: 2.103 imprese artigiane, con 3.936 addetti (50,4% degli addetti) [2].

Il parco circolante di biciclette in Italia è stimato in 4 milioni di unità [3].

Non esistono dati ufficiali circa la generazione annuale di pneumatici da bicicletta usati.

La sostituzione dei pneumatici di bicicletta avviene secondo le seguenti possibili tempistiche:

- a) uno pneumatico viene sostituito sostanzialmente per usura ogni 4.000-6.000 km dal ciclista amatoriale/cicloturista a seconda della tipologia di pneumatico utilizzato;
- b) uno pneumatico può essere sostituito dopo un certo periodo di tempo, se non viene usato;
- c) meno raramente viene sostituito per danni in strada (es. bucatore).

Considerando l'ipotesi prudenziale di una sostituzione media di un treno di gomme e camere d'aria una volta ogni due anni ciò equivarrebbe ad una produzione annua complessiva pari a 2 milioni di pezzi di copertoni (peso medio 400g/cad.) e 2 milioni di camere d'aria (peso medio 125g/cad.), pari a circa 1.050 tonnellate/anno.

2.3. *Classificazione degli pneumatici di bicicletta come rifiuto*

Il rifiuto costituito da pneumatici per bicicletta o da camere d'aria e flap è classificato, ai sensi dell'art. 184 del D.Lgs. 152/2003, come:

- a) Rifiuto urbano non pericoloso, qualora sia stato dismesso da un nucleo domestico, da privati cittadini;

b) Rifiuto speciale non pericoloso, qualora sia stato dismesso da un'impresa o da un ente. Ai rifiuti costituiti da pneumatici fuori uso per biciclette e dalle relative camere d'aria non assimilati agli urbani e avviati al recupero o allo smaltimento da imprese ed enti deve essere attribuito il codice CER 16 01 03 - pneumatici fuori uso.

Lo Stato, tramite la delibera del Comitato interministeriale sui rifiuti del 27 luglio 1984, ha operato l'individuazione delle tipologie di rifiuti speciali non pericolose ritenute assimilabili agli urbani. Nell'elenco dei rifiuti speciali non pericolosi assimilabili agli urbani, contenuto nella citata delibera, figurano, tra gli altri, i rifiuti costituiti da: "gomma e caucciù (polvere e ritagli) e manufatti composti prevalentemente da tali materiali, come camere d'aria e copertoni".

Alla luce di tale indicazione i rifiuti costituiti da "copertoni" (pneumatici) di bicicletta, in quanto diversi da quelli disciplinati dall'articolo 228 del D.Lgs. 152/2006 e specificatamente esclusi dall'ambito di applicazione di tale norma dal regolamento d'attuazione (D.M. 11 aprile 2011, n. 82), sono da classificare come rifiuti speciali assimilabili agli urbani. In proposito è indispensabile precisare che nel mese di febbraio 2017 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ha avviato un processo di consultazione delle parti interessate che condurrà a predisporre uno schema di decreto ministeriale volto a ridefinire i criteri qualitativi e quantitativi per l'assimilazione dei rifiuti speciali agli urbani ai sensi dell'art. 195, comma 2, lettera e) del D.Lgs. 152/2006.

2.4. Obblighi di corretta gestione

I rifiuti speciali non pericolosi per origine perché generati da attività economiche, ancorché assimilabili agli urbani, se non sono stati assimilati ai rifiuti urbani dal singolo Comune, o se per quella tipologia è stato previsto uno specifico divieto di conferimento al servizio pubblico di raccolta, rimangono tali e pertanto devono essere avviati al recupero o allo smaltimento a cura e onere del produttore.

In particolare l'articolo 188, comma 1, del D.Lgs. 152/2006 dispone che:

«Gli oneri relativi alle attività di smaltimento sono a carico del detentore che consegna i rifiuti ad un raccoglitore autorizzato o ad un soggetto che effettua le operazioni di smaltimento, nonché dei precedenti detentori o del produttore dei rifiuti.»

Ne consegue che, fatti salvi in cui avviene l'assimilazione e i casi in cui il Comune offre all'operatore economico la possibilità di stipulare una convenzione per il ritiro dei rifiuti speciali assimilabili ma non assimilati, il produttore dei rifiuti speciali costituiti da pneumatici per biciclette è tenuto, sostenendone i relativi oneri economici, a:

- a) conferirli a soggetti iscritti all'Albo nazionale gestori ambientali nelle categorie 4 o 5 (in quest'ultimo caso a condizione che il trasportatore abbia ottenuto la possibilità di trasportare anche rifiuti speciali non pericolosi) e dotati di mezzi abilitati a trasportare i rifiuti ai quali è stato attribuito il pertinente codice CER al fine di avviarli a recupero o smaltimento negli impianti di trattamento autorizzati;
- b) trasportarli con propri mezzi aziendali debitamente iscritti alla categoria 2-bis dell'Albo nazionale gestori ambientali per lo specifico codice CER relativo agli pneumatici fuori uso ad impianti autorizzati a trattare quella specifica tipologia di rifiuti.

2.5. Possibili destini degli pneumatici di bicicletta

Quando uno pneumatico non ha più le caratteristiche indispensabili per garantire una prestazione sicura ed efficiente, neanche attraverso la ricostruzione, diventa "fuori uso" – ovvero un rifiuto – e viene raccolto e recuperato, secondo le indicazioni del D.Lgs. 152/2006. Il PFU, grazie alle caratteristiche chimico-fisiche del materiale, si presta per l'utilizzo in numerose applicazioni, sotto forma di granulo di varie dimensioni. Lo pneumatico fuori uso, inoltre, è caratterizzato da un potere calorifico pari a quello del carbone e ciò lo rende una fonte

energetica largamente usata in tutto il mondo per soddisfare la domanda di settori industriali altamente “energivori”, come cementifici o centrali di produzione di energie/vapore, che lo utilizzano sotto vari formati (intero, ciabatta, cippato).

Il processo di recupero si compone di diverse fasi: stoccaggio, stallonatura, prima frantumazione, seconda frantumazione e recupero del materiale tritato.

Il materiale finale può essere avviato a un duplice percorso di recupero:

- a) recupero di materiale;
- b) recupero di energia [4].

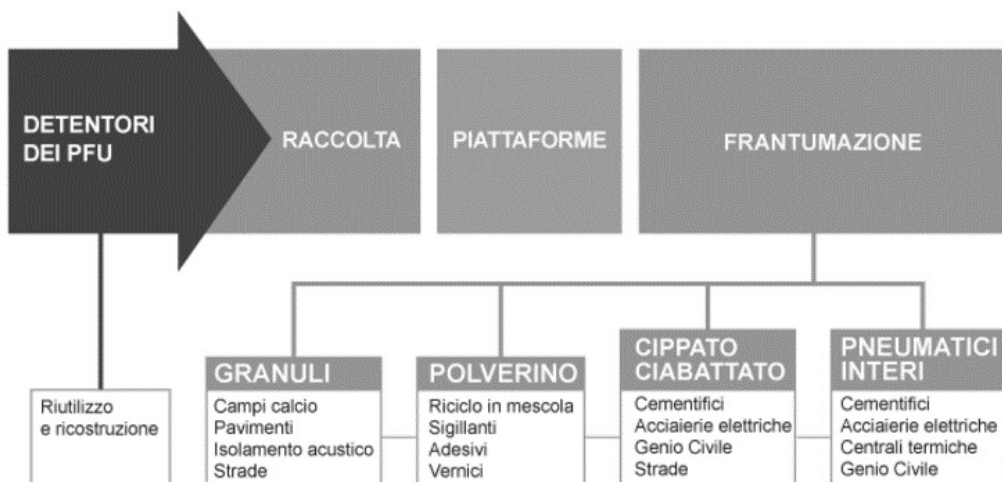


Fig. 2 – Schema recupero pneumatici usati (Fonte: Ecopneus)

3. Il progetto ESObike

Il progetto ESOSport BIKE è un’iniziativa nata all’interno del più ampio programma ESOSport: nasce per la raccolta e il riciclo di pneumatici e camere d’aria di biciclette che, opportunamente riciclate, potranno essere riutilizzate per creare materia prima seconda per realizzare pavimentazioni antitrauma per parchi giochi e piste d’atletica nell’ambito dei progetti senza scopo di lucro “Il giardino di Betty” e “La pista di Pietro”.

L’iniziativa è rivolta ai riparatori e rivenditori di biciclette che vogliono provvedere alla corretta gestione di questi rifiuti, contribuendo a ridurre l’invio a smaltimento.

L’adesione all’iniziativa prevede il montaggio nel punto vendita dello Starter kit ESOSport BIKE dove potranno essere raccolte le camere d’aria ed i copertoni esausti sostituiti dal negoziante.

Lo Starter kit è composto da:

- a) ESObike BIKE per la raccolta delle camere d’aria;
- b) Una piantana con palo colorato in ferro e crown esplicitivo nella parte superiore per la raccolta dei copertoni;
- c) Materiale promozionale.

Il servizio ESOSport BIKE trasportare garantisce la raccolta e il trasporto delle camere d’aria e degli pneumatici di biciclette dal negozio o dal laboratorio di riparazione al centro di stoccaggio, per il successivo recupero della materia.

La raccolta ha come fine ultimo, grazie ad un accurato procedimento di triturazione della gomma delle camere d’aria e dei copertoni di bicicletta, la generazione di materia prima seconda, che, attraverso l’Associazione GOGREEN Onlus, viene donata gratuitamente alle

amministrazioni pubbliche per la costruzione dei Giardini di Betty, dedicati ad Elisabetta Salvioni Meletiou, e della Pista di Pietro, progetto dedicato a Pietro Mennea.



Fig. 3 – Inaugurazione nel Comune di Savigliano del primo punto ESO BIKE

4. Conclusioni

L'istituzione di un servizio di raccolta dei rifiuti costituiti da pneumatici e camere d'aria per biciclette può costituire una soluzione adeguata alle esigenze dei produttori di rifiuti, in particolare nei casi in cui:

- a) il rifiuto non sia stato assimilato agli urbani dal Comune;
- b) pur in presenza dell'assimilazione, il regolamento comunale imponga il conferimento alla piattaforma di raccolta, con conseguente necessità di iscrizione dei mezzi aziendali all'Albo nazionale gestori ambientali in categoria 2-bis (trasporto dei propri rifiuti).

Ciò significa che un servizio di raccolta differenziata e avvio a recupero degli pneumatici e delle camere d'aria può costituire un potente incentivo al raggiungimento della conformità normativa nella gestione di questo genere di rifiuti.

Bibliografia

- [1] <https://it.wikipedia.org/wiki/Bicicletta>;
- [2] Rapporto ARTIBICI 2016, Confartigianato;
- [3] Rapporto Fiab 2013;
- [4] <http://www.ecopneus.it/it/il-pneumatico-fuori-uso-pfu/Cos-e-e-come-si-recupera.html>.

Evaluation of the environmental benefits deriving from the use of waste CO₂ for microalgae production in a life cycle perspective

*Roberto Porcelli*¹ roberto.porcelli2@unibo.it, *Federica Dotto*¹, *Andrea Contin*¹, *Sara Boero*²,
*Matilde Mazzotti*², *Serena Rigbi*¹

¹Università di Bologna, Via S. Alberto, 163, Ravenna

²Micoperi Blue Growth Srl, Via Trieste 279, Ravenna

Riassunto

*Nel presente studio viene eseguito il Life Cycle Assessment (LCA) della coltivazione a scala pilota di *Phaeodactylum tricornutum*, per la produzione di composti bioattivi con alti standard di qualità. In particolare, la coltura microalgale è alimentata con un flusso di CO₂, considerando sia l'uso di CO₂ sintetica che di CO₂ di scarto da un processo di upgrading del biogas, in modo da valutare l'influenza dell'utilizzo di CO₂ sulla prestazione ambientale del sistema. L'analisi segue gli standard della serie ISO14040 e vengono selezionate le categorie di impatto consigliate nell'ILCD Handbook. I risultati preliminari mostrano come l'uso di CO₂ di scarto rispetto alla CO₂ sintetica permetta un miglioramento significativo del profilo ambientale del processo, in quanto ciò non va ad incidere significativamente sulla produzione di composti di interesse commerciale da parte dell'alga, consentendo invece di evitare gli impatti legati al processo di produzione di CO₂ sintetica.*

Summary

*In the present study the Life Cycle Assessment (LCA) of the cultivation at pilot scale of *Phaeodactylum tricornutum* for the production of high quality standards bioactive compounds is performed. In particular, microalgae culture is fed with a stream of CO₂ considering both the use of synthetic CO₂ and waste CO₂ from a biogas upgrading process, in order to assess the influence of the CO₂ addition on the system environmental performance. The analysis follows the ISO14040 standards and the impact categories recommended in the ILCD Handbook are selected. Preliminary results show that the use of waste CO₂ compared to synthetic CO₂ allows a significant improvement in the environmental profile of the process, as it does not substantially affect the production of compounds of commercial interest by the alga, allowing instead to avoid the impacts that are linked to the synthetic CO₂ production process.*

1. Introduction

Microalgae are photosynthetic microorganisms which can be used as a feedstock for a variety of biofuels and other value-added chemicals [1]. Their production presents many advantages compared to conventional biomass production, such as a higher growth rate, the possibility to be grown on non-productive land and to use waste streams for the supply of nutrients and CO₂ [2].

In recent years, a number of studies have been focused on the cultivation of microalgae for energy purposes, highlighting some problems about the economic feasibility, which still hinder their exploitation at a commercial scale. A viable solution could be to orient the cultivation of microalgae to the production of high value compounds, which could justify the use of expensive cultivation systems [3].

Microalgae can synthesize a great diversity of primary and secondary metabolites, many of which are valuable substances with wide applications in medicine, food and cosmetics industries. Compounds of particular commercial interest include pigments, lipids and fatty acids, proteins, polysaccharides and phenolics [4]. High quality standards are required for this type of products; for this reason, closed photobioreactors have to be preferred to open ponds, which present a higher risk of contamination, lower production rates and reduced degree of control on growth parameters, although being less expensive [5]. In this case, energy and nutrients requirement tends to be a problem not only for the economic but also for the environmental performance of the production system. Efforts to improve these performances can be made, for example, using flue gases rich in CO₂ from other industrial processes rather than pure commercial CO₂ [6]. However, experimental tests are needed to demonstrate that productivity and product quality are not affected by this change. At the same time, evaluations are required to ensure that environmental improvements are also achieved.

Thus, in the present study, the environmental profile of a microalgal production system is assessed, supported by experimental data on the production process, considering both the use of synthetic CO₂ and waste CO₂ from a biogas upgrading process. The microalga chosen is the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*, one of the most promising, due to its comparatively high growth rate and high content in bioactive compounds [7]. This research is part of the GoBioM project [8], funded by the Emilia-Romagna Region within the European Regional Development Fund 2014-2020 programme, and aimed at the technological optimisation of the biomethane supply chain. Among the project targets, there is the valorisation of CO₂ separated from CH₄ cultivating algae on an industrial scale, according to the need to include biomethane plants within biorefinery and circular economy concepts. Micoperi Blue Growth (MBG) is involved in this project, together with the University of Bologna, carrying out the experimental tests on microalgae cultures fed with synthetic and waste CO₂.

2. Report

The system under investigation concerns the production process of *P. tricornutum*. Two different scenarios were considered: in the first one the biomass was fed with a stream of synthetic commercial CO₂, while in the second one waste CO₂ from a biogas upgrading process was used for the same purpose. Consequently, the environmental profiles of the two investigated systems were compared.

2.1 Materials and methods

2.1.1 Environmental assessment

The environmental evaluation of the production system was performed through Life Cycle Assessment (LCA) methodology, which consists in evaluating the potential environmental impacts of any product or service over its entire life cycle, from raw material acquisition through production, transportation, use and ultimately the products' end-of-life. LCA has four main steps: (1) goal and scope definition, (2) life cycle inventory analysis (LCI), (3) life cycle impact assessment (LCIA) and (4) interpretation. Process LCAs are defined by the ISO 14040 series [9]. The software GaBi 8.0 was used for the computational implementation of the inventories. For the LCIA, the midpoint impact categories recommended in the ILCD Handbook (ILCD/PEF recommendations v1.09) [10] were considered.

2.1.2 Goal and scope definition

The main goal of this attributional LCA study was to perform the comparative analysis of the environmental impacts associated with the production of *P. tricornutum* between the process using synthetic CO₂ and the process using waste CO₂ from the upgrading process of biogas to biomethane. The production process was assessed at pilot scale, in a hypothetical scenario. This study presents a cradle-to-gate LCA of microalgae production, where the use and end-of-life phases were omitted. Manufacturing, facilities maintenance, use of infrastructures and transportation phases were not taken into account. The extraction process was not included in the analysis, too, since it can be very variable depending on the final use of biomass and it is considered not relevant to the objective of the study. Accordingly, the final product of the system under investigation is the algal biomass (95% dried weight); an amount equal to 1 kg_{DW} of algal biomass was chosen as functional unit.

The study was based both on laboratory data, with regard to algae growth rates, and primary data from a production plant, with regard to the equipment and its consumption. The databases used for obtaining background data are Gabi Professional Database and Ecoinvent v.2 Database.

2.1.3 Production system overview

The production system is presented in Fig. 1, showing the process units and system boundaries.

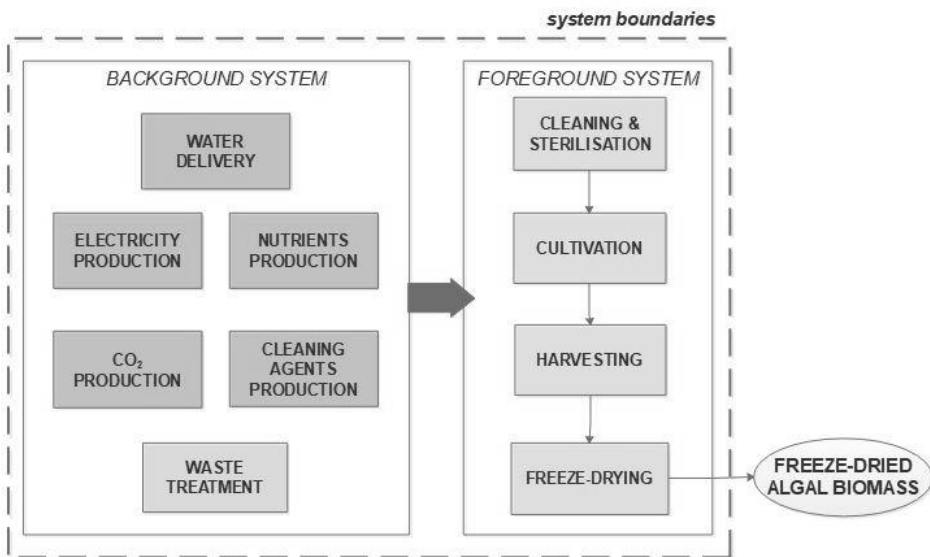


Fig. 1 - Process chain and system boundaries overview.

The analysed process chain includes the stages of cleaning and sterilisation, cultivation, harvesting and freeze-drying. Cultivation step takes place in an indoor vertical bubble column photobioreactor (PBR) with a working volume of 120 L. Initially, the PBR was cleaned to remove saline concretions deriving from previous usage, with a solution of hydrochloric acid; thereafter it was sterilised with a solution of sodium hypochlorite and washed twice with tap water and deionized water. The reactor was then inoculated with 0.3 g_{DW} L⁻¹ of biomass, and filled with F/2 culture medium, in a semi-continuous culture. In order to support microalgal growth, a CO₂ flow was supplied 24 minutes per day (3 L min⁻¹). While pure CO₂ was used

in the first scenario, in the case of waste CO₂ scenario the flow had an average CO₂ content of 90%, consisting for the remainder of methane (CH₄), and residual O₂ (< 1%) and H₂S (< 600 ppm). Temperature in the reactor was maintained at 22°C. The reactor presented a cyclostat regime with 16 h light and 8 h dark periods and light intensity of 150 μmol photon m⁻² s⁻¹. The culture was harvested during exponential stage, with biomass concentration of 1 g_{DW} L⁻¹, recovering on average 70% of total biomass in the PBR. Wet algal biomass was collected by centrifugation, subsequently it was stored at -20°C and finally lyophilised. The water content of algal biomass after centrifugation was assumed to be of about 85%_w, while the final water content of the dried biomass was assumed to be less than 5%_w.

2.1.4 Inventory analysis

Information concerning algae growth rates refers to experimental data on laboratory scale (triplicate 1 L flasks), conducted with the same environmental conditions (temperature, light) and using the same specific inputs of CO₂ and nutrients of the hypothetical pilot scale system. The output of CO₂ in the cultivation process was calculated by difference from the input, assuming that the alga is able to fix an amount in weight of CO₂ equal to 1.8 times its growth [11].

Other inventory data for the foreground system, comprising electricity consumption, chemicals (washing agents) and water consumption, were based on primary data from a semi-industrial plant producing microalgae set in Italy.

Concerning the background system, inventory data for the production of nutrients and washing agents were taken from the Ecoinvent Database, while inventory data for the production and delivery of water, electricity production, synthetic CO₂ production and waste treatment were taken from the Gabi Professional Database.

2.2 Results and discussion

Tab. 1 and Fig. 2 (comparative profile) show the results of Life Cycle Impact Assessment for both scenarios. The results indicate that impacts for the “Waste CO₂” scenario are generally 10% lower than the “Synthetic CO₂” one, thanks to the absence of synthetic CO₂ production and to a slightly higher productivity in the cultivation process. In particular, it can be noted that for the GWP impact category the use of waste CO₂ allows a wider improvement, as CO₂ direct emissions from the cultivation process come from in this case by an input of biogenic CO₂.

Impact category	Unit	Acronym	Syntethic CO ₂	Waste CO ₂
Acidification	Mole of H+ eq	AP	1.1E+00	1.0E+00
Climate change, excl biogenic carbon	kg CO ₂ eq	GWP(ebC)	3.8E+02	3.2E+02
Climate change, incl biogenic carbon	kg CO ₂ eq	GWP(ibC)	3.9E+02	3.2E+02
Ecotoxicity freshwater	CTUe	EF	3.0E+01	2.8E+01
Eutrophication freshwater	kg P eq	EPf	3.7E-03	3.4E-03
Eutrophication marine	kg N eq	EPm	2.3E-01	2.1E-01
Eutrophication terrestrial	Mole of N eq	EPt	2.3E+00	2.1E+00
Human toxicity, cancer effects	CTUh	HTc	5.7E-07	5.2E-07
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	HTnc	2.7E-06	2.5E-06
Ionizing radiation, human health	kBq U ²³⁵ eq	IR	1.5E+02	1.4E+02
Land use	kg C deficit eq	LU	2.1E+02	2.0E+02

Segue

Impact category	Unit	Acronym	Syntetic CO ₂	Waste CO ₂
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	OD	1.7E-07	1.6E-07
Particulate matter/Respiratory inorganics	kg PM2.5 eq	PM	5.2E-02	4.8E-02
Photochemical ozone formation , human health	kg NMVOC	PO	5.9E-01	5.4E-01
Resource depletion water, midpoint	m ³ eq	RDw	2.3E+01	2.1E+01
Resource depl., mineral, fossils and renewables	kg Sb eq	RDm	1.3E-03	1.2E-03

Tab. 1 - Life Cycle Impact Assessment results for both scenarios.

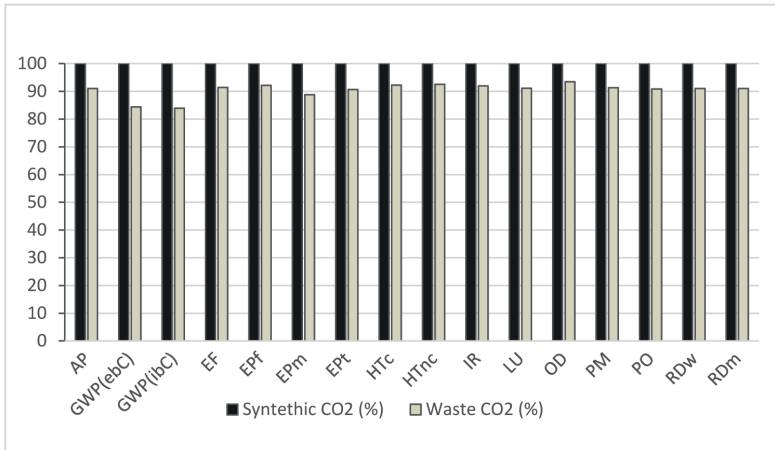


Fig. 2 - Comparative environmental profile of both scenarios.

Detailed results for each scenario are presented in Fig. 3 and Fig. 4, showing the relative contribution of each LCA stage to each impact category score.

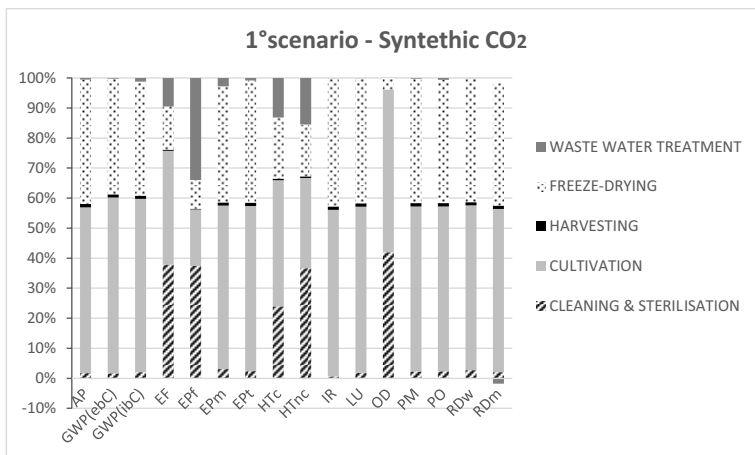


Fig. 3 - Relative contribution of each stage of the first scenario ("Syntetic CO₂").

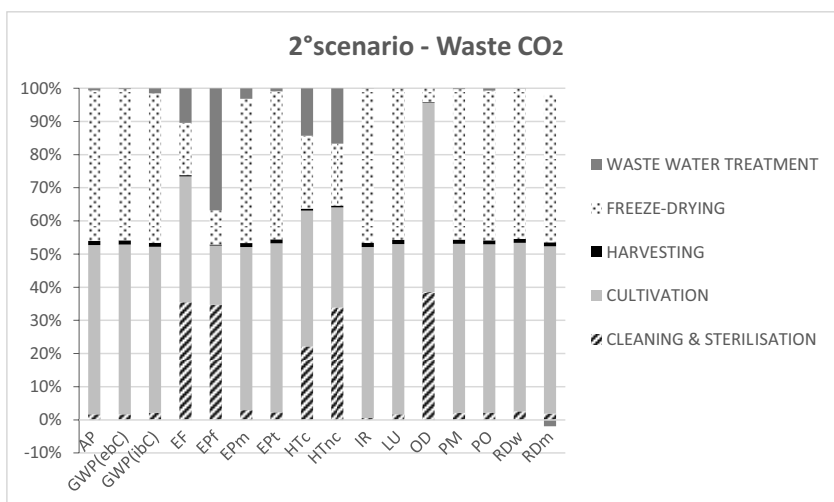


Fig. 4 - Relative contributions of each stage of the second scenario ("Waste CO₂").

In general, it can be noted that for most of the impact categories the main contribution derives from cultivation and freeze-drying stages, being the most energy-consuming ones. At the same time, harvesting step present in all cases a negligible impact, since it only requires a relatively small amount of electricity for centrifuge operation. Exceptions can be observed for the ozone depletion (OD) impact category, in which an important contribution (about 38%) of the sterilisation process emerges, due to cleaning agent production processes, as well as for the human toxicity (HTc and HTnc) and ecotoxicity (EF) impact categories, where a significant contribution (ranging from 11 to 17%) of waste water treatment process is also evident. Conversely, main contribution to freshwater eutrophication (EPf) is produced by sterilisation and waste water treatment (>30% each), due to discharging of nutrient-rich water in freshwater bodies.

3. Conclusions

Production of *P. tricornutum* using waste CO₂ from biogas upgrading process, with a degree of purity higher than 90%, in place of pure commercial CO₂, apparently allows the achievement of measurable environmental benefits in all the analysed impact categories and in particular in terms of GHG emissions reduction. However, it should be noted that the comparative results are mainly influenced by data about algal growth, which derive in this study from experimental analysis conducted at lab-scale. Therefore, further experimental investigation is needed in order to confirm that productivity is not affected by the use of waste CO₂ even at a larger scale.

Acknowledgements

The GoBioM project is co-funded by the Emilia Romagna Region through the POR FESR 2014-2020 funds (European Regional Development Fund). The authors wish to thank for their valuable suggestions: prof. Rosella Pistocchi and dr. Laura Pezzolesi of "CIRI Energia e Ambiente" of University of Bologna, dr. Tonia Principe and dr. Adriano Pinna of Micoperi Blue Growth.

Bibliography

- [1] **Chen F., Jiang Y. (eds.)**, *Algae and their Biotechnological Potential*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, London, pp. 316, 2001.
- [2] **Pienkos P.T., Darzins A.**, “The promise and challenges of microalgal-derived biofuels” *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, no. 3, pp. 431-440, 2009.
- [3] **Thomassen G., Van Dael M., Lemmens B., Van Passel S.**, “A review of the sustainability of algal-based biorefineries: Towards an integrated assessment framework” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 68, pp. 876-887, 2017.
- [4] **Stengel D.B., Connan S., Popper Z.A.**, “Algal chemodiversity and bioactivity: Sources of natural variability and implications for commercial application” *Biotechnology Advances*, no. 29, pp. 483-501, 2011.
- [5] **Borowitzka M.A.**, “Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters” *Journal of Biotechnology*, no. 70, pp. 313-321, 1999.
- [6] **Doucha J., Straka F., Livansky K.**, “Utilization of flue gas for cultivation of microalgae (*Chlorella* sp.) in an outdoor open thin-layer photobioreactor” *Journal of Applied Phycology*, no. 17, pp. 403-412, 2005.
- [7] **Reboloso-Fuentes M.M., Navarro-Perez A., Ramos-Miras J.J., Guil-Guerrero J.L.**, “Biomass nutrient profiles of the microalga *Phaeodactylum tricornutum*” *Journal of Food Biochemistry*, no. 25, pp. 57-76, 2001.
- [8] Progetto GoBioM. [Online]. <http://gobiom.crpa.it/>
- [9] **ISO**, ISO 14044: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines, 2016.
- [10] **Hauschild M. et al.**, “Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context - based on existing environmental impact assessment models and factors (International Reference Life Cycle Data System - ILCD handbook)” Publications Office of the European Union, 2011.
- [11] **Salafudin et al.**, “Biological Purification System: Integrated Biogas from Small Anaerobic Digestion and Natural Microalgae” *Procedia Chemistry*, no. 14, pp. 387-393, 2015.

Metodo innovativo per la selezione del polielettrolita cationico per la disidratazione dei fanghi negli impianti depurazione acque reflue

Claudio Puliti claudio.puliti@aceaspa.it, Marco Salis, Luigi Perrone
Acea Ato2 SpA- Roma

Riassunto

Il processo di depurazione delle acque reflue civili con sistema biologico a "fanghi attivi", produce una considerevole mole di rifiuti ad elevato contenuto organico in forma di fango al 2-5% di secco. Il trattamento di questo materiale secondo i principi dell'economia circolare, cioè all'insegna del massimo contenimento degli scarti e garantendone comunque un elevato tasso di recupero in termini di materia e/o energia, presenta un costo che incide notevolmente sui costi operativi di un impianto di depurazione, rappresentando quindi un ambito di estremo interesse per la sostenibilità dell'intero processo. Un obiettivo particolarmente importante è la riduzione dei volumi di fango da trattare, che viene perseguito attraverso l'uso di un additivo a base di polielettrolita cationico in grado di migliorare la disidratabilità del fango riducendo tutti gli impatti sociali, economici ed ambientali associati con il processo di smaltimento/recupero.

Nel presente lavoro viene illustrato un metodo innovativo per selezionare il più efficace polielettrolita cationico, basato sulla titolazione del potenziale zeta del fango.

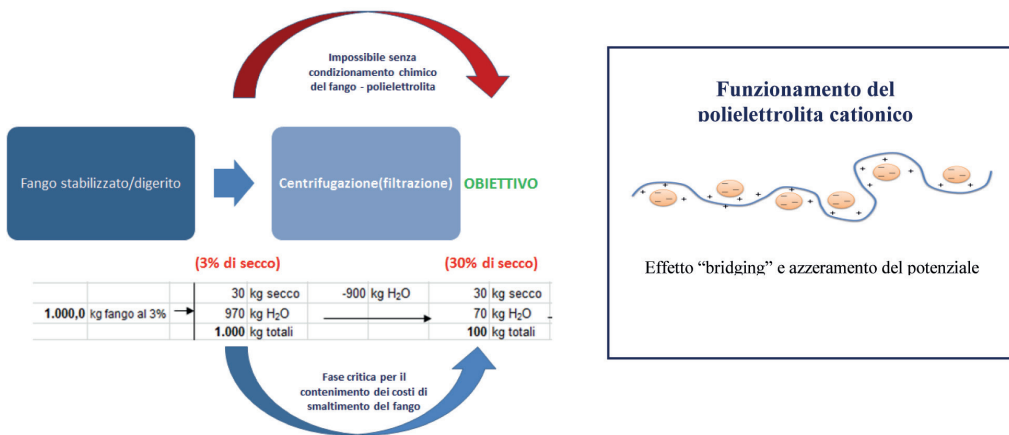
Summary

Waste water treatment plants using activated sludge technology, produce huge amount of solid waste in form of liquid sludge at 2-5% of dry substances at high content of organic matter. The handling of this material according circular economy principles, i.e. aiming to contain production and assuring high rate of matter/energy recovery, has an important impact on the operative costs needed for the plant functioning, representing an important field of application for the process sustainability. A very important target to be reached is the volume reduction of sludge by means their dehydration using a conditioning additive based on cationic polyacrylamides, reducing in this way all the social, environmental, economic impacts associated with the dispose/recovery process. In this paper a new method for the additive selection, based on zeta potential measures of sludge, is shown.

1. Introduzione

Uno dei principali problemi logistici da risolvere per contenere la produzione di rifiuti in un impianto di depurazione di acque reflue civili, è rappresentato dalla eliminazione della massima quantità di acqua possibile dal fango finale di risulta. Se un fango virtualmente privo di acqua - cioè perfettamente secco - pesa una tonnellata, con un livello di umidità dell'80% - cioè con il 20% di secco - pesa 5 tonnellate determinando un impegno gestionale, e quindi

anche economico, cinque volte superiore. Un target di secco nel fango finale almeno pari al 30% rappresenta un obiettivo gestionale prioritario, anche se purtroppo non facilmente raggiungibile a causa di vincoli chimico-fisici ardui da superare. Per impianti di depurazione di grande taglia, cioè con una capacità di trattamento autorizzata maggiore di 100.000 abitanti equivalenti, l'eliminazione del 90% di acqua dal fango al 3% per raggiungere l'auspicato 30%, avviene con apparecchiature dedicate (filtropresse, nastropresse o centrifughe) e l'aiuto del polielettrolita cationico, uno specifico additivo che svolge la duplice azione: aggregare le particelle sospese (effetto bridging) e ridurre - fino all'azzeramento - il loro Potenziale Zeta, permettendo la coagulazione e quindi l'espulsione dell'acqua.



2. Relazione

Il potenziale zeta è il parametro che caratterizza l'equilibrio elettrochimico all'interfase solido-acqua, giocando un ruolo molto importante nella stabilità degli aggregati in sospensione. La repulsione elettrostatica tra le particelle sospese rappresenta infatti una sorta di barriera elettrica che impedisce la loro attrazione e la successiva fusione (coagulazione) con separazione dell'acqua. La ragione dell'insorgenza del potenziale zeta è nel fatto che le particelle colloidali costituenti il fango tendono naturalmente a circondarsi di un doppio strato elettrico dovuto all'affinità non-elettrica delle loro superfici nei confronti degli ioni disciolti in fase liquida. Questo processo di attrazione superficie-ione genera una "carica elettrica superficiale" che determina a sua volta un campo elettrostatico in grado di influenzare gli ioni nel corpo della soluzione, attirandoli fino a formare un involucro di carica opposta attorno alla particella. La carica elettrica netta presente nell'involucro schermante è uguale in grandezza alla carica presente sulla superficie delle particelle, ma ovviamente di segno opposto. Come risultato la struttura complessiva particella/involucro è elettricamente neutra, ma al suo interno si determinano squilibri di carica elettrica il cui effetto è misurato anche dall'insorgenza del potenziale zeta.

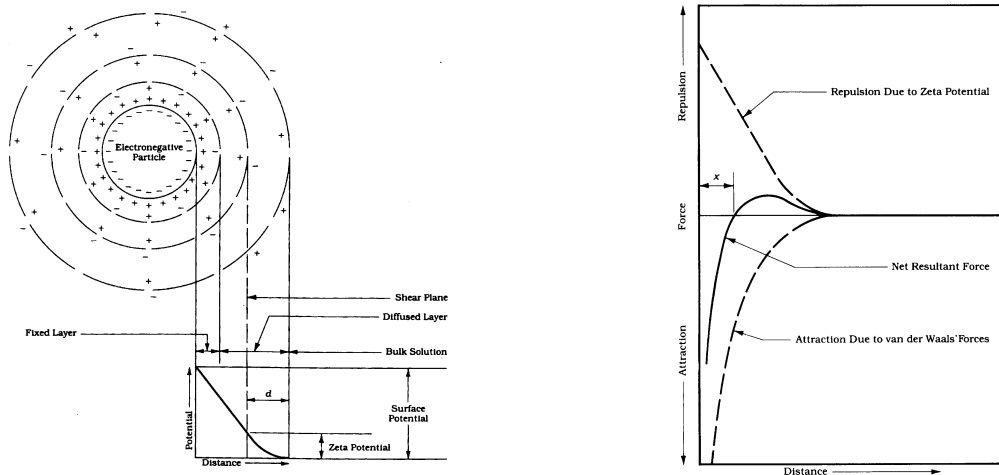


Fig. 1 – *Rappresentazione grafica dei fenomeni alla base dell'insorgenza del potenziale zeta*

Il polielettrolita cationico è in grado di neutralizzare questo schermo elettrico, facilitando quindi la coagulazione e la disidratabilità del fango. Il mercato offre diversi prodotti adatti allo scopo ed è ovviamente opportuno valutarli per individuare quello più adatto alla specificità dell'impianto di destinazione. In ACEA ATO2, fino al 2016 la valutazione avveniva attraverso prove sperimentali eseguite in scala reale, affidando a turno un impianto di depurazione ai diversi fornitori per il tempo necessario, in genere mezza giornata, per consentire loro di rilevare il dosaggio ottimale del proprio prodotto.

Dopo diversi giorni di prove risultava vincitore, e veniva quindi selezionato, il prodotto che presentava il minore consumo specifico e che consentiva di ottenere il più alto tenore di secco nel fango centrifugato. Se dal punto di vista tecnico-scientifico il metodo era ineccepibile, l'estrema variabilità delle condizioni sperimentali e la impossibilità pratica di mantenere costanti tutte le condizioni operative di impianto, rendeva spesso aleatori i risultati delle gare, con frequenti contestazioni da parte dei fornitori partecipanti e pericolosi ritardi nella chiusura del processo di selezione.

Da gennaio 2017, a valle di un lungo percorso di studio e ricerca, il processo di selezione è stato radicalmente innovato con una modalità di valutazione che punta al nocciolo della questione e cioè alla comparazione della capacità dei diversi polielettroliti di azzerare il Potenziale Zeta di un fango campione. In questo modo le complesse e poco affidabili prove sperimentali sono state sostituite con veloci e ripetibili misure di laboratorio in grado di rilevare l'efficienza relativa dei diversi prodotti.

Il nuovo metodo consiste nell'utilizzare i diversi polielettroliti come agenti titolanti del Potenziale Zeta di un fango campione. I prodotti diluiti in acqua ad una concentrazione " C_{poli} " di circa 2 g/l, sono aggiunti ad una aliquota di 15 gr di fango a Potenziale Zeta iniziale di circa -10 mV. Misurando il potenziale zeta dopo ogni aggiunta di circa 100 μ l, con lo strumento Malver Zetasizer Nano ZSP, non si osservano variazioni significative fino al punto di equivalenza (punto isoelettrico), in corrispondenza del quale si verifica un brusco aumento.

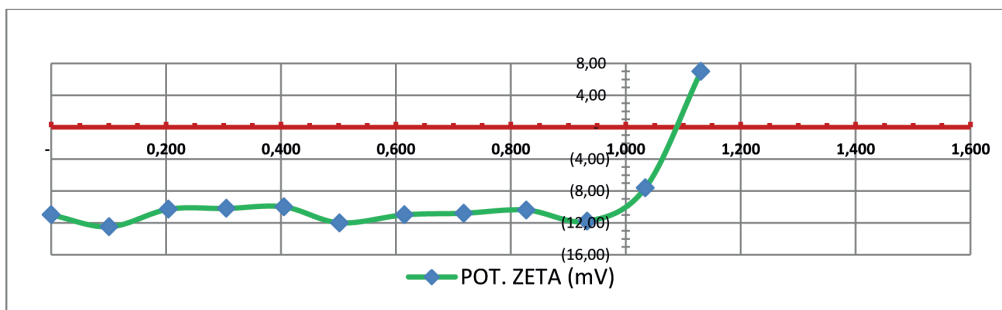


Fig. 2 – Esempio curva di titolazione tipica

Il punto di intersezione della curva con l’asse delle ascisse fornisce il volume in ml “ $V_{poli\ i}$ ” del polielettrolita “i” alla concentrazione “ $C_{poli\ i}$ ” necessario per azzerare il Potenziale Zeta del fango campione. Il migliore dei prodotti in gara è quello che raggiunge il risultato con la minore quantità: $(V_{poli\ i} \times C_{poli\ i})/15 = \text{mg poli/l fango}$.

Di seguito i risultati ottenuti in una gara reale svolta a gennaio 2017 su quattro diversi polielettroliti cationici (A1, A2, A3, A4) in emulsione di olio minerale.

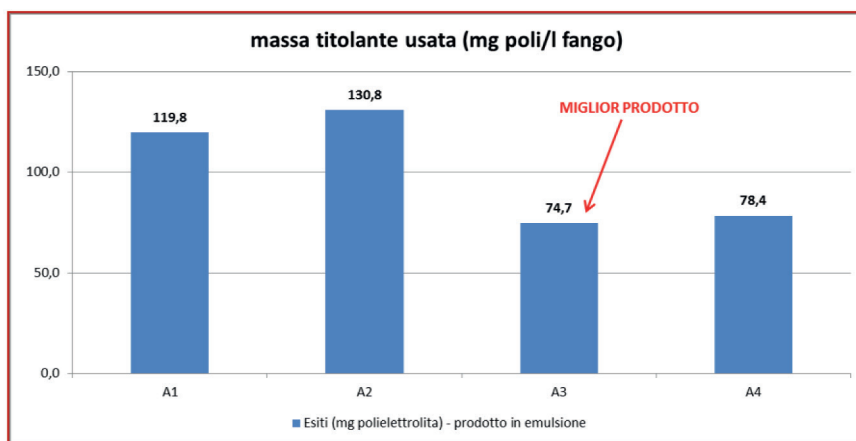


Fig. 3 - Rating ottenuto con il nuovo metodo

Il metodo presenta una buona riproducibilità (Dev. Stand. su media 5 determinazioni: $\pm 7\%$) e fornisce un risultato (rating) che non dipende dalla natura del fango campione. Inoltre ripetendo l’intero procedimento a distanza di sei mesi utilizzando fango campione proveniente dal medesimo depuratore, il rating non cambia. Trattandosi di un metodo comparativo i risultati sono molto incoraggianti, anche se vanno ulteriormente verificati e approfonditi.

Misura del Potenziale zeta

La misura del potenziale zeta di un fango di depurazione avviene sperimentalmente sfruttando il fatto che quando i colloidi sono sottoposti ad un campo elettrico migrano verso il polo positivo. Essi si muovono perché la loro parte più interna (con una densità di carica negativa più alta rispetto all'intera struttura) risponde al campo lasciando indietro - per effetto di una sorta di ritardo - l'involucro diffuso più esterno. Il doppio strato elettrico che si muove con il colloide manifesterà sulla sua superficie esterna (share plane) un potenziale elettrico pari appunto al potenziale zeta.

Grazie ad una approssimazione molto utile (equazione di Smoluchowski), possiamo ricavare il valore del potenziale zeta dalla misura della mobilità elettroforetica dei colloidi quando sono sottoposti ad un campo elettrico di valore noto.

$$EM = \frac{Z \times \epsilon}{4 \pi \mu}$$

Dove:

EM = mobilità elettroforetica (velocità del colloide per unità di voltaggio applicato)

Z = potenziale zeta

ϵ = costante dielettrica

μ = viscosità del fluido circostante il colloide

La velocità del colloide è misurata attraverso osservazioni microscopiche.

3. Conclusioni

I vantaggi che il nuovo metodo consente di ottenere rispetto al precedente sono riassumibili in:

- maggiore affidabilità della procedura di selezione dei polielettroliti offerti sul mercato;
- rapidità di esecuzione dei test;
- elevata robustezza procedurale.

Tutto questo si è tradotto in un vero e proprio abbattimento dei costi per lo svolgimento delle gare e in una riduzione di alcune importanti "esternalità" ambientali.

Con riferimento al primo vantaggio - maggiore affidabilità della selezione - in termini quantitativi nel periodo aprile-giugno 2017 la quantità di prodotto utilizzata nei grandi impianti non si è discostata sensibilmente da quella utilizzata mediamente nello stesso periodo del triennio 2014-2016 e riferita a prodotti selezionati con la gara tradizionale. Tuttavia, grazie al miglioramento delle performance generali del processo di disidratazione - ragionevolmente dovuto alla maggiore efficienza del nuovo prodotto - è stata riscontrata nel periodo aprile-giugno 2017 **una riduzione nella quantità di fango prodotto di circa l'11%**, corrispondente a circa 14.000 t in meno su base annuale, con una conseguente sensibile riduzione dei costi e degli impatti ambientali. L'ottima performance deve ovviamente essere confermata con ulteriori osservazioni e misure estese su un periodo più lungo.

Con riferimento al secondo vantaggio: rapidità di esecuzione dei test, la nuova procedura di selezione ha consentito di **ridurre i tempi di gara di almeno tre volte** rispetto al passato: da sei-sette giorni - per gare da quattro, cinque prodotti - a due giorni. Con l'ulteriore terzo vantaggio di aver molto **ridotto i rischi** correlati alla variabilità delle condizioni di impianto, che producevano una inaccettabile aleatorietà nell'esito delle gare. I mancati costi delle prove sperimentali in impianto valgono **qualche migliaio di € gara** mentre i benefici economici derivanti dalla certezza degli esiti finali della gara, per quanto non precisamente quantificabili, **sono certamente di rilevante entità** data l'importanza di poter disporre del prodotto in tempi certi. L'investimento necessario per passare al nuovo metodo è trascurabile: **qualche decina di migliaia di euro** per l'acquisto di almeno uno strumento di misura del Potenziale Zeta e la

previsione di un idoneo impegno, non solo economico, per lo sviluppo di nuove specifiche competenze.

Sono in corso di svolgimento i necessari approfondimenti. Tuttavia le prime verifiche lasciano ben sperare sulla possibilità che il nuovo metodo di selezione dei polielettroliti rappresenti un aiuto concreto nello sforzo di contenimento dei costi e delle esternalità ambientali connessi ad una delle fasi più dispendiose dell'intero processo di depurazione delle acque reflue civili.

Bibliografia

[1] **G. Minnini, A.C. Di Pinto, A. Mendicelli, M. Santori**, *Analisi Tecnico-economica del trattamento dei fanghi derivati dalla depurazione delle acque reflue urbane*, IRSA-CNR Quaderni Roma 1985;

[2] **William L. K. Schwoyer**, *Polyelectrolytes for water and wastewater treatment*. CRC Press, 2nd ed. USA 1986;

[3] **Water science & technology Vol. 8 n° 1**, *Wastewater sludge dewatering*. Pergamon Press – Oxford 1993;

[4] **J. Lyklema** *Fundamentals of Interface and Colloid Science 1st Edition Solid-Liquid Interfaces*. Academic Press 1995;

[5] **Bennoit, H., Schuster, C.** *Improvement of separation processes in waste water treatment by controlling the sludge properties*. Germany 2004

LCA del compostaggio e della digestione anaerobica di rifiuti urbani: una rassegna bibliografica

Eliana Mancini, Ioannis Arzoumanidis, [Andrea Raggi a.raggi@unich.it](mailto:Andrea.Raggi@unich.it)
Università "G. d'Annunzio", Pescara

Riassunto

Esistono diverse tecniche di trattamento della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FOR-SU), che negli ultimi anni sta crescendo qualitativamente e quantitativamente. Il presente lavoro ha l'obiettivo di indagare su quale di queste, in particolare compostaggio e digestione anaerobica e post compostaggio, sia generalmente preferibile dal punto di vista dei potenziali impatti ambientali. Pertanto, è stata condotta una rassegna sistematica di studi di LCA comparativa tramite lo strumento elettronico di ricerca Discovery@UdA secondo un protocollo definito dalla tecnica STARR-LCA. Dai risultati emerge che il recupero energetico è l'opzione preferibile per gran parte dei 26 studi analizzati, nonostante le sostanziali differenze tra questi in termini di definizione del campo di applicazione o del contesto di riferimento. Bisogna sottolineare, tuttavia, che per migliorare l'attendibilità dei risultati, sarebbe opportuno incrementare il campione dei documenti analizzati.

Summary

A number of options are available for the treatment of the organic fraction of municipal solid waste, which in recent years has been growing both qualitatively and quantitatively. The aim of this paper is to investigate which one of these is generally preferable from the environmental point of view, in particular between composting and anaerobic digestion with post-composting. Therefore, a systematic review of comparative LCA studies was carried out using the Discovery@UdA search tool, following a protocol defined by the STARR-LCA technique. The results show that energy recovery is the preferred option for most of the 26 analysed studies, regardless of the substantial differences between them in terms of scope or reference context. However, it should be emphasised that in order for the reliability of the results to be improved, the sample of the analysed documents should be increased.

1. Introduzione

Grazie alla crescente adozione della raccolta differenziata, nonché al miglioramento della qualità della stessa, la quantità di rifiuti organici raccolti separatamente, da cui si ottiene una frazione quasi del tutto biodegradabile, è in aumento. Questi residui, attraverso una corretta gestione integrata dei rifiuti, possono sostituire l'utilizzo di risorse prelevate tradizionalmente dai comparti ambientali in svariati campi: si pensi alla produzione di energia rinnovabile, a quella dei biopolimeri, o all'ottenimento di compost e digestato, caratterizzati da un interessante potere ammendante e nutritivo per il terreno [1]. Questo lavoro si propone di indagare sullo stato dell'arte relativo alle varie tecniche di gestione dei rifiuti organici, con particolare

attenzione al compostaggio e alla digestione anaerobica seguita da compostaggio, e sui connessi impatti ambientali. Si focalizzerà, pertanto, sull'analisi di diversi studi basati sulla valutazione del ciclo di vita attraverso la metodologia standardizzata Life Cycle Assessment (LCA) [2] in grado di illustrare i potenziali impatti ambientali provocati da tali opzioni. Si procederà con una rassegna sistematica della letteratura scientifica con l'obiettivo di individuare e sintetizzare analogie e differenze negli articoli esaminati, seppur nella consapevolezza che i risultati delle diverse analisi LCA potrebbero essere contraddittori a causa, ad esempio, dei diversi confini del sistema, Unità Funzionale (UF) [3], ecc. La rassegna sistematica è stata condotta seguendo le linee guida dello standard tecnico STARR-LCA (*Standardized Technique for Assessing and Reporting Reviews of LCA data*) [4] per svolgere una *review* riproducibile e trasparente. Tale standard suggerisce una *checklist* composta da nove fasi, che saranno utilizzate per descrivere le principali caratteristiche del seguente lavoro nel paragrafo 2.1.

2. Relazione

L'ampiezza e la struttura di una rassegna bibliografica variano in base all'obiettivo della stessa [4]. Quella proposta in questo articolo ha l'obiettivo di confrontare il metodo e i risultati relativi agli studi LCA di due tipologie di trattamento della FORSU: compostaggio e digestione anaerobica (DA) seguita da compostaggio. Il paragrafo successivo introduce brevemente il concetto di *systematic review* per poi passare al cuore della rassegna.

2.1 Il metodo di ricerca: la *systematic review*

Le rassegne sistematiche variano per ambito di applicazione, qualità e pertinenza e possono cercare di sfruttare i risultati in modo da fornire un maggiore grado di certezza, un minor livello di errore, o rispondere a una nuova domanda utilizzando i dati esistenti [4]. Le rassegne sistematiche della letteratura presentano diffusione crescente in molti *ambiti* disciplinari, tra cui la LCA [4], ma non vi è ancora un consenso procedurale. Per questo, le rassegne sistematiche relative all'LCA si basano sulle conoscenze di altre discipline [3]. In questo studio sono state prese a riferimento le indicazioni di [4] sullo sviluppo di una rassegna sistematica di articoli di LCA. Gli autori dello *standard* introducono una *checklist*, composta da 9 fasi, che si basa soprattutto su linee guida per la rassegna sistematica in campo medico, la STARR-LCA (*Standardized Technique for Assessing and Reporting Reviews of LCA data*). Di seguito si riportano le informazioni relative allo studio in oggetto, seguendo la struttura della suddetta *checklist*:

- scelta del titolo, parole chiave e abstract: il titolo e l'abstract contengono le informazioni necessarie a classificare in maniera appropriata l'articolo durante le operazioni di ricerca;
- motivazioni legate allo svolgimento della rassegna: la rassegna si configura come sviluppo di un precedente lavoro [1], avente per oggetto l'analisi, nell'ambito di uno specifico caso-studio, dei potenziali impatti ambientali legati alle due opzioni di trattamento della FORSU richiamate in questa relazione. Durante le precedenti ricerche, infatti, erano stati individuati rari studi analoghi, quindi si è ritenuto utile impostare un lavoro di carattere sistematico che aprisse la strada a potenziali sviluppi;
- domanda e obiettivi della rassegna: l'obiettivo della ricerca è di indagare sull'opzione generalmente preferibile (da un punto di vista ambientale) per il trattamento della FORSU: il semplice compostaggio o la DA combinata al compostaggio;
- descrizione del protocollo adottato per la *systematic review*: la descrizione del protocollo è trattata dettagliatamente nel par. 2.1.1;
- risultati e caratteristiche degli studi individuali nella revisione: gli studi analizzati sono presenti in riviste scientifiche o in atti di convegno nazionale e internazionale;
- valutazione dell'errore: esistono due tipologie di errori, quello a livello dei singoli studi (relativo ai metodi di selezione e interpretazione) e quello che si verifica durante l'aggregazione

dei risultati. Errori più frequenti potrebbero verificarsi nell'interpretazione dei testi a causa di un diverso utilizzo nella terminologia dei vari autori, come affermato anche da [4];

- metodi di sintesi (qualitativi e quantitativi): i risultati sono sintetizzati in una tabella (tab. 1) che illustra gli aspetti riguardanti il metodo di svolgimento delle analisi LCA e i risultati ottenuti;

- limiti della rassegna: per migliorare l'attendibilità dei risultati, sarebbe opportuno incrementare il campione dei documenti analizzati;

- sintesi dei risultati e delle conclusioni: nelle conclusioni si tenta di offrire un'interpretazione generale, sottoforma di elenco puntato, degli aspetti ritenuti più significativi.

2.1.1 Descrizione del protocollo adottato

Per rispondere all'obiettivo dello studio è stata effettuata una ricerca di documenti di valore scientifico attraverso lo strumento elettronico Discovery@UdA, un servizio dal quale è possibile consultare contemporaneamente diverse risorse della Biblioteca dell'Università degli Studi "G. d'Annunzio". Il periodo temporale considerato per questo lavoro comprende gli ultimi 15 anni, mentre le fonti riguardano pubblicazioni accademiche, dissertazioni/tesi e materiali di conferenze. Dapprima sono state inserite nella ricerca le parole "anaerobic digestion", "composting", "LCA" OR "Life Cycle Assessment" e "food waste", in varie combinazioni nel titolo e nell'*abstract*, ottenendo oltre 300 risultati. Per affinare le operazioni di selezione sono stati scelti alcuni argomenti, proposti dal motore di ricerca, che fungessero da filtro: "anaerobic digestion", "life cycle assessment", "food waste", "waste management", "environmental impact analysis", "LCA", "composting", "food", "organic waste management", "garbage", "comparative studies", "solid waste management", "solid waste", "sustainability", "organic wastes", "environmental impacts", arrivando a 155 risultati. Dopo un'attenta analisi dell'*abstract* e del titolo, sono stati selezionati 37 risultati, di cui 5 *review* (escluse dallo studio in quanto includevano nelle ricerche anche altre tipologie di materiale organico come rifiuti dell'industria alimentare o provenienti da altre filiere): 26 sono stati analizzati, mentre il resto non rientrava tra gli obiettivi dello studio.

ASPETTI ANALIZZATI	TOT
AREA GEOGRAFICA	
- Europa	11
- Altro	14
SCENARI ANALIZZATI	
- Digestione anaerobica/compost.	14
- Digestione Anaerobica	14
- Compostaggio	15
- Incenerimento/recupero energetico*	14
- Incenerimento*	1
- Discarica*	9
- Altro*	11
UNITÀ FUNZIONALE	
- Sì	25
- No	1
TIPOLOGIA DI DATI	
- Primari	0
- Secondari	7
- Primari e secondari	19
STRUMENTI*	
- Tool tradizionali LCA*	15
- Tool specifici per rifiuti*	4
STANDARD DI RIFERIMENTO	
- Dichiarato (ISO/ILCD)	15
- Non dichiarato	11
GESTIONE DELLA MULTIFUNZIONALITÀ*	
- Estensione dei confini del sistema*	9
- Allocazione*	3
METODO VALUTAZIONE IMPATTI	
- CML 2001	8
- IPCC	7
- Cumulative energy demand (CED)	3
- EDIP	3
- GHG emission	3
- Ecoindicator	2
- ReCiPe	2
- IMPACT 2002	2
- Altro	6
ANALISI DI SENSIBILITÀ	
- Sì	15
- No	11

ASPETTI ANALIZZATI	TOT
CATEGORIE DI IMPATTO	
- Emissioni di carbonio	26
- Acidificazione	18
- Eutrofizzazione	17
- Assottigliamento ozono stratosferico	11
- Formazione fotochimica di ozono	11
- Tossicità Umana	10
- Domanda cumulativa di energia/energy use	8
- Depauperamento risorse fossili e metallifere	8
- Ecotossicità	6
- Radiazioni ionizzanti	5
- Costi	4
- Formazione di particolato	4
- Arricchimento in nutrienti	3
- Uso di terreno	2
- Occupazione di terreno agricolo/urbano	2
- Altro	5
TECNICA PREFERIBILE	
- Digestione anaerobica/compost.	10
- Digestione anaerobica	6+3**
- Compostaggio	1
- Incenerimento/recupero energia*	4+2**
- Incenerimento*	0
- Discarica*	0
- Altro*	3

* aggiornamenti effettuati in itinere

** solo parzialmente preferibile

* aggiornamenti effettuati in itinere

** solo parzialmente preferibile

Tab. 1 – Tabella riassuntiva dei risultati ottenuti dalla systematic review. A sinistra sono riportati i vari aspetti ricercati negli studi analizzati, a destra le categorie di impatto considerate negli articoli e i risultati degli studi.

Oltre ai duplicati, i motivi di esclusione degli articoli sono riportati in fig. 1.

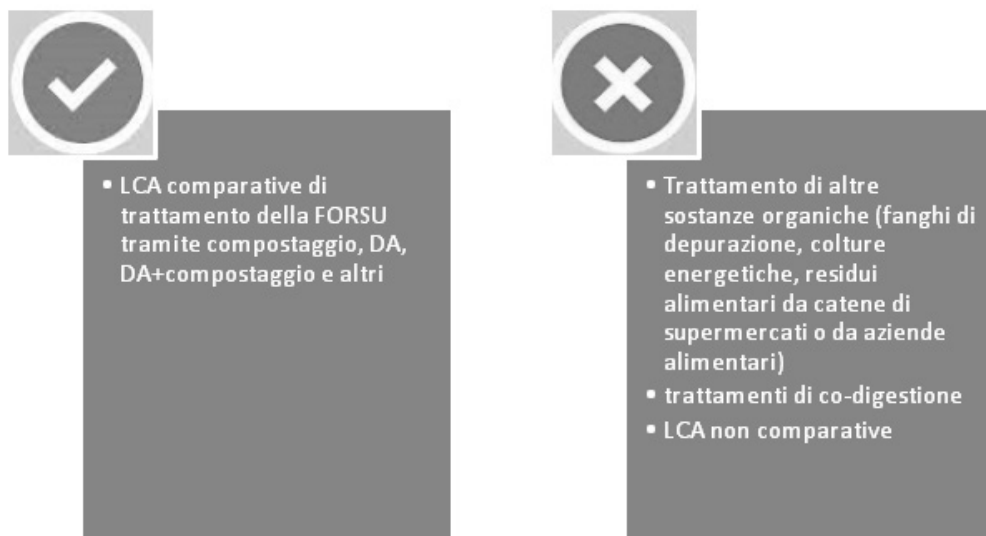


Fig. 1 – Criteri di inclusione/esclusione degli studi LCA impostati nel protocollo.

Come da protocollo, è stato creato un elenco contenente gli aspetti da ricercare negli articoli, aggiornato *in itinere* in base alle informazioni più interessanti emerse durante la lettura degli stessi. Si è deciso, ad esempio di estendere l'analisi a tutte le tecniche di gestione della FORSU e non soltanto di compostaggio e DA, poiché una in particolare -- il recupero energetico tramite combustione del rifiuto -- oltre ad essere spesso presente negli studi, in alcuni casi ha mostrato livelli di *performance* preferibili rispetto ad altre opzioni. La tab. 1 riassume tutti gli aspetti ricercati negli studi. Le voci con asterisco sono state aggiunte successivamente, grazie al processo iterativo della revisione.

2.2 Risultati

Su 26 articoli analizzati, uno soltanto non riporta un riferimento spaziale specifico, poiché ha l'obiettivo di estendere la fruibilità dei risultati ottenuti [5]. Undici articoli sono riferiti all'Europa, mentre i restanti 14 si riferiscono a casi studio localizzati in altre parti del mondo, come USA e Giappone. Come accennato in precedenza, si è riscontrata una certa difficoltà nel trovare studi che riportassero esclusivamente la comparazione tra compostaggio e DA seguita da compostaggio, pertanto si è scelto di modificare il protocollo iniziale inserendo anche gli altri metodi di trattamento della frazione organica. Quelli meno frequenti sono stati raccolti nella voce "altro" (lombricoltura, gassificazione, ecc). Soltanto 6 articoli hanno effettuato una comparazione tra due soli scenari e nessuno di questi tratta lo stesso quesito del presente studio; la DA (con o senza post compostaggio) è sempre presente, ma viene confrontata soprattutto con attività di recupero energetico che viene definita in rari casi con il termine di termovalorizzazione (*waste-to-energy*), in molti altri, invece, incenerimento (*incineration*) con successivo recupero di energia. Queste ultime opzioni di trattamento sono presenti in 15 articoli e in 4 risultano essere la scelta preferibile, mentre in altri 2 ottengono risultati migliori solo per alcune categorie di impatto potenziale. Dopo questa breve introduzione sugli articoli analizzati e sul tipo di scenari osservati, si passa alla descrizione di alcuni fattori caratterizzanti gli studi LCA, iniziando dall'UF, non esplicitata soltanto in un articolo. Le UF utilizzate fanno riferimento, in più del 90% dei casi, alla gestione di una certa massa di rifiuti organici, espressa principalmente in t. In sette casi è specificato anche il periodo temporale di riferimento, che

solitamente è pari a un anno. Per quanto riguarda la tipologia di dati, utilizzati in ogni *paper*, nella gran parte dei casi sono stati sia primari sia secondari. Trattandosi di comparazioni con scenari alternativi o futuri, in nessun articolo sono presenti esclusivamente dati primari. Durante la revisione, l'attenzione è caduta sulla tipologia di *software* utilizzato per l'analisi LCA. È stato scelto di suddividere quelli più generici, come il SimaPro [6] o il GaBi [7] da quelli specifici per la gestione dei rifiuti (EASETECH [8], EASEWASTE LCA [9]) osservando che 4 studi su 19 hanno usato *tool* specifici. Nei restanti casi non è stato specificato l'utilizzo di alcuno strumento. Si noti, inoltre, che su 26 studi, soltanto 15 hanno dichiarato la conformità a uno standard di riferimento. Non sempre è stato trattato il problema della multifunzionalità. Ove dichiarato (11 casi), la scelta è stata l'estensione dei confini del sistema, in 9 studi, e l'allocation nei restanti 3. Tra i metodi di valutazione degli impatti, sono stati prioritariamente scelti i metodi orientati al problema; CML 2001 è infatti il metodo più scelto (8 studi), seguito dall'IPCC, presente in 7 casi. L'elenco completo è presente in tab. 2.1. Tra le categorie di impatto analizzate, il calcolo delle emissioni di carbonio è l'unica presente in tutti gli articoli e quattro studi si basano soltanto su questa categoria. Le categorie maggiormente esaminate sono l'acidificazione, l'eutrofizzazione, la formazione fotochimica di ozono, l'assottigliamento dell'ozono stratosferico, la tossicità umana, il depauperamento delle risorse fossili e metallifere e la domanda cumulativa di energia. L'analisi di sensibilità è stata eseguita in 15 casi. Analizzando gli esiti degli studi è emerso che la tecnica di gestione dei rifiuti urbani preferibile è la DA seguita dal compostaggio. Su 14 studi in cui è stata analizzata, è risultata preferibile in 10 casi. Anche la semplice DA si attesta su un buon livello: 6 casi su 14, mentre in altri 3 studi presenta i risultati migliori relativamente ad alcune categorie di impatto, come riscaldamento globale, acidificazione, e domanda cumulativa di energia. Il compostaggio, invece, risulta la scelta preferibile in un solo studio su 15. Merita particolare attenzione, invece, il risultato relativo all'incenerimento con recupero di energia (termovalorizzazione) che ottiene il punteggio più alto in 4 analisi (in altre due il vantaggio è parziale) su 15.

3. Conclusioni

La presente *review* ha per oggetto l'analisi di studi comparativi di LCA sulle tecniche di gestione della FORSU per rispondere al quesito relativo a quale tecnica, tra compostaggio e integrazione di DA/compostaggio, sia l'opzione generalmente preferibile. Sono stati analizzati 26 studi pubblicati negli ultimi 15 anni, i cui risultati possono essere riassunti nei seguenti punti:

- nonostante sostanziali differenze tra gli studi relativamente a confini del sistema, UF, contesto geografico, ecc, si può ritenere che sia preferibile il recupero energetico della FORSU a quello materico, tramite integrazione di digestione anaerobica/compostaggio, semplice digestione anaerobica e in alcuni casi, termovalorizzazione. Tuttavia, bisogna tener presente che in alcuni contesti geografici e sociali, come in Sud Africa, che combatte contro una forte crisi energetica, sebbene la DA abbia registrato migliori performance soprattutto in termini di *global warming potential*, eutrofizzazione e domanda di energia, resta di fatto un'opzione troppo costosa e complessa dal punto di vista tecnologico, costringendo le popolazioni ad adottare soluzioni meno performanti ma certamente più semplici, come il recupero materico [10]. Un caso così emblematico potrebbe suggerire considerazioni di carattere generale riguardo la necessità di adottare l'approccio *Life Cycle Thinking* su ogni fronte: sarebbe utile avere informazioni complete delle opzioni analizzate, anche sotto il profilo economico e sociale, per effettuare scelte ancor più consapevoli;
- il compostaggio, nonostante sia ritenuto complessivamente un buon sistema di riciclaggio grazie all'ottenimento di compost che diventa un ottimo *carbon sink*, riduce le emissioni di origine fossile sostituendosi alla torba e fornendo azoto al terreno [11], genera notevoli emissioni di CH₄ e N₂O [12]. Queste emissioni potrebbero essere ridotte attraverso l'inceneri-

mento, nonostante i rifiuti biogenici non siano adatti a questa tecnica a causa dell'elevato contenuto di umidità [12]; per questo, gli scenari relativi a quest'ultima tecnica prevedono sempre che la componente organica venga sottoposta a combustione insieme ad altre frazioni di rifiuti, come la plastica, che presenta un alto potere calorifico [12].

Il presente lavoro si pone come primo tentativo di revisione, orientato verso una più ampia e critica analisi della letteratura al riguardo. Prospettive future, infatti, vertono sull'ampliamento del campione dei documenti analizzati, garantendo un maggior grado di attendibilità dei risultati, e sulla realizzazione di una meta analisi dei dati raccolti, al fine di fornire un ulteriore strumento interpretativo sull'argomento.

Bibliografia

- [1] Mancini E., Arzoumanidis I. e Raggi A., Valutazione dei potenziali impatti ambientali legati a due opzioni di trattamento dei rifiuti organici in Abruzzo, Atti del Convegno "Resource Efficiency e Sustainable Development Goals: il ruolo del Life Cycle Thinking", Siena, 22-23 Giugno 2017 (in stampa).
- [2] ISO 14040:2006(E) Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. 2nd Edition 2006. International Organisation for Standardisation, Geneva.
- [3] Morris J., Brown s., Cotton M., Matthews H. S., Life-cycle assessment harmonization and soil science ranking results on food waste management methods, *Environmental Science & Technology*, Vol. 51, 2017, pagg. 5360–5367.
- [4] Zumsteg J. M., Cooper J. S., Noon M. S., Systematic review checklist: A standardized technique for assessing and reporting reviews of Life Cycle Assessment data, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 16 (Suppl. 1), 2012, pagg. S12-S21.
- [5] Arafat H. A., Jijakli K., Ahsan A., Environmental performance and energy recovery potential of five processes for municipal solid waste treatment, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 105, 2015, pagg. 233-240.
- [6] Pré - Product Ecology Consultants, SimaPro 7.2.4 software, PRé Consultants, Amersfoort, The Netherlands, 2010.
- [7] ThinkStep, GaBi Software. <<http://www.gabi-software.com/international/software/>> [view 08/09/2017].
- [8] Clavreul, J., Baumeister, H., Christensen, T.H., Damgaard, A., EASETECH e an environmental assessment system for environmental technologies, *Environmental Modelling & Software*, Vol. 60, 2014, pagg.18-30.
- [9] Hansen, T.L., Bhandar Gurbakhash, S., Christensen, T.H., Bruun, S., Jensen, L.S., Life cycle modelling of environmental impacts of application of processed organic municipal solid waste on agricultural land (Easewaste), *Waste Management and Research*, 24 (2), 2006, 153–166.
- [10] Komakech A.J., Sundberg C., Jönsson H., Vinnerås B., Life cycle assessment of biodegradable waste treatment systems for sub-Saharan African cities, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 99, 2015, pagg. 100-110.
- [11] Lombardi L., Carnevale E. A., Corti A., Comparison of different biological treatment scenarios for the organic fraction of municipal solid waste, *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 12, 2015, pagg. 1-14.
- [12] Colón J., Cadena E., Colazo A.B., Quiró R., Sánchez A., Font X., Artola A., Toward the implementation of new regional biowaste management plans: Environmental assessment of different waste management scenarios in Catalonia, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 95, 2015, pagg. 143–155.

Processo di upgrading del biogas con impianto a membrane

*Ing. Davide Angelo Ravezzani, Suez Trattamento Acque SpA,
davide.ravezzani@suez.com, Milano*

Ing. Luca Barbato – Prodeval – l.barbato@prodeval.eu, Tortona (AL)

Ing. Luca Pedrazzi, Suez Trattamento Acque SpA, luca.pedrazzi@suez.com, Milano

Riassunto

Nell'articolo si propone un breve approfondimento sulla tecnologia di produzione del biometano. Fra le tecnologie attualmente presenti sul mercato quella a membrane può essere ritenuta, al momento, la tecnologia che assicura i livelli di performance e di affidabilità i più adatti all'immissione nella rete di gas naturale del metano prodotto. La costanza di performance lungo il ciclo di lavoro, l'assenza di reagenti chimici all'interno del processo, ma soprattutto l'alta affidabilità del processo stesso, ne fanno una tecnologia di estremo interesse. L'esempio qui riportato a scopo di riferimento illustra le potenzialità di questo sistema di depurazione del biogas, ed è uno dei diversi esempi tratti dall'esperienza di funzionamento di impianti realizzati a scala reale.

Summary

This article proposes a brief study of the membrane biogas upgrading technology to produce biometane. Among the technologies currently available into the market, membranes can be considered the technology that, to date, is able to ensures performance and reliability levels suitable to inject methane produced into the natural gas grid. Performances regularity along the work cycle, together with the absence of chemical reagents and, above all, the high reliability of the process itself, make it a technology of extreme interest. The following example illustrates the capacity of this biogas treatment system, that is one of many other examples taken from the experience of full scale working plants.

1. Introduzione – Il processo a membrane

L'upgrading del biogas è il processo attraverso il quale da una corrente gassosa composta da vari gas (i principali dei quali sono metano ed anidride carbonica) si ottiene un gas finale paragonabile al gas naturale [1]. Tale gas prende il nome di biometano. Il biogas di partenza può essere quello derivante da qualunque processo di digestione anaerobica: agricolo, da fanghi della depurazione o da rifiuti.

Di seguito si riporta lo schema di flusso dell'impianto a membrane:

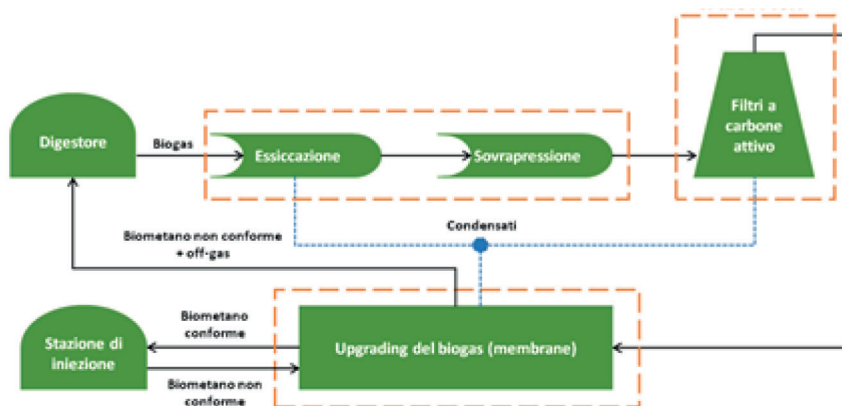


Fig.1 – Schema di flusso

Il biogas grezzo saturo in acqua entra nell'unità di pre-trattamento: si raffredda nell'essiccatore ed un separatore permette di eliminare la frazione liquida; successivamente il gas è portato in sovrappressione mediante un compressore. Il biogas passa in seguito nello skid di depurazione, composto da filtri di carbone attivo che permette di eliminare gli inquinanti (H_2S , COV, silossani). Questo pretrattamento a carbone attivo è composto da più filtri, installati in lead-lag, che consentono il by-pass da un filtro all'altro. Questa configurazione permette la sostituzione di un carico senza fermare l'impianto. Il biogas così pretrattato entra nell'unità di upgrading vera e propria, dove 3 stadi di membrane separano CO_2 da CH_4 . L'unità permette di assicurare un rendimento di depurazione di oltre il 99,5 % su un largo intervallo di funzionamento. Il biometano conforme è quindi avviato alla postazione d'iniezione.

2. Dati e performances

2.1 Bilanci

In tabella si riportano i bilanci sull'unità di upgrading in un esempio di 500Nm³/h di biogas.

	Nominale	Massima
Biogas		
Portata nominale di biogas asciutto	465 Nm ³ /h	500 Nm ³ /h
Portata nominale di biogas umido	485 Nm ³ /h	521 Nm ³ /h
% CH_4 biogas uscita essiccatore	52,97%	52,97%
% CO_2 biogas uscita essiccatore	46,47%	46,47%
% O_2 biogas uscita essiccatore	0,10%	0,10%
% N_2 biogas uscita essiccatore	0,40%	0,40%
Numero di membrane	45	45
Pressione di lavoro al nominale	12,0 barg	12,8 barg
Pompa a vuoto	no	no
% riciclo	39,1%	38,6%
Portata di ricircolo	182 Nm ³ /h	193 Nm ³ /h

Segue

	Nominale	Massima
Portata all'entrata del compressore	647 Nm ³ /h	693 Nm ³ /h
Biometano		
% CH₄ biometano	97,5%	97,6%
Portata di biometano	251 Nm ³ /h	270 Nm ³ /h
Off-gas		
% CH₄ off-gas	0,75%	0,73%
Portata CH₄ nell'off-gas	1.62 Nm ³ /h 1.2 kg/h	1.69 Nm ³ /h 1.2 kg/h
Portata off-gas	214 Nm ³ /h	230 Nm ³ /h
Rendimento depurazione	99,3%	99,4%

Tab.1 – Bilanci sull'unità di upgrading

2.2 Consumi

Si riportano di seguito i principali dati di consumo dell'unità

	Consumo medio previsto	
	Nominale	Massima
Portata		
Asciutto	465 Nm ³ /h	500 Nm ³ /h
Umido	485 Nm ³ /h	521 Nm ³ /h
Carbone attivo	3,4 t/y	3,7 t/y
Olio compressore	200 L/y	200 L/y
Elettricità		
Gruppo refrigerante essiccazione a bassa pressione	8,0 kW	8,6 kW
Soffiante	7,4 kW	7,9 kW
Compressore	120 kW	130 kW
Gruppo refrigerante essiccazione ad alta pressione	5,5 kW	5,8 kW
Accessori	1 kW	1 kW
Sottoprodotti		
Carbone attivo esausto	4,0 t/y	4,3 t/y
Condensati	< 50 L/h	< 50 L/h
Olio compressore esausto	100 L/y	100 L/y
Energia recuperabile		
Sul compressore	72 kWth	78 kWth
Consumo specifico		
Solo upgrading membrane (kWe/Nm³ di biogas grezzo umido)	0,26	0,26
Linea di trattamento completa (kWe/Nm³ di biogas grezzo umido)	0,29	0,29

Tab.2 – Consumi attesi

2.3 Prestazioni attese

Di seguito si riporta una sintesi delle prestazioni normalmente attese e garantite:

	Attese al nominale	Garanzie
Rendimento di depurazione (tasso di recupero CH₄)	99,5 %	> 99,3 %
Qualità biometano	Tipo H	Tipo H
Consumo elettrico specifico del solo depuratore (kWh/Nm³ di biogas da trattare)	0,29	< 0,32
Potenza termica recuperata sul raffreddamento compressore (acqua calda 75 °C max)	70 kWth	Caso specifico
Disponibilità (ore/anno) dell'unità (nel caso di un abbonamento a un contratto di service)	>99 %	97 %

Tab.3 – Prestazioni

3. Descrizione dell'impianto - Pretrattamenti

3.1 Deumidificazione e soffiante

Per ogni installazione di valorizzazione del biogas, è necessario essiccare e portare a sovrappressione il biogas prima del suo utilizzo per proteggere le attrezzature dalla corrosione. Il biogas saturo passa nell'essiccatore, dove la sua temperatura è abbassata a circa 5°C. Nel separatore, il biogas è separato dall'acqua condensata. In seguito il biogas asciutto è condotto attraverso il compressore verso lo skid a carboni attivi.



Fig. 2 – Pretrattamento

3.2 Filtri a carboni attivi

Lo skid a carboni attivi assicura il trattamento di H₂S, silossani e COV. L'adsorbimento è un fenomeno fisico-chimico in forza del quale le molecole si fissano sulla superficie di un mezzo poroso. Essendo la superficie dell'adsorbente porosa, la superficie specifica sulla quale possono fissarsi gli inquinanti è importante. Lo schema seguente illustra il principio di funzionamento dello skid.

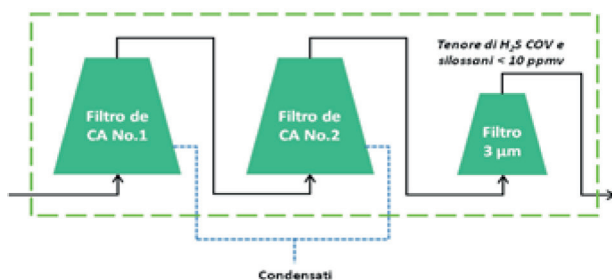


Fig. 3 – Pretrattamento

4. Descrizione dell'impianto – Trattamento con membrane

Il procedimento di depurazione a membrane del biogas è basato sull'utilizzo di membrane ad alte prestazioni che permettono di raggiungere un rendimento di depurazione superiore al 99,5 %, ovvero meno dello 0,5 % di perdita di metano. Dopo il pretrattamento, il biogas essiccato e desolfurato è compresso alla pressione di lavoro compresa tra 10 e 16 barg prima di essere introdotto nei moduli di filtrazione a membrana. La differenza di taglia delle molecole del biogas conferisce loro delle differenti velocità di diffusione attraverso le pareti delle membrane che permettono così di separare il metano (bassa velocità di diffusione) dagli altri composti (diossido di carbonio, acqua, azoto, ossigeno, ecc.). Lo schema seguente illustra il principio di separazione dei componenti nelle fibre delle membrane:

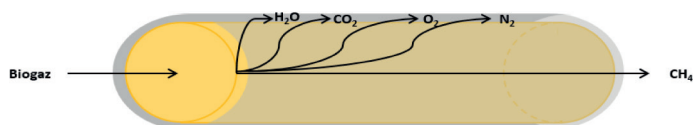


Fig. 4 – Funzionamento membrana

Il numero di moduli a membrana e la loro configurazione multi-stadio permettono di raggiungere e di garantire delle elevate prestazioni di depurazione [2]. Lo schema seguente illustra il funzionamento dell'unità a membrane:

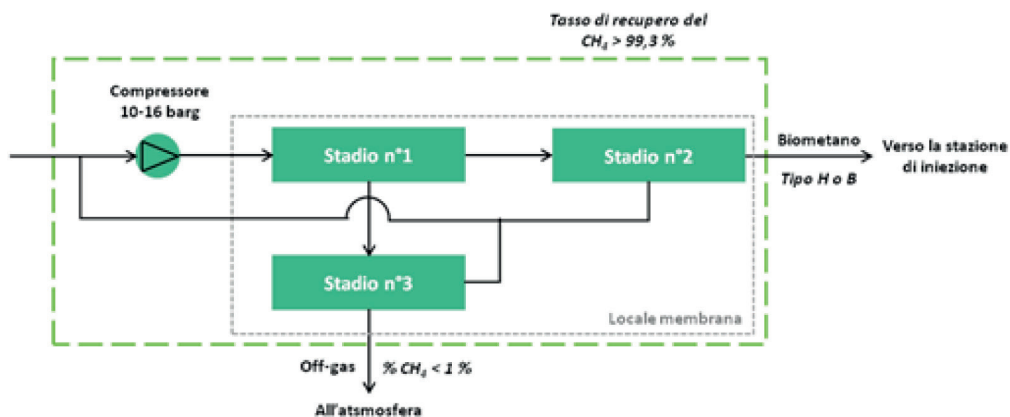





Fig. 5 – Impianto a membrane

5. Principali altri impianti e riutilizzo del biometano

Le capacità di trattamento e la versatilità della tecnologia a membrane sono particolarmente evidenti dalla tabella seguente, che evidenzia alcuni impianti funzionanti su scala reale con diverse destinazioni d'uso del biometano prodotto. I dati di funzionamento raccolti sono di grande interesse per il dimensionamento di nuove installazioni con particolare riferimento alle caratteristiche ed alla variabilità della qualità del biogas in alimento.

Impianto	Capacità di trattamento biogas [Nm ³ /h]	Riutilizzo biometano
Grenoble (FR)	500	Biocarburante: alimentazione n° 70 bus
Annecy (FR)	250	Immissione nella rete gas naturale
Angers (FR)	300	Immissione nella rete gas naturale

		
<p>Fig. 6 – Impianto di Grenoble.</p>	<p>Fig. 7 – Impianto di Annecy.</p>	<p>Fig. 8 – Impianto di Angers.</p>

Tab.4 – Principali altri impianti e riutilizzo del biometano

6. Conclusioni

Si ritiene che nel panorama delle tecnologie di upgrading del biogas in biometano, la scelta dell'impianto a membrane qui presentato rappresenti una soluzione affidabile e di maggiori performance. Facilità gestionale e flessibilità rendono questi tipi di impianti la tecnologia più adatta ai processi di produzione del biometano, indipendentemente dalla destinazione d'uso finale del biometano prodotto. La diffusione sempre maggiore nel campo industriale ed agronomico sottolineano la maturità del processo ma soprattutto la semplicità ed affidabilità gestionale.

Bibliografia

- [1] A.Makaruk, M.Miltner, M.Harasek, “*Membrane biogas upgrading processes for the production of natural gas substitute*”, Separation and Purification Technology, Volume 74, Issue 1, 30 July 2010, Pages 83-92.
- [2] M. Scholz, T. Melin, M.Wessling, “*Transforming biogas into biomethane using membrane technology*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 17, January 2013, Pages 199-212.

Potenziati sviluppi dell'Ecologia Industriale in contesti urbani ibridi. Un'analisi preliminare

Alberto Simboli a.simboli@unich.it, Raffaella Taddeo, Andrea Raggi, Anna Morgante
Dipartimento di Economia, Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara, Italia

Riassunto

L'articolo propone un framework analitico integrato basato su dati empirici e di letteratura, in cui vengono illustrati i principali flussi e le sinergie potenziali tra le dimensioni residenziale, industriale e rurale di contesti urbani ibridi. La visione integrata delle tre dimensioni, associata ad una quarta espressamente dedicata ai flussi di scarto, può essere utile per identificare e gestire in modo efficiente i flussi di materiali e di energia superando i modelli di impiego e consumo tipici dei sistemi urbani "puri", nonché per sviluppare azioni di miglioramento, favorite dalla maggiore eterogeneità e dalla prossimità, insieme a politiche più efficaci per uno sviluppo locale in prospettiva circolare.

Summary

This article proposes an integrated analytical framework based on empirical data and literature review, which illustrates the main potential flows and synergies among the residential, industrial and rural dimensions of hybrid urban contexts. The integrated vision of those three dimensions, associated with a fourth one, focused on waste flows, can be useful for efficiently identifying and managing material and energy flows beyond the typical use and consumption model of "pure" urban systems, as well as to develop improvement actions, enhanced by a greater heterogeneity and proximity, along with more effective policies for local development in a circular perspective.

1. Introduzione

L'analisi preliminare oggetto del presente articolo deriva dall'esperienza empirica acquisita dagli autori nello studio delle potenzialità di sviluppo ed applicazione di approcci dell'Ecologia Industriale (EI) [1] in cluster, distretti industriali e, più in generale, sistemi produttivi locali dell'Italia centro-meridionale [2-6]. In tali studi è emersa progressivamente la presenza di contesti locali aventi caratteristiche peculiari (i.e.: scala spaziale ridotta; natura "ibrida", comprendente, cioè, altre dimensioni insediative, oltre quella residenziale; forte contiguità spaziale tra le dimensioni stesse) e ancora poco interessati dagli approcci di EI. Lo studio condotto comprende una fase di indagine retrospettiva per la qualificazione tecnica e socio-economica di tali contesti, lo sviluppo di un framework analitico integrato basato principalmente su contributi degli studi di Metabolismo Urbano (MU) [7] e Simbiosi Industriale (SI) [8], l'analisi qualitativa delle specifiche sinergie potenzialmente associabili ad essi. È stata inoltre condotta un'indagine pilota con riferimento al territorio della Provincia di Pescara.

2. Relazione

2.1 Metodi

I risultati teorici dello studio presentato si basano principalmente su un'analisi qualitativa della letteratura scientifica e di dati secondari. Nella overview della letteratura, gli autori hanno definito una serie di concetti di base (Metabolismo Urbano; Simbiosi Industriale; Metabolismo Industriale; Economie Urbane; Sistemi Urbani) e li hanno combinati per una ricerca tramite parole chiave; le fonti bibliografiche sono state reperite tramite il database Scopus. Le informazioni generali su contesti empirici sono state ottenute da regolamenti regionali e locali, relazioni tecniche e siti web ufficiali. I dati quantitativi sono stati reperiti da documenti resi disponibili dalle amministrazioni regionali. Sono state inoltre utilizzati dati ed evidenze empiriche derivanti da recenti studi condotti dagli autori negli stessi territori [2-6].

2.2 I contesti urbani di riferimento

Nei modelli di pianificazione territoriale e urbana si è soliti ricondurre le varie forme di contesti urbani ad alcuni modelli di riferimento, che hanno segnato le tappe più importanti del percorso di sviluppo che ha caratterizzato questa disciplina: città greche, romane, medievali, rinascimentali, etc.

Con l'avvento dell'era industriale tali contesti vedono modificarsi radicalmente le loro caratteristiche: aumento della popolazione, aumento delle dimensioni territoriali, aumento delle dimensioni degli edifici, aumento del traffico interno ed esterno (da e verso i centri industriali), aumento delle attività e dei consumi energetici. In epoca più recente, gli effetti connessi allo sviluppo contiguo di centri residenziali ed industriali hanno, in alcuni casi, dato vita a vere e proprie megalopoli o a forme ibride di convivenza, che hanno in parte soppiantato le attività agro-rurali preesistenti. In altri casi lo sviluppo è stato più graduale, o meglio gestito, e le tre dimensioni hanno trovato una strada più bilanciata di interazione, comunque molto dipendente dalle dinamiche economiche e socio-politiche del territorio di riferimento. Gli studiosi qualificano tali contesti come "città post-industriali". Esse possono avere dimensioni variabili e hanno in comune un legame ormai inscindibile tra le varie dimensioni di cui si compone il territorio in cui sono insediate e tra gli attori del mondo economico e sociale che le popolano. Dal punto di vista classificatorio rientrano nei cosiddetti insediamenti "multifunzionali" o "ibridi" (Fig.1) [9]. La natura articolata e complessa di tali contesti ha portato ad ampliarne l'approccio di studio, coinvolgendo studiosi di discipline differenti.

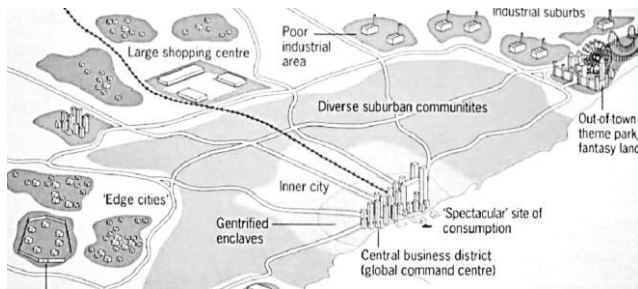


Fig. 1 – Un esempio di città post-industriale [10]

Una realtà in cui tali contesti hanno trovato ampia diffusione è quella italiana, soprattutto a seguito della fase di industrializzazione che ha caratterizzato il Paese negli anni '60, periodo in cui, accanto alle grandi imprese, hanno trovato spazio forme di insediamento industriale di medio-piccole dimensioni, che avevano come baricentro insediamenti residenziali; esse pren-

dono il nome di insediamenti industriali pianificati, cui partecipano enti locali (innanzitutto gli stessi comuni), altri enti pubblici territoriali e soggetti privati, che hanno provveduto, in genere, alla realizzazione delle infrastrutture primarie (reti stradali, elettriche, idriche, fognarie, ecc.) e alla definizione di lotti da assegnare alle imprese (industriali o artigianali) che avessero avanzato richiesta di localizzazione [11].

2.3 Il framework analitico

Un framework analitico adatto a studiare tali sistemi ibridi dovrebbe prendere in considerazione le varie dimensioni di cui si compongono, e considerare le sinergie interne ed esterne ad essi (Fig. 2); questo potrebbe consentire di ottenere significativi vantaggi in fase operativa e di pianificazione dello sviluppo. Un primo vantaggio potrebbe derivare dalla prossimità geografica, che limiterebbe costi e impatti dei trasporti e faciliterebbe le interazioni socio-relazionali tra le parti; un secondo vantaggio potrebbe derivare dalla complementarità che caratterizza i sub-sistemi (produzione-trasformazione-uso) e questo, in ottica di ciclo di vita, consentirebbe di analizzare gli effetti su scala locale in una prospettiva cradle-to-cradle; un ulteriore vantaggio può essere attribuito alla uniformità normativa e alla governance univoca del sistema attribuita allo stesso ente territoriale.

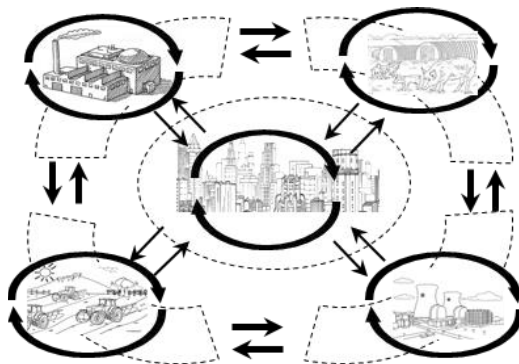


Fig. 2 – Esempi di dimensioni coinvolte in un sistema urbano ibrido

La prospettiva di studio che vogliamo proporre tramite il framework analitico che presentiamo in questo articolo riguarda quei contesti ibridi di scala medio-piccola nei quali le dimensioni insediative residenziali, rurali ed industriali sono fortemente integrate ed inscindibili. Ci riferiamo, ad esempio, alle economie rurali ed urbane del sud Europa, ai modelli distrettuali, alle satellite cities, alle urban regions e a tutte quelle forme di mixed/multiple land use che caratterizzano i modelli di pianificazione territoriale a livello urbano e locale in era post-industriale [9; 10]. Riteniamo utile collocare questa trattazione nell'ambito urbano, in quanto la dimensione residenziale occupa in genere in questi modelli un ruolo prioritario e baricentrico rispetto alle altre, dal punto di sia vista economico, sia urbanistico, sia sociale.

2.4 Il caso della Provincia di Pescara

Il territorio dell'area pescarese, utilizzato come contesto di riferimento per il presente articolo, conta complessivamente 34 insediamenti residenziali. Essi danno vita ad un tessuto imprenditoriale di oltre 20.000 imprese, che occupano 43.635 addetti. I sistemi urbani caratterizzati dalla presenza di insediamenti industriali sono complessivamente 9, e sono rappresentati in figura 3. In essi è evidente la compresenza di sistemi urbani, industriali e rurali in zone geografiche molto ristrette.

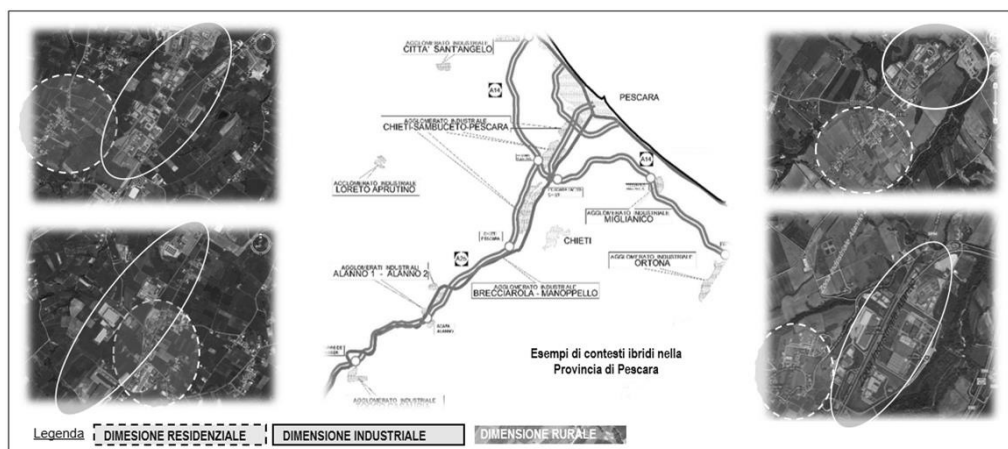


Fig. 3 – Esempi di contesti urbani ibridi nella Provincia di Pescara

2.5 Risultati preliminari

Il modello rappresentativo del contesto urbano ibrido qui proposto è costituito da tre principali dimensioni/sub-sistemi: residenziale, industriale, rurale (coltivazione e allevamento). Ognuno di essi, preso singolarmente, si caratterizza per la presenza di molteplici attività, numerosi input e output (generici e specifici), che possono avere origine e destinazione dal/sul territorio locale, oppure esterne ad esso. La versione preliminare, qui descritta, include le attività ed i flussi principali ed è rappresentata tramite un diagramma a blocchi in cui le entità interne ai sistemi (delimitati da confini) sono di tipo prettamente antropico (processi di produzione/trasformazione e uso/consumo), mentre le matrici ambientali di riferimento (atmosfera, biosfera e litosfera) sono considerate esterne. Per la costruzione del modello ci si è ispirati agli schemi proposti nell'analisi dei flussi intersettoriali di Villarroel Walker e Beck [12]. Di seguito vengono descritte le attività ed i flussi tipici di ognuno dei sub-sistemi analizzati.

- Sub-sistema residenziale (RES): da una ricognizione degli studi sul MU [7] emerge chiaramente come i centri urbani siano genericamente caratterizzati dalla presenza di attività di uso (di beni durevoli) e consumo (di beni ad utilizzo semplice, come alimenti), nonché da attività di costruzione di edifici, attività di servizi (pubblici e privati) e commercio. Nel modello non sono incluse attività di produzione industriale, che possono essere presenti nelle grandi città, ma sono molto limitate, o pressoché assenti nei piccoli centri. Sono invece sempre presenti infrastrutture ed impianti legati alle forniture di gas, elettricità ed acqua, così come allo smaltimento di rifiuti (principalmente solidi e liquidi).

- Sub-sistema industriale (INS): i sistemi industriali “pianificati”, tipici dei contesti urbani ibridi, come precedentemente descritto, non si caratterizzano in genere per la presenza di grandi impianti per le produzioni di base o estrattive; sono invece per lo più caratterizzati dalla presenza di impianti manifatturieri, che hanno trovato localizzazione grazie ad incentivi fiscali o politiche di sviluppo locale, oppure sono il risultato della crescita di un tessuto artigianale locale. Nel modello sono invece inclusi gli impianti di estrazione di materiali di base per l'edilizia e gli impianti di trasformazione di alimenti, che utilizzano input locali. I flussi tipici sono quindi quelli relativi agli input produttivi (materie prime e semilavorati) e agli output dei processi insediati (prodotti finiti, semilavorati, scarti e rifiuti) e agli impianti e infrastrutture di supporto [2; 3].

- Sub-sistema rurale (RUS): i contesti urbani ibridi nascono in genere su un tessuto locale di origine agro-rurale; quindi attività di coltivazione e allevamento sono quasi sempre presenti e

svolte, come attività principale o secondaria, da una parte cospicua della popolazione locale (a volte in maniera cooperativa). In alcuni casi sono presenti impianti di trasformazione o conservazione degli alimenti. I flussi tipici in input sono quindi collegati agli approvvigionamenti di sementi e piante, fertilizzanti, prodotti fitosanitari, mangimi, carburante per i mezzi agricoli, acqua per irrigazione e, come studi recenti hanno dimostrato, numerosi materiali ausiliari (maggiormente plastiche agricole, utilizzate per teli di pacciamatura, coperture di tunnel e serre, contenitori, big bags, vassoi, film termoretraibile e sacchetti; altri materiali rilevati sono carta, cartone, legno e metalli) [4]. I flussi in uscita dal sub-sistema sono invece principalmente i prodotti di origine vegetale e animale (e relativi scarti, che possono raggiungere anche il 30-35 % del totale), acque reflue, e rifiuti di materiali ausiliari.

A questi tre sub-sistemi di base, nel modello si aggiunge un quarto sub-sistema: quello energetico e dei rifiuti- (WES). Esso non viene considerato come parte integrante del contesto di partenza, per le seguenti ragioni: i) nelle economie dei piccoli centri urbano-industriali-rurali, non sempre l'attività di gestione dei rifiuti è appannaggio del singolo comune, anzi, viene spesso gestita da organi sovra-comunali e riguarda, in maniera quasi esclusiva, i rifiuti solidi urbani; ii) le attività di produzione di energia difficilmente sono presenti in tali contesti, e se lo sono, sono gestite da enti pubblici nazionali o in concessione da multinazionali; non hanno, quindi, un legame diretto con il tessuto sociale e imprenditoriale locale. Nel modello il WES viene collocato "sul confine" del sistema, in quanto si ritiene che in tali contesti, per economie di scala, sia vantaggioso prevedere forme di gestione condivisa di tali sub-sistemi tra due o più enti territoriali (pratica già in uso in molte di tali zone per alcuni servizi), svolge in sostanza un ruolo di "interfaccia" tra i contesti urbani.

2.6 Discussione

Tra i subsistemi identificati, soprattutto se localizzati nello stesso ambito territoriale, sono normalmente presenti degli scambi di natura commerciale, connessi alle forniture di prodotti e sottoprodotti destinati all'uso, consumo o trasformazione a livello locale. Le maggiori sinergie sono tuttavia evidenziabili considerando anche i flussi di scarti e rifiuti che possono generarsi tra essi ed integrando il modello con il sub-sistema WES (i flussi potenzialmente oggetto di sinergie sono identificati da numeri progressivi, che ne consentono anche una più facile identificazione nella figura 4):

- 1) I *rifiuti vegetali* derivanti dalle fasi agricole del RUS o dai processi di trasformazione dell'INS o di consumo del RES possono essere riutilizzati per *l'alimentazione animale* nel RUS;
- 2) I *rifiuti vegetali*, provenienti da aziende agricole del RUS oppure dal RES o dall'INS possono essere utilizzati per il *compostaggio* nel WES e poi tornare al RUS;
- 3) I *rifiuti vegetali* e i rifiuti derivanti dalle frazioni agricole del RUS o del RES o INS possono essere utilizzati per produrre *biogas* nel WES e poi restituire *calore e/o elettricità* al RES (o anche a RUS o INS);
- 4) I *rifiuti vegetali* derivanti da RUS, RES o INS possono essere utilizzati per produrre *biocarburanti* nel WES e quindi essere utilizzati nel RES (o RUS, per macchine agricole);
- 5) I *rifiuti differenziati* del RES (alluminio, acciaio, vetro, carta, plastica) possono essere *trattati* (ad es., raccolti, selezionati e triturati) nel WES per essere *riciclati* internamente (nell'INS) o anche destinati alla produzione di arredi urbani per il RES;
- 6) I *rifiuti da costruzione e demolizione* del RES possono essere trattati (selezione e triturazione) nel WES e quindi *riutilizzati* in lavori stradali (come fondo o per produzione di asfalto) all'interno del sistema;
- 7) I *rifiuti provenienti da altre fonti* da RES, RUS o INS possono essere trattati (*inceneriti*) nel WES per la produzione di *calore o elettricità* da ridistribuire al sistema;

- 8) Alcuni tipi di *imballaggi*, di metallo o di materia plastica, derivanti da RUS (ad esempio contenitori agricoli) o RES (ad esempio contenitori di rifiuti) possono essere *riparati* e restituiti al RUS;
- 9) La *dissipazione di calore* dall'INS può essere usata per il *riscaldamento di serre* nel RUS;
- 10) *Acqua calda o vapore* del RUS o dell'INS possono essere utilizzate per l'*allevamento di pesci* o per il *riscaldamento di capannoni e/o serre* nel RUS;
- 11) I *rifiuti vegetali* (frazione secca) del RUS, derivanti ad es. da potature, o dell'INS (industrie del legno), possono essere utilizzati per la produzione di *pellets* da utilizzare per il riscaldamento domestico in RES o in impianti industriali in INS;
- 12) Le *acque di scarico* possono essere *trattate* e riutilizzate per l'*irrigazione* in RUS o per l'utilizzo in RES e INS;
- 13) I *rifiuti riciclabili* dell'INS possono essere trattati nel WES e restituiti come materia prima secondaria all'INS, per le stesse (*riciclo a ciclo chiuso*) o altre produzioni o essere ceduti all'esterno (*riciclo a ciclo aperto*).

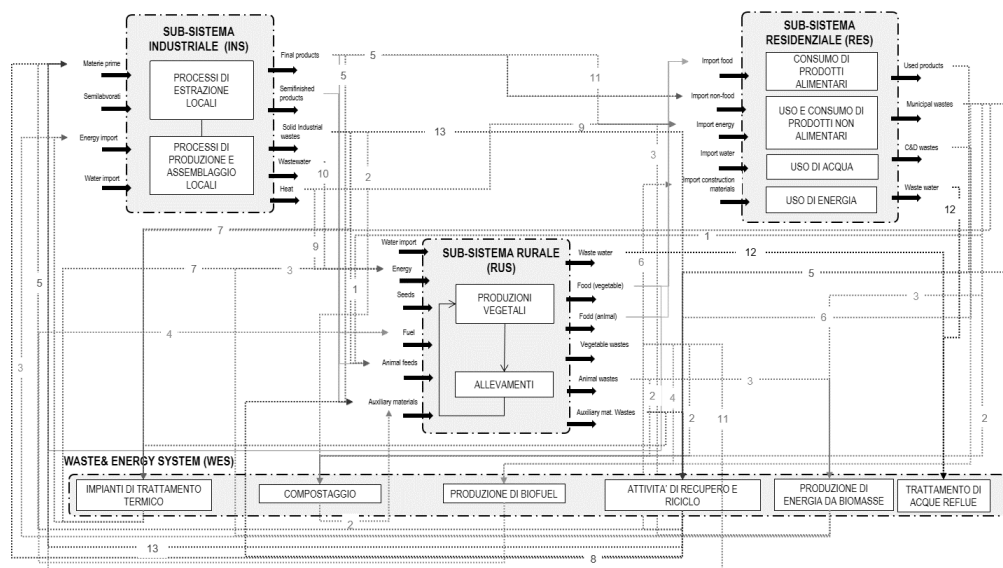


Fig. 4 – Sottosistemi, flussi materico-energetici e sinergie potenziali in contesti ibridi

3. Conclusioni

Il framework analitico proposto, basato su dati empirici e di letteratura, ha messo in evidenza i principali flussi e le sinergie tra le dimensioni residenziali, industriali e rurali di contesti urbani ibridi. L'indagine pilota condotta nel territorio della Provincia di Pescara conferma l'ampia diffusione di tali contesti, le cui tre dimensioni possono crescere sinergicamente. Tali risultati delineano significative aree di avanzamento scientifico nel filone dell'EI e potenziali impatti applicativi. Le fasi successive della ricerca includono una definizione più rigorosa, una tassonomia di tali contesti e un test multiplo on-site del framework.

Bibliografia

- [1] Ayres R.U., Ayres L.W., "Industrial Ecology: Towards Closing the Material Cycles". Edward Elgar, Cheltenham, 1996
- [2] Taddeo R., Simboli A., Morgante A., *Implementing eco-industrial parks in existing clusters. Findings from a historical Italian chemical site.* J Clean Prod 33: 22–29, 2012

- [3] **Simboli A., Taddeo R., Morgante A.**, *Analysing the development of Industrial Symbiosis in a motorcycle local industrial network: The role of contextual factors*. *J Clean Prod* 66: 372–383, 2014
- [4] **Simboli A., Taddeo R., Morgante A.**, *The potential of Industrial Ecology in agri-food clusters (AFCs): A case study based on valorisation of auxiliary materials*. *Ecol Econ* 111: 65–75, 2015
- [5] **Taddeo R.**, *Local industrial systems towards the eco-industrial parks: The model of the ecologically equipped industrial areas*. *J Clean Prod* 131: 189–197, 2016
- [6] **Taddeo R., Simboli A., Morgante A., Erkman S.**, *The Development of Industrial Symbiosis in existing contexts. Experiences from three Italian clusters*. *Ecol Econ* 139: 55–67, 2017
- [7] **Kennedy C., Cuddihy J., Engel-Yan J.**, *The changing metabolism of cities*. *J Ind Ecol* 11:43–59, 2007
- [8] **Chertow M.R.**, *Industrial symbiosis: literature and taxonomy*. *Annu Rev Energ Env* 25: 3133–37, 2000
- [9] **Van der Berg L.**, “Urban Systems in a Dynamic Society”. Gower, Aldershot, 1987
- [10] **Knox P., Pinch S.**, “Urban Social Geography. An introduction”. Pearson Education Limited, Essex, 2010
- [11] **Lefebvre C.**, “L’area urbana di Chieti-Pescara tra periferia e centralità”. In: Landini P (ed) *Abruzzo. Un modello di sviluppo regionale*, 1st edn. Società Geografica Italiana, Roma, pp 91-114, 1999
- [12] **Villarroel Walker R., Beck M.B.**, *Understanding the metabolism of urban-rural ecosystems: A multi-sectoral systems analysis*. *Urban Ecosys* 15: 8098–48, 2012

Carbon Waste Print: un nuovo metodo di calcolo della CO₂ evitata, per sistemi di tariffazione puntuale in base al servizio reso

*Andrea Valentini, Studio Associato Wastelab, wastelab.andrea@gmail.com;
Benedetta De Santis, Giunko srl; Noemi De Santis, Giunko srl, Enzo Vergalito,
EWAP Soc. Coop.*

Riassunto

Avendo osservato l'elevata frammentazione dei sistemi incentivanti applicati in Italia e l'impossibilità di considerare azioni virtuose di prevenzione dei rifiuti, si propone un nuovo modello di calcolo da applicare ai sistemi di tariffazione puntuale, che determina la CO₂ evitata da diverse azioni effettuate dall'utente sia finalizzate alla riduzione della produzione di rifiuti, sia al recupero degli stessi. Il modello è stato sperimentato nel Comune di Mompeo (RI), mostrando risultati interessanti in termini di premialità alle utenze, pur se applicato in un contesto che aveva già raggiunto importanti obiettivi ambientali. Per facilitare l'utente alla comprensione del nuovo sistema seguendo direttamente le conseguenze dei propri comportamenti, all'iniziativa è stata associata una modalità innovativa di comunicazione attraverso una specifica utility App.

Summary

Having observed the high fragmentation of the incentive systems applied in Italy and the inability to consider virtuous waste prevention measures, a new calculation model is proposed to apply a "pay as you throw" (payt) system, which determines CO₂ avoided by various actions taken by the user, aimed at both reducing and recovering waste production. The model was tested in the Municipality of Mompeo (RI), showing interesting results in terms of customer reward, even if applied in a context that had already achieved significant environmental goals. To help the user understand the new system by directly following the consequences of his behaviors, the initiative has been associated with an innovative way of communicating through a specific App utility.

1. Introduzione

Nella gestione dei rifiuti urbani l'azione più efficace di riduzione dell'impatto è quella di non produrre i rifiuti. Per quanto semplice ed ovvia, lo sviluppo della tariffazione puntuale in Italia, anche attraverso l'ultimo Decreto del 20 aprile 2017, non riesce a tenerne conto o ad incentivarlo in modo chiaro e diretto.

Alcuni stimoli, seppur timidi, sono arrivati anche dalla Legge n.221/2015, che all'art. 36 chiede di considerare anche le "attività di prevenzione nella produzione di rifiuti, commisurando le riduzioni tariffarie alla quantità di rifiuti non prodotti".

I sistemi di premialità dei comportamenti virtuosi delle utenze nella gestione dei rifiuti, in Italia, si sono storicamente sviluppati in modo estremamente frammentato, limitando l'azione

principale dei sistemi di tariffazione puntuale esclusivamente alla frazione del Rifiuto urbano residuo (Rur), ed aggirando l'inefficacia di tale limitazione attraverso modalità complementari quali: incentivi presso i Centri Raccolta (CdR), sconti sull'adesione al compostaggio domestico, rimborsi sul conferimento di contenitori in plastica presso idonei eco-compattatori. Tale frammentazione ha determinato valori economici irrisori a vantaggio dell'utenza più virtuosa (dell'ordine di qualche Euro/anno ad utenza), di fatto riducendo le potenzialità complessive dei sistemi di tariffazione.

In molti paesi avanzati europei sono state avviate modalità di contabilizzazione dei rifiuti, non solo al conferimento della frazione secca residua, ma anche alle frazioni recuperabili, quali organico, secco riciclabile ed altri. Tali modelli hanno evidenziato notevoli performances, e come valore aggiunto hanno portato ad incentivare indirettamente anche azioni di prevenzione, quali la promozione del compostaggio domestico, che in alcune regioni del Belgio, ha raggiunto un'adesione del 35% delle famiglie [1].

2. Modello proposto

Nelle ricerche di un modello alternativo agli attuali sistemi di tariffazione puntuale utilizzati in Italia, sono stati considerati due obiettivi: (1) il tener conto di tutte le azioni "invisibili" di riduzione dei rifiuti che può svolgere l'utente e (2) l'individuare un parametro che possa raccogliere in un unico valore le diverse componenti che rappresentano la gestione dei rifiuti urbani, sia nella pluralità dei modi di conferimento del rifiuto che in quelli di prevenzione.

Nel presente studio si propone un nuovo metodo di calcolo, denominato **Carbon WastePrint**, che si basa principalmente, ma non solo, sulla contabilizzazione dei conferimenti delle diverse tipologie di rifiuto prodotte dall'utente e sul confronto di queste con i conferimenti attesi, determinati in base al numero di componenti familiari e dai parametri di calcolo della Tari.

Il confronto con i valori attesi (e, quindi, la differenza tra conferimenti effettivi e conferimenti attesi) permette di quantificare l'efficacia delle attività di prevenzione dell'utente rispetto a valori medi presunti in base alla caratterizzazione del suo nucleo familiare.

La distribuzione dei conferimenti effettivi, invece, permette di evidenziare l'efficacia delle azioni di separazione dei flussi (raccolta differenziata).

Come parametro rappresentativo della gestione dei rifiuti da parte dell'utente si è scelta la riduzione di impatto ambientale espressa in termini di CO₂ evitata, calcolata attraverso indici già valutati in altri studi [2, 3]. In tabella 1 sono riassunti alcuni indici di impatto considerati nel presente modello, adattati dai citati studi (i valori devono essere considerati riferiti ad uno scenario base di gestione dei rifiuti urbani individuato dagli autori).

Merceologia	Emissioni di Gas Serra per attività di Riduzione (kgCO ₂ ,eq/kg)	Emissioni di Gas Serra per attività di Riciclo (kgCO ₂ ,eq/kg)	Emissioni di Gas Serra per attività di Smaltimento (kgCO ₂ ,eq/kg)	Emissioni di Gas Serra per attività di Compostaggio (kgCO ₂ ,eq/kg)
Frazione Organica	-3,66	nd	0,54	-0,18
Carta	-6,65	-3,53	0,07	nd
Vetro	-0,53	-0,28	0,02	nd
Plastica	-1,92	-1,02	0,02	nd
Indifferenziato	nd	nd	0,35	nd

Tab. 1 – Valori di Emissione di Gas Serra per singole attività di gestione dei rifiuti urbani per le principali merceologie di rifiuto rispetto allo scenario base individuato

I vantaggi del sistema proposto sono diversi, come, a titolo esemplificativo:

➤ le utenze, vedendo particolarmente premiate le attività di riduzione, svilupperebbero mag-

giore sensibilità verso azioni di prevenzione, quali l’informatizzazione per prevenire l’uso della carta, gli acquisti sostenibili ed il vuoto e rendere, od ancora azioni contro lo spreco del cibo o l’autocompostaggio;

➤ non sarebbe più necessario per l’Ente il controllo dell’attività di autocompostaggio o la limitazione all’utente del conferimento della frazione organica, o premialità specifiche computate sulla fiscalità generale, in quanto tale azione verrebbe già misurata al momento dell’esposizione del relativo contenitore.

3. Sperimentazione a Mompeo (RI)

Nel Comune di Mompeo (RI), assieme al gestore SAProDiR srl e grazie al contributo del socio privato Rieco Spa, è stata avviata una sperimentazione che permette sia di calibrare il modello proposto di tariffazione puntuale, sia di associare, alla CO₂ evitata dalle utenze, un valore economico coerente con i risparmi riscontrati nella gestione dei rifiuti urbani.

Non potendo, in questa fase, applicare lo sconto sulla Tari, le utenze sono state incentivate attraverso un concorso che prevede un premio finale all’utenza risultante “più sostenibile” dall’applicazione del modello.

Nel Comune di Mompeo il servizio di raccolta è di tipo domiciliare sull’intero territorio ed a tutte le utenze sono stati forniti contenitori rigidi, mastelli o bidoni, dotati di transponder per la lettura dei singoli conferimenti.

Le frequenze di raccolta risultano come segue:

- frazione secco residuo: 1 v/sett
- frazione organica: 3 vv/sett
- frazione carta e cartone: 1 v/sett
- frazione plastica e metalli: 1 v/sett
- frazione vetro: 1 v/15gg

Non essendo presente un Centro di Raccolta Comunale (gli utenti sono invitati a conferire presso il Centro di Raccolta Intercomunale di Torricella Sabina), in questa fase sperimentale si è preferito limitare la valutazione ai conferimenti relativi alle sole raccolta domiciliari.

In tabella 2 si riportano le caratteristiche principali del territorio comunale.

Caratteristica	Valore	Unità Misura
Popolazione residente	530	abitanti
Superficie territoriale	10,89	kmq
Densità abitativa	48,7	ab/kmq
Famiglie	271	unità
Utenze domestiche	476	unità
Utenze non domestiche	15	unità
Produzione rifiuti (anno 2016)	160,8	ton

Tab. 2 – Caratterizzazione del territorio del Comune di Mompeo (RI)

La sperimentazione è stata avviata il 15 marzo 2017 e suddivisa in due fasi:

1) la prima fase, cosiddetta “bianco”, rileva i dati di esposizione delle utenze senza aver in alcun modo informato la popolazione, in modo da comprendere le abitudini indipendenti da qualunque stimolo di natura economica; tale fase è durata tre mesi, dal 15 marzo e al 14 luglio 2017;

2) la seconda fase, “sperimentazione”, dopo idonea comunicazione alle utenze, ha monitorato i cambiamenti conseguenti all’incentivo economico; anche questa fase ha durata complessiva programmata di tre mesi, dal 15 luglio al 14 ottobre 2017.

Come evidenziato dai dati, il territorio è caratterizzato da un'elevata presenza di seconde case, per cui il numero di utenze e la produzione di rifiuti tende a incrementare notevolmente nel periodo estivo, in particolare nel mese di Agosto.

Inoltre, dati i tempi ristretti dell'intero studio, si è preferito applicare il modello confrontando le esposizioni nella fase di "sperimentazione" con quelle della fase di "bianco" per singola utenza, e, successivamente, verificando la simulazione con i valori attesi. Tale soluzione è risultata, peraltro, più efficace in termini di comprensione dell'iniziativa da parte delle stesse utenze durante l'attività di comunicazione effettuata alla fine del mese di Giugno.

4. Risultati

Essendo il periodo di analisi dei conferimenti piuttosto breve, i risultati di seguito descritti sono da considerarsi "*work in progress*" ed è prevista la prosecuzione della sperimentazione anche successivamente alla premiazione dell'utenza risultante vincitrice.

I dati raccolti, sia per la fase di "bianco", che per quella di "sperimentazione", sono stati normalizzati al periodo annuo, per permettere il confronto di periodo differenti.

I volumi sono calcolati considerando l'intera dimensione del contenitore, senza alcuna riduzione.

Vista la criticità della presenze di utenze non residenti nel periodo estivo, per permettere il confronto tra dati omogenei nei due periodi di studio, nelle valutazioni che seguono sono considerate unicamente le utenze domestiche che nella fase di "bianco" hanno esposto almeno per il 20% delle giornate complessive di raccolta.

Applicando tale filtro le utenze oggetto di analisi risultano:

- utenze domestiche: 147 unità
- utenze non domestiche: 10 unità

Nel periodo di "bianco", incrociando i volumi dei contenitori svuotati con le pesate dei materiali conferiti agli impianti sono stati stimati i seguenti pesi specifici:

- frazione secco residuo: 92 kg/mc
- frazione organica: 225 kg/mc
- frazione carta e cartone: 74 kg/mc
- frazione plastica e metalli: 48 kg/mc
- frazione vetro: 221 kg/mc

Tali valori sono determinati ipotizzando che i contenitori fossero tutti pieni al momento della raccolta.

In tabella 3 si riportano i dati censiti dei volumi esposti, nella fase di "bianco", e le stime delle quantità di rifiuto conferite, in base ai pesi specifici precedentemente determinati, sia per le utenze nel loro complesso che per le sole utenze domestiche.

In tabella 4 si riportano gli stessi valori nella fase di "sperimentazione".

I risultati nel loro complesso non mostrano una significativa riduzione dei conferimenti, ma si devono tener presente i seguenti fattori:

1) già nella fase di "bianco" la produzione procapite del Comune di Mompeo risulta molto bassa (227 kg/ab/anno), la raccolta differenziata elevata (73,4%) e il rifiuto secco residuo conferito a discarica molto basso (57 kg/ab/anno);

2) nel periodo estivo (fase della sperimentazione), essendo necessario un maggiore consumo di liquidi, le esigenze delle utenze e la tipologia dei rifiuti si modificano, portando, generalmente, ad una maggiore produzione di plastica, ed ad un peso maggiore del rifiuto organico, a causa dell'elevata presenza di verdura e frutta.

Merceologia	Utenze totali		Utenze domestiche	
	Volumi (lt/anno)	Quantità (kg/anno)	Volumi (lt/anno)	Quantità (kg/anno)
Secco residuo	248.000	22.781	196.640	18.063
Frazione Organica	204.540	46.059	145.140	32.683
Carta	210.080	15.461	132.960	9.786
Vetro	61.355	13.575	45.530	10.073
Plastica	255.680	12.212	214.080	10.225
Totale	979.655	110.087	734.350	80.830

Tab. 3 – Valori rilevati, nella fase di “bianco”, per utenze domestiche e utenze totali, espressi in volumi svuotati (lt/anno) e quantità raccolta (kg/anno) per frazione merceologica

Merceologia	Utenze totali		Utenze domestiche	
	Volumi (lt/anno)	Quantità (kg/anno)	Volumi (lt/anno)	Quantità (kg/anno)
Secco residuo	232.800	21.384	191.360	17.578
Frazione Organica	164.460	37.033	142.980	32.196
Carta	213.040	15.679	151.400	11.143
Vetro	55.160	12.204	41.015	9.074
Plastica	247.120	11.803	206.440	9.860
Totale	912.580	98.104	733.195	79.852

Tab. 4 – Valori rilevati, nella fase di “sperimentazione”, per utenze domestiche e utenze totali, espressi in volumi svuotati (lt/anno) e quantità raccolta (kg/anno) per frazione merceologica

Per meglio comprendere l’incidenza di tali fattori, in tabella 5, sono stati confrontati i risultati dei due periodi, relativi alle utenze domestiche, con i valori attesi dal modello, ovvero considerando una produzione standard per tipologia di utenza in base al numero di componenti familiari, e stimando il numero di svuotamenti atteso in relazione al riempimento dei contenitori.

Merceologia	Valori attesi (A) (kg/anno)	Bianco (B) (kg/anno)	Sperimentazione (C) (kg/anno)	Variazione (C-A) (%)
Secco residuo	21.399	18.063	17.578	-18%
Frazione Organica	38.551	32.683	32.196	-16%
Carta	8.620	9.786	11.143	29%
Vetro	13.213	10.073	9.074	-31%
Plastica	8.454	10.225	9.860	17%
Totale	90.237	80.830	79.852	-12%

Tab. 5 – Confronto tra i valori attesi in base alla caratterizzazione delle utenze domestiche ed i valori rilevati nella fase di bianco e sperimentazione, e variazione tra i dati della sperimentazione e quelli attesi per frazione merceologica

La tabella evidenzia come i valori attesi di produzione per singola merceologia risulterebbero decisamente superiori a quelli riscontrati sia nella fase di “bianco” che in quella di “sperimentazione”, ad esclusione delle frazioni carta e plastica, confermando che la variazione tra sperimentazione e bianco è risultata bassa proprio a causa della condizione iniziale. Si osserva, inoltre, come le frazioni che presentano un migliore impatto in termini di riduzione

sono secco residuo (-18%), frazione organica (-16%) e vetro (-31%), mentre carta (+29%) e plastica (+17%) sono intercettate in quantità maggiori di quelle attese.

Si evidenzia, ancora, come la percentuale di raccolta differenziata, considerando solo le principali frazioni merceologiche sopra esposte, risulta elevata (78%), ma costante in tutti e tre gli scenari (valori attesi, valori monitorati bianco e valore monitorati sperimentazione), mostrando come l'elemento importante nella riduzione dell'impatto ambientale sia proprio la riduzione dei rifiuti.

Per il calcolo dell'impatto ambientale in termini di CO₂ evitata, vista l'esiguità della variazione dei valori tra "bianco" e "sperimentazione", si è preferito confrontare quest'ultima con i valori attesi di produzione. Applicando i coefficienti di impatto indicati in tabella 1, con le seguenti ipotesi:

- per i rifiuti destinati a recupero, si considera l'impatto del coefficiente di riciclo/recupero quando i valori sono in aumento e l'impatto del coefficiente di riduzione quando i valori sono in diminuzione;
 - per il secco residuo, si considera l'impatto del coefficiente di smaltimento quando i valori sono in aumento e l'impatto del coefficiente di riduzione quando i valori sono in diminuzione.
- In base a tali ipotesi, in tabella 6 si riporta il risultato ricavato, per frazione merceologica e complessivo, di impatto ambientale in termini di CO₂ evitata, confrontando la variazione di produzione tra sperimentazione e valori attesi.

Merceologia	Variazione tra valori attesi e sperimentazione (kg/anno)	Impatto ambientale (kgCO ₂ /anno)	Impatto ambientale medio per utenza (kgCO ₂ /ut/anno)
Secco residuo	-3.821	-6.748	-46
Frazione Organica	-6.355	-11.058	-75
Carta	2.523	3.931	27
Vetro	-4.138	-516	-4
Plastica	1.406	633	4
Totale	-10.385	-13.758	-94

Tab. 6 – Calcolo della riduzione di impatto ambientale in termini di CO₂ evitata confrontando i valori attesi in base alla caratterizzazione delle utenze domestiche ed i valori rilevati nella fase di sperimentazione

Si specifica che la valutazione riportata in tabella 6 è determinata in base ai valori complessivi sull'intero territorio comunale, mentre diverso sarebbe il calcolo se applicato ad ogni singola utenza e poi complessivamente sommato.

Quest'ultimo aspetto è in corso di analisi durante la stesura della presente relazione, in particolare per l'analisi tra "bianco" e "sperimentazione".

Tuttavia, le prime simulazioni per singolo utente mostrano che, nonostante l'esigua differenza di comportamento tra fase di bianco e sperimentazione, ipotizzando un valore economico della CO₂ evitata pari a 30 €/tonCO₂, il 2% delle utenze avrebbe raggiunto una premialità superiore a 20 Euro/anno e l'8% delle utenze avrebbe raggiunto una premialità compresa tra 10 e 20 Euro/anno.

Applicando la stessa simulazione alla differenza tra fase sperimentale e valori attesi (condizione più vicina alla realtà di molti Comuni) il numero di utenze che avrebbe raggiunto una premialità superiore a 20 Euro/anno sarebbe stato superiore al 30%.

5. Canali di comunicazione innovativi con le utenze

L'iniziativa è stata comunicata alla popolazione attraverso i consueti canali promozionali (affissioni, volantinaggio, sportello comunale), ma anche attraverso un canale innovativo, una

utility *App* verticale: **Junker**. La *App*, di portata nazionale, è stata configurata anche per il Comune di Mompeo, con le informazioni della raccolta e con la comunicazione della promozione legata all'iniziativa oggetto del presente studio. Il vantaggio derivante dall'uso della *App* mobile è duplice: (1) il messaggio arriva direttamente al target più interessato alla raccolta e (2) permette agli utenti di tracciare i propri conferimenti e visionare eventuali premialità, sconti o ecopunti associati ai propri comportamenti.

6. Conclusioni

Il modello proposto di calcolo dell'impatto ambientale determinato da un utente in termini di CO₂ evitata (**Carbon WastePrint**) permette di quantificare sia le azioni di riciclo dei rifiuti, sia quelle di riduzione di rifiuti; quest'ultime, paradossalmente, pur essendo l'obiettivo prioritario richiesto alle utenze, negli attuali modelli di tariffazione puntuale non sono considerate. Una prima applicazione del modello nel Comune di Mompeo (RI), anche se non ancora conclusa, ha evidenziato le interessanti potenzialità del modello, stimando una riduzione superiore ai 10 Euro/anno, in Tari, per circa il 10% delle utenze domestiche del territorio; tale performance deve essere analizzata tenendo presente che, prima dell'avvio della sperimentazione, il Comune aveva già raggiunto importanti risultati, con una raccolta differenziata intorno al 75% ed un secco residuo conferito a discarica inferiore ai 60 kg/ab/anno, e, quindi, pur se incentivate economicamente, le utenze del territorio presentano maggiori difficoltà a migliorare i propri comportamenti.

Infatti, la stessa applicazione rispetto a condizioni più simili alla maggior parte delle realtà italiane avrebbe permesso di raggiungere riduzioni superiori ai 20 Euro/anno, in Tari, ad oltre il 30% delle utenze domestiche del territorio comunale.

Bibliografia

- [1] **ESPER e Associazione Comuni Virtuosi**, "10 Percorsi Europei Virtuosi. Verso la Tariffazione Incentivante", www.esper.it
- [2] **U.S. Environmental Protection Agency**, "Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM)", ICF International, 2016
- [3] **Wrap**, "A methodology for quantifying the environmental and economic impacts of reuse", Final Report, 2011, www.wrap.org.uk

Affidamento del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani con una procedura innovativa: il dialogo competitivo – il caso di S.C.R.P.

Riccardo Venturi, r.venturi@sintesionline.eu, Sintesi Srl, Padova; Giorgio Ghiringhelli, ARS ambiente Srl, Varese; Andrea Di Lascio, Studio Legale DL&M, Bergamo; Jacopo Quintavalli, Studio Legale Capecchi, Quintavalli, Tieri, Firenze; Ing. Carlo Senesi, Project Manager, Genova; Mario Campanini, SCRP, Crema.

Riassunto

SCRP è una società pubblica di Crema che ha fatto da stazione appaltante del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani per i 49 comuni soci, con la procedura del “dialogo competitivo” ai sensi dell’art. 58 del D.Lgs. 163/2006. La procedura ha preso il via ad agosto 2015 con la pubblicazione della Manifestazione d’interesse, alla quale è seguita la fase di “dialogo competitivo” per i soggetti invitati, che ha portato alla costruzione di un capitolato tecnico e una base d’asta sulla base delle proposte progettuali presentate dagli stessi; su questo capitolato sono state chieste le offerte arrivando ad aggiudicazione ad aprile 2017.

La complessità della procedura ha garantito una selezione a monte degli operatori economici più strutturati e affidabili, per via dell’impegno necessariamente connesso alla partecipazione.

Summary

The public society SCRP in Crema was the contracting authority for the urban waste management service in the 49 associated municipalities by means of the competitive dialogue procedure under Article 58 of the Legislative Decree No 163/2006. The procedure began in August 2015 with the publication of the expression of interest, followed by the competitive dialogue for invited subjects. On the basis of the project proposals presented by them, the technical specifications and the starting bidding has been identified and the offers have been required. The contract has been awarded in April 2017.

The complexity of the procedure and the effort required by the participation guaranteed the early selection of the more structured and reliable economic operators.

1. Introduzione

SCRP (Società Cremasca Reti e Patrimonio) è una società pubblica con sede a Crema, individuata da 49 comuni soci quale stazione appaltante del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani sul proprio territorio: oltre 600 kmq con una popolazione di circa 165.000 abitanti e 8.000 utenze non domestiche. La modalità di raccolta prevalente è porta a porta secco-umido e per le frazioni riciclabili, con una rete di sette piattaforme sovracomunali e centri di raccolta nei comuni che non hanno accesso alle piattaforme principali. Nel 2015 la percentuale di raccolta differenziata è stata del 70%, con un pro-capite di 414 kg/abitante, in linea con i risultati degli anni precedenti.

I comuni, con un documento di indirizzo del 29/03/2014, avevano scelto la procedura del “dialogo competitivo” ai sensi dell’art. 58 del D.Lgs. 163/2006 (norma di riferimento nel corso di tutto il procedimento).

Gli obiettivi erano quelli di ottimizzare la procedura e la successiva gestione dell’appalto grazie all’affidamento ad un unico soggetto (SCRIP), raggiungendo risultati di tipo economico (riduzione dei costi) e ambientale (riduzione della produzione, aumento della raccolta differenziata e del recupero di materiale, pulizia del territorio).

Vista la novità e complessità della procedura scelta SCRIP ha ritenuto di affiancare al proprio *staff* tecnico un gruppo di consulenti (composto da figure tecniche esperte nel settore rifiuti e legali con competenza in materia di appalti pubblici) e un *project manager* esterno. L’assemblea dei soci ha inoltre istituito un gruppo ristretto con propri rappresentanti col mandato di vigilare che il tutto si svolgesse nell’ambito del mandato concesso a SCRIP dall’assemblea stessa.

2. Il dialogo competitivo

2.1 Strumento giuridico del dialogo competitivo

Nella prima fase della procedura, le amministrazioni aggiudicatrici, con il chiaro intento di stimolare l’iniziativa dei privati, pubblicano un bando di gara - una sorta di documento descrittivo - in cui rendono note le loro necessità e le loro esigenze. Il dialogo, in effetti, prende avvio sulla base della rappresentazione delle necessità e delle esigenze dell’amministrazione, sicché il privato non detiene nessun margine iniziale di condizionamento degli interessi pubblici sottesi al contratto da aggiudicare, ma può soltanto esprimersi, successivamente per affinarne i caratteri. Le amministrazioni aggiudicatrici, come nel caso di specie, avviano con i candidati selezionati un dialogo finalizzato all’individuazione e alla definizione dei mezzi più idonei a soddisfare le proprie necessità. Se l’amministrazione resisterà alla tentazione di entrare troppo nel dettaglio, infatti, potrà raggiungersi una più ampia valorizzazione di quel meccanismo che costituisce la matrice fondamentale dell’istituto e, cioè, della sussidiarietà orizzontale, fermo restando che i fini ultimi sono comunque delineati in partenza dalla parte pubblica.

All’iniziativa dell’amministrazione, dopo la pubblicazione del bando, fa seguito la presentazione delle domande dei privati (candidati) che sollecitano l’invito dell’amministrazione; tale invito ha ad oggetto non già la presentazione di un’offerta, ma la prospettazione di soluzioni, secondo una latitudine di innovazione ed un grado di efficacia che la stessa amministrazione predetermina. All’invito, che presuppone ovviamente una valutazione delle condizioni soggettive (capacità economica, tecnica, finanziaria) dei partecipanti, segue la presentazione delle proposte.

L’apporto del privato riguarda tutti gli aspetti della “soluzione”, sicché non parrebbe necessariamente doversi ridurre a quelli tecnico-progettuali: le amministrazioni, infatti, possono discutere con i candidati selezionati tutti gli aspetti del contratto, compresi quelli squisitamente giuridici e quelli riferiti alle grandezze economiche di massima, ovviamente correlandole con i contenuti tecnico progettuale e, quindi, in ultima analisi, con l’elemento qualitativo complessivo, rispetto al quale le prime si pongono in una relazione di *trade-off*. La norma non individua modalità rigide circa lo svolgimento del dialogo, sicché si potrebbe pure immaginare uno “scambio” non documentale e cartaceo.

2.2 Fasi di dialogo

La normativa cadenza l’evoluzione del dialogo delineando una prima eventualità nello sviluppo del procedimento. È infatti contemplata la possibilità per le amministrazioni aggiudicatrici di limitare il numero di candidati idonei che inviteranno a partecipare al dialogo, purché vi sia un numero sufficiente di candidati idonei, siano indicati nel bando di gara i criteri o le norme

obiettivi e non discriminatori che intendono applicare, e sia individuato il numero minimo (che non può essere inferiore a tre) e massimo di candidati che saranno invitati. In ogni caso, il numero di candidati invitati deve essere sufficiente ad assicurare un'effettiva concorrenza. L'art. 44 citato aggiunge poi il divieto di "includere" nella procedura altri operatori economici che non abbiano chiesto di partecipare o candidati che non abbiano le capacità richieste.

Accanto a questa prima opzione – incentrata sulla possibilità per l'amministrazione di limitare da subito il numero degli invitati – la legge delinea una seconda ipotesi. L'articolo 29, 4° comma 42, infatti, prevede infatti la possibilità per l'amministrazione di introdurre "sbarramenti" successivi che riducano progressivamente lo spettro dei concorrenti, purché il ricorso a tale facoltà sia esplicitato nel bando di gara o nel documento descrittivo.

La considerazione della disciplina di queste iniziali scansioni del procedimento sollecita una serie di riflessioni. In primo luogo, l'introduzione di un numero massimo e minimo di concorrenti (la "forchetta") e la frantumazione della procedura in fasi successive, se costituiscono importanti strumenti che l'amministrazione può utilizzare per "confezionare" un procedimento che risponda alle esigenze della concreta "operazione non standardizzabile" che essa intende realizzare, rappresentano altrettante occasioni di contenzioso giurisprudenziale, in deroga al principio secondo cui è impugnabile il solo atto finale della gara.

In secondo luogo, vi è il delicato tema dei margini di sostenibilità e di diffusione delle informazioni svelate dai concorrenti o possedute dall'amministrazione. La previsione normativa dell'art. 43 non pone un divieto assoluto di diffusione, in quanto ammette la comunicazione con il consenso del concorrente, anche se riesce difficile immaginare un candidato che consenta di divulgare ad altri competitori gli elementi su cui ha costruito la propria offerta.

2.3 Elementi chiave per il caso specifico (rifiuti)

Nel caso specifico, la stazione appaltante ha posto una serie di obiettivi di incremento qualitativo della gestione, già caratterizzata dal consolidamento di *standard* piuttosto elevati rispetto alla media nazionale. In particolare, il primo documento di gara, ossia quello programmatico di enunciazione dei bisogni e dei risultati da conseguire, ha declinato i livelli di incremento della raccolta differenziata attesi, ha definito criteri di preferenza per soluzioni tecniche capaci di assicurare una riduzione dell'impronta ambientale scaturente dall'attività oggetto di gestione, nonché, non meno importante, ha chiaramente impresso alla procedura di dialogo una direzione mirante verso la ricerca di progetti e soluzioni di carattere innovativo, con riguardo specificamente allo sviluppo, in corso di esecuzione del servizio, del sistema di tariffazione puntuale.

L'aver dettato condizioni ed obiettivi piuttosto ambiziosi, e quindi l'aver chiaramente preteso un capitolato complessivo di livello qualitativamente elevato e connotato da tratti innovativi, ha avuto come primo risultato quello della naturale selezione della platea di interessati. Ciò, si è coniugato, anche dal punto di vista economico, con l'esigenza di contenimento dei costi che, dal connesso punto di vista industriale, è raggiungibile esclusivamente mediante la generazione di economie di scala e, come detto, dalla concentrazione in un ambito territoriale ottimale e dalla risposta di pochi operatori di dimensioni ed esperienza considerevoli.

L'avanzamento del dialogo, poi, con un novero ristretto di operatori, per lo più raggruppati, ha consentito di affinare in maniera proficua tutte le parti degli atti della seconda fase di gara, ossia di quella fase preordinata alla richiesta dell'offerta finale, imbastendo un capitolato prestazionale adeguato agli obiettivi prefissati, cogliendo le parti migliori dei progetti ricevuti nella prima fase, come affinati nelle more del primo confronto, e ben coordinato con la parte giuridico-economica.

La scelta di non aver previsto incentivi economici ha, stante il volume d'affari consistente del contratto messo in gara ed il livello prestazionale di partenza, disincentivato la partecipazione

di soggetti miranti esclusivamente a benefici premiali immediati e non seriamente intenzionati ad ottenere l'aggiudicazione.

3. Il caso SCRP

3.1 La Manifestazione d'interesse

Ad agosto 2015 è stata pubblicato il “Bando di gara per l'affidamento del servizio di gestione ambientale integrata dei rifiuti urbani e assimilati nei Comuni soci della Società Cremasca Reti e Patrimonio (SCRP) tramite il ricorso alla procedura del dialogo competitivo” [1].

Tale documento individuava:

- i servizi oggetto di affidamento;
- il valore annuo indicativo dell'appalto (pari a € 17.502.944);
- i requisiti di partecipazione (sia economici che tecnici, con regole per i Raggruppamenti di impresa che prevedevano almeno il 60% in capo alla mandataria, al fine di evitare un'eccessiva frammentazione);
- la descrizione della procedura e delle sue fasi;
- i criteri e le modalità di aggiudicazione, punto questo tanto fondamentale in quanto vincente nella successiva fase di presentazione dell'offerta per specificare la griglia di valutazione della medesima.

Al bando erano allegati il modulo per l'”Istanza di manifestazione di interesse e contestuale dichiarazione sostitutiva” e un “Documento tecnico descrittivo” costituito da:

- Descrizione dello stato di fatto dei Comuni interessati dalla procedura;
- Indicazioni sul servizio oggetto dell'affidamento;
- Flussi di rifiuti attesi;
- Costi storici dei servizi e stima del valore indicativo dell'appalto;
- Sintesi delle autorizzazioni delle Piattaforme ecologiche sovra comunali presenti nel territorio.

Alla manifestazione d'interesse hanno risposto, entro la data stabilita del 21/09/2015, tre raggruppamenti di imprese.

A partire da questa prima fase la procedura è stata condotta sotto il vincolo della massima riservatezza.

3.2 Il dialogo competitivo

Con lettera del 9/12/2015 i tre raggruppamenti, tutti in possesso dei requisiti, sono stati invitati alla fase di “dialogo competitivo”. Nella lettera si chiedeva di formulare una prima proposta progettuale sulla base di un allegato “Schema per la presentazione del progetto” e attenendosi a quanto già indicato nel Bando di gara e nell'allegato “Documento tecnico descrittivo”. Lo schema di progetto allegato riportava un indice al quale attenersi rigorosamente con indicazioni sui contenuti da inserire e sulla lunghezza massima per ogni capitolo: questa impostazione era finalizzata a rendere le tre proposte perfettamente confrontabili tra loro e facilitare le successive fasi della procedura.

Un aspetto particolarmente rilevante è quello economico, che nella fase di dialogo non deve configurarsi come la presentazione di un'offerta in tal senso. Nella lettera d'invito infatti veniva specificato che, ove lo schema allegato avesse richiesto l'indicazione dei costi stimati, i concorrenti avrebbero dovuto riportare una quantificazione orientativa e di massima (che tenesse conto tutti i costi necessari all'erogazione del servizio (mezzi, personale, attrezzature...), spese generali e utile d'impresa) idonea solamente a rendere edotta la stazione appaltante dell'ordine di grandezza economica del costo delle attività di servizio descritte negli specifici capitoli del progetto. Si chiedeva pertanto che le stime economiche fossero eseguite senza tenere conto delle economie in sede di offerta (successiva fase della procedura), evidenziando che ogni valutazione e stima economica contenuta nel progetto non avrebbe dovuto contene-

re il possibile e futuro ribasso, ma solo una quantificazione approssimativa, idonea a misurare i costi ipotetici complessivi del servizio, al fine di valutarne la sostenibilità economica per le finanze degli enti conferitori ed, eventualmente, al fine di determinare la base di gara del corrispettivo per la seconda fase della procedura.

Per la trasmissione della proposta è stato dato un termine di 60 giorni, con scadenza il 12/02/2016, prima del quale tutti i raggruppamenti hanno inviato la propria relazione. Nel periodo successivo i tre progetti sono stati analizzati e messi a confronto con l'ausilio di uno schema di confronto precedentemente predisposto, organizzando sia gli aspetti tecnici che le stime economiche.

Articolo	servizi/attività	criteri di valutazione										
		a. Promozione e controllo del compostaggio domestico	b. Azioni e interventi di prevenzione e preparazione per il riutilizzo	c. Obiettivi quantitativi e qualitativi di raccolta differenziata, recupero per il riciclaggio e recupero energetico per il riutilizzo	d. Raccolta differenziata, trasporto e altri indicatori del Piano Nazionale Rifiuti, qualità delle	e. Sostenibilità ambientale delle soluzioni proposte	f. Massimizzazione del recupero di materia	g. Sostenibilità ambientale delle soluzioni proposte	h. Proposta tecnico-organizzativa per la gestione della	i. Attività di comunicazione e sensibilizzazione	j. Prevenzione e abbandoni rifiuti abbandonati	k. Altre attività
1	Servizi BASE											
1.1	Raccolta differenziata e trasporto agli impianti di trattamento di tutti i rifiuti urbani ed assimilati prodotti dalle utenze domestiche e non domestiche											
1.1.1	Rifiuto secco											
1.1.2	Rifiuto organico											
1.1.3	Carta/cartone e tetrapack											
1.1.4	Raccolta delle frazioni riciclabili (imballaggi in vetro, plastica, e metallici)											
1.1.5	Cartucce esauste di toner per stampanti e fotocopiatrici											
1.1.6	Olii e grassi residui dalla cottura degli alimenti											
1.1.7	File											
1.1.8	Farmaci scaduti e/o inutilizzati											
1.1.9	Contentitori etichettati "T" e/o "F"											
1.2	Gestione delle piattaforme sovra comunali e trasporto dei rifiuti conferiti agli impianti di trattamento e destinazione											
1.3	Trasporto dei rifiuti conferiti nei centri di raccolta comunali agli impianti di trattamento e destinazione											
1.4	Trattamento ed avvio a recupero dei rifiuti urbani e assimilati											
1.5	Campagne di comunicazione e sensibilizzazione delle utenze											
1.6	Gestione della fase di avvio del servizio											
1.7	Spazzamento e lavaggio delle aree pubbliche e delle aree private soggette ad uso pubblico, svuotamento e manutenzione dei cestini porta rifiuti, trasporto e trattamento dei rifiuti così raccolti											
1.8	Prevenzione e controllo dei rifiuti abbandonati											
1.9	Gestione del Centro servizi e del numero verde											
1.10	Controllo, rendicontazione e reportistica sul servizio											
2	Servizi OPZIONALI											
2.1	Raccolta, trasporto e conferimento dei rifiuti cimiteriali e pulizia dei viali ai relativi impianti di destinazione											
2.2	Pulizia dei mercati giornalieri e settimanali, raccolta dei rifiuti, lavaggio e disinfezione successiva di tutte le aree interessate dalla vendita, comprese le zone											
2.3	Applicazione e riscossione della tariffa corrispettiva con misurazione puntuale della quantità di rifiuti conferiti al servizio pubblico											
2.4	Gestione ed eventuale adeguamento ai requisiti del DM 2008 di Centri comunali di raccolta											
3	Servizi INTEGRATIVI											
3.1	Servizi occasionali per ricorrenze particolari, manifestazioni sportive e folcloristiche, fieristiche, feste nazionali, cittadine e religiose con lo spazzamento delle aree prima e dopo lo svolgimento e la raccolta ed il trasporto di tutti i rifiuti a materiali che possano occupare il suolo pubblico ivi prodotti											
3.2	Servizio di raccolta dei rifiuti e pulizia delle aree interessate dallo scarico abusivo di rifiuti di vario tipo, ove possibile previa selezione degli stessi											
3.3	Servizi vari e d'urgenza, tra cui rimozione di amianto, rimozione di silofoglie, la raccolta delle carogne d'animali abbandonati e la loro distruzione a norma di legge											
3.4	Altri servizi integrativi, quali: diserbo stradale, disinfezione dei sottopassi pedonali ed oniriozi pubblici, pulizia e lavaggio fontane, cancellazione scritte murali, raccolta foglie, pulizia strada provinciale, distributori per presidi di raccolta delezioni canine											
3.5	Servizio neve											
3.6	Altri servizi integrativi/aggiuntivi											

Fig. 1 – Schema di confronto delle offerte

A seguito della valutazione dei tre progetti, il 21/04/2016 è stata inviata a ciascun partecipante una lettera con richieste di chiarimenti e integrazioni di natura tecnica ed economica, da presentare entro il 2/05/2016. Dopo l'analisi delle risposte pervenute e l'aggiornamento dello schema di confronto si è deciso che gli elementi raccolti fossero sufficienti per chiudere la fase di dialogo e passare alla successiva fase di presentazione dell'offerta.

3.3 La presentazione dell'offerta

Nei mesi successivi, partendo dalle tre proposte progettuali, è stata predisposta una prima proposta di documentazione di gara: un capitolato tecnico, una base d'asta sulla base delle migliori soluzioni proposte, e un disciplinare che valorizzasse le possibili migliorie tecniche. Si è poi proceduto attraverso una lunga serie di incontri di condivisione e confronto che hanno coinvolto, oltre a consulenti e *project manager*, lo *staff* tecnico di SCRP e il gruppo ristretto dei sindaci, alla definizione della documentazione definitiva. L'attività svolta ha compreso anche indagini integrative sullo standard di alcuni servizi (in particolare per lo spazzamento) e incontri specifici per la definizione di servizi opzionali ed integrativi caratterizzanti solo alcuni comuni, ma necessari per la completezza dell'affidamento.

Il 13/12/2016 è stata inviata ai tre raggruppamenti la lettera di richiesta di offerta (ovvero il documento equivalente al disciplinare per questa fase di gara) con le regole di gara, in particolare con i criteri di valutazione tecnica ed economica delle offerte e le modalità di presentazione delle stesse, sia per la relazione tecnica che per l'offerta economica. Oltre alla modulistica per la presentazione dell'offerta con la lettera di richiesta di offerta è stato inviato lo "*Schema contratto di servizio*" nonché il "*Capitolato speciale d'appalto*" completo degli allegati.

3.5 L'aggiudicazione

Entro il 06/02/2017, termine ultimo per la presentazione delle offerte, è stata ricevuta la proposta di una sola delle tre ditte partecipanti alla fase precedente, giunta poi ad aggiudicazione provvisoria il 21/04/2017.

4. Conclusioni

La procedura di gara si è rivelata lunga e complessa, rispetto ad altre procedure, le cui tempistiche di gara possono anche essere più brevi, ma che tendenzialmente hanno lunghi tempi di preparazione del progetto, che una volta bandito non è più possibile integrare.

I principali elementi di complessità sono stati:

- nell'ambito della procedura sono state condotte indagini integrative sugli standard di servizio richiesti da ciascun comune (sempre mantenendo il massimo riserbo e segretezza sui contenuti delle proposte presentate dai partecipanti), per meglio specificare e dettagliare il progetto da mettere a gara nella fase conclusiva;
- una complessità intrinseca della gara, indipendente dalla procedura scelta, deriva dall'alto numero di amministrazioni comunali coinvolte (49) e dalla necessità, pur con un mandato di delega a SCRP, di raccogliere e mediare le istanze di ciascuna con le esigenze di un servizio il più possibile uniforme e standardizzato a livello sovracomunale;
- nel corso della procedura la società controllante della capogruppo di un RTI ha acquisito la maggioranza della società controllante di un altro partecipante, fatto che ha determinato la necessità di approfondimenti di natura giuridica sulle possibili conseguenze sulla procedura in atto.

In conclusione tale procedura bifasica di progettazione, anche se alla fase finale è stata presentata una sola offerta, ha consentito di raggiungere e contrattualizzate un servizio di livello qualitativo molto elevato e superiore all'attuale, con obiettivi ambiziosi, una riduzione complessiva dei costi del servizio e un aumento dei valori di ricavo unitari per la cessione delle frazioni riciclabili, garantendo una selezione a monte degli operatori economici più strutturati e affidabili, per via dell'impegno necessariamente connesso con la partecipazione a questo tipo di procedura.

Bibliografia

- [1] Società Creasca Reti e Patrimonio (SCRIP), *“Bando di gara per l’affidamento del servizio di gestione ambientale integrata dei rifiuti urbani e assimilati nei Comuni soci della Società Creasca Reti e Patrimonio (SCRIP) tramite il ricorso alla procedura del dialogo competitivo”*, Crema, agosto 2015;
- [2] Raganelli Biancamaria, *“Il dialogo competitivo dalla direttiva 2004/18/CE al Codice dei contratti: verso una maggiore flessibilità dei rapporti tra pubblico e privato”*, Riv. it. dir. pubbl. comunit. 2009, pag. 127, fasc. 1.

Plastica non da imballaggio nei rifiuti urbani: analisi e proposte di gestione

*Riccardo Venturi, r.venturi@sintesionline.eu, Sintesi Srl, Padova;
Walter Giacetti, ETRA Spa, Padova*

Riassunto

Sono circa 800.000 le tonnellate/anno di plastica non da imballaggio presenti nei rifiuti urbani prodotti in Italia. Quantità, costi e modelli organizzativi di una possibile raccolta differenziata sono stati analizzati nell'ambito del progetto "Life Replace Belt": questi temi vengono esposti descrivendo l'attuale filiera e le opportunità di valorizzazione attraverso la raccolta differenziata della plastica non da imballaggio.

Vengono presentati i dati concreti raccolti sul campo e approfondite le modalità di gestione della plastica non da imballaggio post-consumo contenuta nei rifiuti urbani che non viene, se non in misura ridotta, destinata a riciclo.

Verranno riportati i dati ottenuti intervistando gestori e utenti sulle modalità di raccolta di questa particolare frazione, e presentato un piano per ottimizzarne la gestione corredato dai relativi costi.

Summary

In Italian urban waste there are about 800,000 tons per year of non-packaging plastic.

Quantities, costs and organizational models of a possible separate collection have been analyzed under the "Life Replace Belt" project: these themes are depicted by describing the current supply chain and the enhancement opportunities of the separate collection of non-packaging plastic.

This article presents the actual data collected on the field and the different ways of managing the post-use non-packaging plastic contained in urban waste, which is rarely recycled.

Data will be reported from interviews to managers and users about the ways of collection of this particular fraction and it will be presented a plan with related costs to optimize its management.

1. Introduzione

Il progetto "Life Replace Belt" (LIFE 13 ENV IT 000477) co-finanziato con il bando 2013 del Programma LIFE+, aveva come obiettivo la realizzazione di un prototipo di nastro trasportatore fatto interamente di plastica riciclata. L'idea di fondo era quella di ottenere un prodotto innovativo partendo da materiali completamente riciclati in sostituzione della plastica vergine. Tra i partner del progetto le aziende Plastic Metal, F.lli Virginio e Vivi S.r.l., coinvolte nella progettazione e realizzazione del prototipo, ed Etra, gestore pubblico del servizio rifiuti, la cui attività ha riguardato l'informazione al pubblico volta ad aumentare la consapevolezza generale circa la necessità di riciclare la plastica, testando una campagna pilota di raccolta della plastica rigida proveniente dai rifiuti urbani.

ETRA inoltre, assieme alla propria controllata Sintesi ha studiato le modalità di gestione della plastica non da imballaggio conferita nei diversi flussi dei rifiuti urbani, solitamente nel rifiuto secco non riciclabile o erroneamente all'interno degli imballaggi in plastica. È emerso

che la plastica non da imballaggio (rigida/ingombrante) rappresenta una percentuale non trascurabile del rifiuto raccolto, come evidenziato dai risultati di una campagna di analisi merceologiche. È stata analizzata la filiera della plastica rigida, dalla raccolta, al trasporto fino al trattamento, ricostruendo la quantità di rifiuto di plastica non da imballaggio presente nei rifiuti urbani e ipotizzando un piano per ottimizzarne la gestione.

Lo studio è stato condotto sia attraverso la ricerca ed analisi di fonti, dati e documenti disponibili, con una specifica campagna di indagini merceologiche e tramite la consultazione degli stakeholder del settore (utenti, gestori del ciclo integrato dei rifiuti urbani e impianti di selezione/trattamento) con un apposito questionario.

2. La gestione attuale della plastica presente nei rifiuti urbani

La raccolta differenziata della plastica nei rifiuti urbani riguarda principalmente i rifiuti di imballaggio ed è organizzata in linea di massima sulla base del sistema COREPLA (Consorzio Nazionale per la raccolta, il riciclaggio e il recupero degli imballaggi in plastica).

Prima di essere avviata agli impianti di riciclo finale, questa frazione deve essere sottoposta a una fase di pulizia e di selezione al fine di eliminare le frazioni estranee e concentrare i soli imballaggi in plastica, suddividendoli per polimeri e colore. A valle di questa lavorazione intermedia i materiali selezionati vengono inviati agli impianti di recupero di materia in base alla loro matrice polimerica. La quota di imballaggi non avviabile direttamente a riciclo (poliaccoppiati o multistrato, sporchi, di dimensioni troppo grandi o troppo piccole, presenti in quantitativi troppo esigui, ecc.) può venire avviata ad ulteriori lavorazioni per essere trasformata in combustibili alternativi (da utilizzare in impianti industriali esistenti quali cementifici e acciaierie) o recuperata in impianti di incenerimento dedicati. Dal 2001 la raccolta differenziata dei rifiuti d'imballaggio in plastica è estesa a tutte le tipologie di imballaggio.

Oltre al Consorzio COREPLA, esistono altri consorzi indipendenti che si occupano del recupero della plastica: CONIP, che si occupa della raccolta delle cassette e pallet in plastica; PARI, che organizza autonomamente la raccolta di alcune tipologie di imballaggi in plastica presso strutture private; Consorzio Polieco, con il fine di gestire la raccolta ed il trattamento dei rifiuti di beni in polietilene (PE).

I rifiuti urbani costituiti da plastica non da imballaggio solitamente non hanno un circuito di raccolta dedicato e vengono conferiti di norma nel rifiuto residuo non riciclabile. Tuttavia gli oggetti di plastica realizzati in PP e PE possono venire avviati a riciclo anche con un vantaggio economico (i principali manufatti sono arredi da giardino, bacinelle, secchielli, annaffiatori, tubi corrugati per elettricisti, giochi da giardino per bambini). Talvolta per questa frazione vengono previsti circuiti di raccolta specifici, tale raccolta non è normata da alcun accordo di programma, come invece è previsto per gli imballaggi in plastica, e dipende dal singolo ente gestore del servizio valutarne la convenienza.

3. Piano di gestione della plastica non da imballaggio presente nei rifiuti urbani

3.1 Analisi dei flussi e composizione merceologica

La raccolta della plastica non da imballaggio di provenienza urbana risulta ancora poco diffusa e i quantitativi sono modesti. I dati raccolti con la bibliografia risultano frammentari e a volte discordanti. È stata eseguita quindi una campagna di analisi merceologiche per verificare quantità e tipologie di plastiche non da imballaggio presenti nei flussi dove viene solitamente conferita e per arrivare a valutare una potenziale resa di intercettazione.

Sono state analizzate le frazioni di rifiuto dove, in base a considerazioni di buon senso e precedenti indagini, risulta più probabile che venga conferita la plastica non da imballaggio: rifiuti ingombranti (CER 200307), secco non riciclabile (CER 200301), imballaggi in plastica e lattine (CER 150106) e naturalmente plastica rigida (CER 200139), quest'ultima per verificare il grado di impurezza del rifiuto raccolto. Le categorie merceologiche individuate all'interno di

questi quattro flussi sono state: Imballaggi in plastica; Plastica non da imballaggio (suddivisa in: plastica rigida; plastica flessibile; plastica con altri materiali; gomma incluso pneumatici; RAEE con carcassa in plastica; tutte le altre plastiche); Altro.

I risultati delle analisi merceologiche sono stati applicati ai quantitativi di rifiuti urbani complessivamente raccolti da ETRA, stimando la presenza di oltre 13 kg/ab*anno di plastica non da imballaggio nei diversi flussi.

Flusso di rifiuti	Totale (kg/ab)
In imballaggi in plastica (150102; 150106)	1,99
In plastica (200139)	0,23
In ingombranti (200307)	4,42
In rifiuto non differenziato (200301)	6,52
TOTALE (kg/ab)	13,15

Tab. 1 – Stima della presenza di plastica non da imballaggio nei diversi flussi di rifiuti urbani

3.2 Modalità di gestione attuali

A livello nazionale la produzione di rifiuti classificati con CER 200139 (che qualifica la plastica da rifiuti urbani diversa dagli imballaggi) è stata nel 2014 pari a 98.707 ton, lo 0,33% della produzione complessiva nazionale [2].

Le informazioni raccolte sulle modalità di gestione della plastica non da imballaggio sono alquanto lacunose trattandosi di una raccolta poco diffusa e non essendoci un soggetto nazionale che la regoli e ne gestisca i dati.

Sintesi srl nel primo semestre 2017 ha somministrato ai gestori del ciclo dei rifiuti urbani uno specifico questionario per indagare sulle modalità di gestione della plastica non da imballaggio. Al questionario somministrato ai gestori hanno risposto 20 soggetti di tutto il territorio nazionale, con un totale di quasi 6,6 Milioni di abitanti gestiti distribuiti su 444 comuni e una percentuale media di raccolta differenziata superiore al 67%. Il 65% (13) ha dichiarato di aver attivato la raccolta differenziata della plastica non da imballaggio: di questi la quasi totalità (12) la raccoglie presso i centri di raccolta. Dei 7 soggetti che non effettuano la raccolta diretta di questo materiale 6 lo intercettano a valle nell'ambito del flusso degli ingombranti, col CER 200307... Dai questionari è emerso che ogni gestore valuta l'opportunità di attivare o meno tale raccolta sulla base delle condizioni locali (disponibilità di Centri di Raccolta, presenza di impianti di trattamento prossimi alla zona di raccolta) e generalmente raccoglie il rifiuto presso i Centri di Raccolta, dal momento che i quantitativi non sono tali da giustificare l'attivazione di un circuito di raccolta stradale o domiciliare dedicato. Il rifiuto raccolto viene affidato ad aziende operanti nel settore del recupero della plastica che normalmente la trattano insieme alla plastica da rifiuti speciali.

Per il Veneto sono disponibili dati più puntuali, dai quali emerge che i rifiuti classificati con CER 200139 sono stati, nel 2014, pari a 2.416 ton, lo 0,11% della produzione totale. Tuttavia il trend a partire dall'anno 2008 è di costante crescita, e rispetto all'anno precedente c'è stato un aumento della quantità intercettata pari all'11,2%. Confrontando il dato del 2008 con quello del 2014, la quantità totale intercettata è passata da 878 a 2.416 ton (+175%). La percentuale di comuni coinvolti nello stesso periodo è più che raddoppiata, passando dal 15% al 32% (187). Per il Veneto sono disponibili anche le modalità di raccolta, che vedono prevalere l'ecocentro [3].

Modalità di conferimento	N° Comuni	Quantitativo totale (kg)	Percentuale
Ecocentro	147	2.048.335	84,78%
Ecocentro/Altre modalità	8	172.366	7,13%
A chiamata/Ecocentro	6	109.570	4,53%
Domiciliare	1	4.660	0,19%
Domiciliare/Ecocentro/Altre modalità	1	14.045	0,58%
Stradale	1	2.060	0,09%
Altro	23	65.065	2,69%
Totale	187	2.416.101	100,00%

Tab. 2 – Modalità di raccolta del CER 200139 nei Comuni del Veneto

Per indagare ulteriormente la filiera della plastica non da imballaggio è stato predisposto un questionario per gli impianti di recupero che è stato inviato a tutte le aziende indicate dai diversi gestori intervistati e ad ulteriori aziende individuate tra quelle che le Arpa regionali hanno indicato come autorizzate al trattamento della plastica urbana non da imballaggio (CER 200139). Nel complesso il questionario è stato inviato a 41 aziende del territorio nazionale con l'obiettivo di avere un campione più rappresentativo possibile: solamente 10 hanno restituito il questionario compilato. Dall'indagine emerge che:

- 7 aziende ricevono la plastica non da imballaggio di origine urbana con il CER 200139 e due di queste anche con il CER 191204, 5 aziende la ricevono con altri CER;
- il 40% delle aziende (percentuale maggiore tra le risposte) dichiara che la plastica non da imballaggio rispetto al quantitativo annuo trattato rappresenta tra lo 0% e il 2%, le restanti aziende indicano percentuali diverse;
- per quanto riguarda i polimeri conferiti: 9 aziende ricevono sia PP che HDPE, 5 aziende ricevono PVC, 5 aziende ricevono ABS, 4 aziende ricevono LDPE e 3 aziende ricevono altre tipologie di polimeri o delle forme miste;
- oggetti conferiti: 9 aziende ricevono arredi da giardino e, di queste, 8 anche giochi da giardino, 7 aziende ricevono contenitori per la raccolta dei rifiuti, 6 aziende tubi corrugatori per l'edilizia e 3 aziende altre categorie di oggetti tra cui: cassette per la frutta, bacinelle e secchi;
- la maggior parte delle aziende (70%) effettua una selezione sul rifiuto conferito e solo il 10% anche una triturazione;
- tutte le aziende sono a conoscenza della modalità con cui il rifiuto è stato raccolto sul territorio e la modalità prevalente è presso i centri di raccolta;
- il 55% delle aziende dichiara che gli scarti rappresentano un 10-20% del totale conferito di plastica non da imballaggio mentre il 33% dichiara un 20-30%, con una media pesata pari al 20%;
- il 44% delle aziende sostiene che i costi di trattamento di questa frazione (compreso la gestione degli scarti) siano compresi tra 100 e 140 €/ton, il 33% tra 20 e 100 €/ton, il 22% sopra le 140 €/ton, con una media pesata pari a 104,7 €/ton;
- le problematiche maggiormente riscontrate nella selezione e trattamento del rifiuto sono la presenza di materiale estraneo e la presenza di plastiche eterogenee o che non hanno un mercato;
- tutte le aziende producono, a valle del trattamento, rifiuti plastici da destinare ad altre lavorazioni, e tra queste solamente due arrivano ad ottenere materie prime seconde.

3.4 Scenari e costi di gestione

È stato ipotizzato un piano per lo sviluppo della gestione della plastica non da imballaggio (riferito alla Regione Veneto), che oltre alla raccolta presso i centri di raccolta, già adottata dai gestori che intercettano le plastiche non da imballaggio, prevede che la loro raccolta possa

avvenire congiuntamente al flusso di rifiuto ad essa più simile: la plastica da imballaggio. Non è invece pensabile un circuito di raccolta dedicato, sia esso domiciliare o stradale (la quantità pro capite complessiva, pur se significativa, non è tale da giustificarlo, considerando inoltre l'estrema eterogeneità del rifiuto) o un servizio specifico a chiamata necessiterebbe di una fase di stoccaggio prolungata nella abitazione da parte delle utenze produttrici.

Si può ipotizzare che il motivo principale per cui questo scenario non sia stato preso in considerazione da nessun gestore interpellato sia l'attuale impostazione della raccolta della plastica, limitata agli imballaggi così come definiti dall'Accordo ANCI-COREPLA e assoggettati a Contributo ambientale. Qualunque materiale che non rientri nella definizione di imballaggio Corepla contribuisce a penalizzare la qualità della raccolta differenziata e il Corrispettivo unitario riconosciuto ai comuni (con l'eccezione degli imballaggi di competenza di sistemi autonomi di gestione già riconosciuti, considerati "frazione neutra").

L'ostacolo ad una raccolta congiunta di imballaggi in plastica e altre plastiche non da imballaggio è pertanto prevalentemente di tipo normativo/regolatorio e di convenienza economica, per effetto delle regole definite dall'Accordo quadro ANCI-CONAI e dall'Allegato tecnico ANCI-Corepla. Dal punto di vista tecnico molte delle plastiche non da imballaggio sono costituite di polimeri analoghi a quelli degli imballaggi e potrebbero venire raccolte congiuntamente e avviate a selezione come frazioni merceologiche similari, come accade in altri allegati tecnici all'Accordo quadro (quelli tra ANCI e COMIECO, RICREA, CIAL e RILEGNO). Ovviamente anche dal punto di vista tecnico andranno fatte precise valutazioni, definendo le caratteristiche dei rifiuti che potrebbero essere oggetto di conferimento congiunto con gli imballaggi in plastica, ad esempio prevedendo un limite dimensionale massimo o altre limitazioni che consentano un efficace processo di selezione.

Il Piano di gestione dei rifiuti in plastica non da imballaggio è stato quindi costruito secondo due diversi modelli integrati di raccolta:

1. Congiunta con la plastica da imballaggio (per le frazioni più piccole);
2. Con cassoni scarrabili nel Centro di raccolta (con possibilità di conferire anche gli oggetti più voluminosi).

Non viene considerata nel Piano l'intercettazione tramite selezione a valle dal flusso dei rifiuti ingombranti, che può in ogni caso venire svolta, considerando che la destinazione degli ingombranti che sempre più spesso viene riscontrata consiste nella selezione finalizzata a massimizzare il recupero di materia e che quindi potrebbe essere considerato un modello alternativo.

Si è ipotizzato un obiettivo di intercettazione di 7 kg/ab*anno, pari al 53,2% del totale delle plastiche non da imballaggio, di cui:

- 3,5 kg/ab con sistema di raccolta congiunta assieme alla plastica da imballaggio;
- 3,5 kg/ab con raccolta in ecocentro (questo valore è di poco superiore al caso migliore dell'indagine effettuata presso i gestori del servizio di raccolta, pari a 3 kg/ab*anno).

Nello stimare i costi/ricavi del piano sono stati presi a riferimento i seguenti parametri:

- Costi di raccolta e trasporto: quelli elaborati da Federambiente (ora Utilitalia) nell'ambito dello studio commissionato alla società Bain [4] aggiornati al 2017 sulla base degli indici ISTAT, pari 332,4 €/ton per lo stradale e 445,7 €/ton per il porta a porta;
- Costi di selezione: 104,7 €/ton, come indicato nell'Allegato Tecnico Anci – Corepla 2014-2019, costo relativo alla selezione delle varie tipologia di plastica dalla frazione estranea nei centri di selezione e smistamento (CSS);
- Sul quantitativo totale intercettabile è stata assunta una percentuale media di scarti pari al 20% (dato stimato dai risultati dei questionari);
- Per ogni tonnellata di materiale avviato a trattamento è stato inoltre considerato un ricavo di 201,2 €/ton, pari alla media dei valori unitari dichiarati dagli impianti che hanno risposto al questionario, e un mancato costo di smaltimento pari a 120 €/ton;

- Costi di allestimento della logistica necessaria (cassoni scarrabili) ad attivare il servizio presso i centri di raccolta regionali con cassone scarrabile e costi di movimentazione considerando 30 €/ora per il personale e 40 €/ora per il mezzo.

La stima dei costi/ricavi unitari per la modalità di raccolta presso il centro di raccolta è attorno ai 50 €/ton, trascurabile considerando le assunzioni cautelative fatte e il caso reale di Etra nel quale il bilancio complessivo è invece nullo.

Per la modalità di raccolta congiunta emerge un costo unitario variabile tra i 180 e i 300 €/ton a seconda che si tratti di raccolta stradale o porta a porta: nel valutare questa differenza di costo va considerato il fatto che la percentuale di scarti assunta per i due sistemi è la stessa, mentre per il porta a porta sarebbe possibile assumere, sulla base delle evidenze che si hanno dall'analisi delle altre filiere di raccolta differenziata, un dato significativamente inferiore, il che porterebbe ad un tendenziale riequilibrio.

Nel valutare i costi della raccolta congiunta va considerato inoltre che si tratta di costi incrementali, in quanto si interviene introducendo nuove tipologie di materiali in sistemi di raccolta già esistenti e quindi semplicemente aumentando la quantità di rifiuto intercettato. Considerando:

- un'intercettazione media dei circuiti di raccolta degli imballaggi in plastica di circa 30 kg/ab*anno;

- che l'introduzione della raccolta congiunta con la plastica non da imballaggio ha un obiettivo di intercettazione di 3,5 kg/ab*anno;

- che la quantità di plastica non da imballaggio già contenuta nella raccolta della plastica ed ora conteggiata come scarto o frazione neutra, e che non contribuirebbe all'incremento di intercettazione, è pari al 28,9%.

Risulta che la quantità intercettata subirebbe un aumento reale di circa 2,5 kg/ab*anno, inferiore all'8,5% rispetto al valore attuale. L'effetto di cui sopra determinerebbe inoltre una riduzione della percentuale di scarti e dei relativi costi. Andrà valutato caso per caso se questo quantitativo aggiuntivo potrà venire "assorbito" dai sistemi di raccolta esistenti senza impattare sulla loro organizzazione, e pertanto di fatto risultando in un costo incrementale nullo.

3.5 Azioni di piano

Le azioni ritenute fondamentali per dare attuazione al piano per la raccolta dei rifiuti in plastica non da imballaggio in Veneto possono venire così sintetizzate:

- Attrezzare i centri di raccolta regionali con il cassone dedicato alla raccolta della plastica non da imballaggio;

- Costituire un tavolo tecnico nazionale per approfondire le criticità e trovare le soluzioni e regole più appropriate;

- Approfondire e cercare di risolvere le problematiche di carattere regolatorio che impediscono di raccogliere congiuntamente plastica da imballaggio e non da imballaggio;

- Approfondire le problematiche tecniche della fase di raccolta per migliorare la selezione e la valorizzazione;

- Adeguare i capitolati tecnici introducendo la raccolta della plastica non da imballaggio secondo le modalità attuabili;

- Sviluppare parallelamente attività di comunicazione per orientare il comportamento degli utenti

3. Conclusioni

Nel contesto dell'economia circolare l'Unione Europea ha posto particolare attenzione ad alcuni settori a causa della specificità dei loro prodotti, delle catene del valore che li caratterizzano, della loro impronta ambientale o della dipendenza da materie provenienti da paesi terzi: uno di questi è il settore delle plastiche.

Le modifiche alla direttiva imballaggi approvate il 14/03/2017 dal Parlamento europeo prevedono un obiettivo del 70% di effettivo riciclaggio (al 2030) di tutti i materiali contenuti nei rifiuti (innalzando l'attuale 50%) e costringe quindi a ragionare anche sui flussi minoritari, quali le plastiche non da imballaggio presenti nei rifiuti urbani.

La modalità immediatamente applicabile anche nell'attuale contesto normativo è quella presso i centri di raccolta, che dal punto di vista economico abbisogna di investimenti contenuti e presenta un bilancio costi/ricavi sostanzialmente in equilibrio.

La raccolta congiunta con quella degli imballaggi in plastica non è immediatamente attuabile nell'attuale contesto normativo per effetto delle regole definite dall'Accordo quadro ANCI-CONAI e dall'Allegato tecnico ANCI-Corepla. Chiaramente questa problematica potrebbe venire superata se la plastica non da imballaggio potesse essere considerata come frazione merceologica simile (f.m.s.) e quindi accettata all'interno dei conferimenti della raccolta differenziata della plastica stessa. La presenza di f.m.s. è regolata, seppur con regole specifiche e riconoscimenti economici diversi per ogni singolo materiale, per tutte le altre filiere (carta, legno, alluminio, acciaio, vetro).

Le problematiche da affrontare per la realizzazione del Piano di gestione dei rifiuti in plastica non da imballaggio ipotizzato sono, da un lato, di natura tecnica e riguardano l'intera filiera e, dall'altro, di natura regolatoria avendo anche in questo caso una portata nazionale. È pertanto necessario il coinvolgimento dei vari soggetti portatori di interessi (Ministero dell'Ambiente, ANCI, CONAI, Corepla, IPPR, Assorimap, etc.) attraverso la costituzione di un tavolo tecnico che approfondisca e affronti le varie questioni e criticità emerse, proponendo le soluzioni più opportune (modifiche normative/regolatorie, linee guida tecniche,...).

Bibliografia

[1] <http://www.replacebelt.eu/>

[2] Rapporto ISPRA 2015, integrato da dati di dettaglio forniti da ISPRA

[3] Dati ARPAV-ORR.

[4] Bain per Federambiente, Analisi dei costi della Raccolta Differenziata: seconda edizione - 2013

WASTE/TECHNICAL MATERIALS MANAGEMENT AND EXPLOITATION

RICERCHE APPLICATE PER MIGLIORARE LA VALORIZZAZIONE DEI RIFIUTI; POSSIBILE INTEGRAZIONE CON INDUSTRIA 4.0

La proposta della Commissione Europea del Gennaio 2017 ha definito obiettivi ancora più ambizioni per la gestione dei rifiuti, per i quali sono previsti tassi di riciclo e di preparazione al riutilizzo, del 70% entro il 2030 (80% per i materiali da imballaggio) e la limitazione al 5% dei rifiuti destinati alla discarica. È richiesta inoltre una maggiore efficienza nella valorizzazione dei rifiuti industriali. Questo richiederà maggiore e nuova ricerca applicata e innovazione industriale. Una notevole spinta all'innovazione sarà fornita dagli strumenti e dalle strategie dell'Industria 4.0 che promuovono l'interconnessione tra processi e sistemi così come tra imprese e infrastrutture, in linea con il concetto di "economia circolare". I possibili vantaggi derivanti dall'attuazione di queste innovazioni, i fattori a supporto di eventuali applicazioni industriali, le sfide e gli aspetti di successo dell'innovazione sui fronti menzionati sono le tematiche trattate in questa sessione.

A cura di: **Università di Bologna - CIRI Energia e Ambiente, Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali della SCI (Società Chimica Italiana) e Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Fabrizio Passarini, *Università di Bologna*
- Michele Notarnicola, *Politecnico di Bari*

Analisi tecnico - economica a supporto di scelte decisionali sulla profittabilità di impianti di compostaggio nella regione Calabria per la valorizzazione di scarti agroalimentari

Baglio Lorenzo [1] baglio.lorenzo@gmail.com, Bonanno Sandro [1], Fichera Andrea [1], Leanza Andrea [1], Teodoro Giuseppe [1], Gabriele Biagio [2]

[1] Università degli Studi di Catania, Dipartimento Economia e Impresa, Corso Italia 55, 95129 Catania, Italy;

[2] Mediterranea QualityFoodsrl, Via F.Turati 11, 87028 Praia a Mare (CS), Italy

Riassunto

Oggi diversi imprenditori si cimentano nell'apertura di imprese agroalimentari basate sul made in Italy, e fra queste, una piccola realtà industriale sita a Praia a Mare (CS) si è inserita nel Business delle basi per pizza precotte e ad alta digeribilità. Obiettivo del paper è quello di analizzare tale realtà produttiva, attenta all'ambiente e alla gestione sostenibile delle proprie risorse in tutte le fasi del processo; in seguito, lo studio verte nell'analizzare le possibili alternative di investimento basate su un impianto di compostaggio da realizzare in loco o alternativamente poter usufruire fra quelli già esistenti, per riutilizzo degli scarti di produzione. Tale strategia potrà servire da volano di sviluppo economico e sociale in territorio, quale quello calabro, ancora povero di innovazioni tecnologiche basate sulla promozione dell'integrazione tra processi produttivi e infrastrutture locali, in linea con il concetto di "economia circolare".

Summary

Nowadays a lot of entrepreneurs are trying to run agro-food businesses based on the concept of "Made in Italy". Among them, a little firm based in Praia a Mare (CS), has entered the business of precooked and high digestibility pizza dough. The aim of this paper is to analyze this industrial reality, so careful to environment and sustainable management of its resources in all steps of the process; our work's purpose is then to analyze possible investment alternatives based on a composting plant. It can be either constructed and owned by the entrepreneur or an existing plant. This strategy could be the starting point of economic and social development in the Calabrian territory, where technological innovations are not widespread. The implementation of similar strategies must be based on the integration between innovative production processes and local plants, according to the principles of circular economy.

1. Introduzione

La circular economy (o economia circolare) attualmente rappresenta la strada intrapresa a livello di Comunità Europea per raggiungere una maggiore sostenibilità complessiva dei

processi produttivi e dell'intero comparto industriale [1]. Uno degli strumenti applicativi dell'economia circolare è rappresentato dalla simbiosi industriale, metodologia di riutilizzo efficiente di residui e di sottoprodotti, strumento applicativo e di policy per la realizzazione pratica di un modello circolare dei processi produttivi. A tal fine, è bene creare una rete di aziende che abbiano transazioni reciprocamente convenienti, ad esempio individuando nuove fonti di materie prime in ingresso ai processi produttivi e destinazioni a valore aggiunto per i sottoprodotti, per ottenere un vantaggio competitivo legato allo scambio fisico di materiali, energia, acqua e output. Gli aspetti chiave della simbiosi industriale sono la collaborazione e le possibilità di sinergie offerte dalla prossimità geografica [2] e per tal motivo risulta strategico individuare elementi in comune tra diverse aziende esistenti in un territorio caratterizzato da variabili geografiche, economiche, sociali, politiche, culturali omogenee, quali per esempio le singole regioni. In tale prospettiva, la Simbiosi Industriale diventa strumento utile di pianificazione territoriale per la valorizzazione locale delle risorse, nonché come indubbio fattore di eco-innovazione e di arricchimento per l'intero territorio nazionale, in particolare in quelle aree ancora poco sviluppate dal punto di vista industriale. Obiettivo di questa ricerca è analizzare la realtà produttiva di un territorio poco industrializzato, quale quello calabro, al fine di proporre percorsi di simbiosi industriale nel settore agroindustriale che diventino volano di sviluppo economico e sociale di questo territorio, ancora povero di innovazioni tecnologiche in linea con il concetto di "economia circolare".

Secondo la normativa di riferimento [3], i Consorzi sono Enti pubblici economici costituiti per la promozione dell'industrializzazione e dell'insediamento di attività produttive attraverso studi, progetti ed iniziative volte a promuovere lo sviluppo industriale nelle zone di intervento; nella regione Calabria i Consorzi già costituiti hanno sede in Crotone, Cosenza, Lamezia Terme, Reggio Calabria e Vibo Valentia con l'obiettivo di redigere piani regolatori delle aree e dei nuclei di progresso industriale, in conformità alle indicazioni del Piano regionale di sviluppo. Tra le varie strategie di intervento volte a raggiungere il su citato obiettivo di sviluppo ecosostenibile del territorio si possono includere: ricerca tecnologica, progettazione, sperimentazione, acquisizione di conoscenze e prestazione di assistenza tecnica, organizzativa e di mercato connessa al progresso e al rinnovamento tecnologico. In particolare, poiché finora risulta assente nella regione analizzata il concetto di ecologia industriale, i piani di sviluppo dovrebbero promuovere la nascita di nuove iniziative imprenditoriali, comprese proposte finalizzate all'introduzione di nuove tecnologie e metodi per il miglioramento della qualità dei prodotti agroalimentari locali e per l'acquisizione e la progettazione di aree attrezzate per insediamenti produttivi, per infrastrutture e servizi secondo criteri di efficacia, efficienza ed economicità.

2. L'importanza del made in Italy nelle economie delle regioni meridionali

Il settore agroalimentare, colonna portante dell'economia italiana, negli ultimi anni ha dato una forte spinta alla crescita interna economica del Paese. Ciò si può riscontrare ancora meglio attraverso alcuni dati pubblicati da Eurispes che traccia linee positive per il comparto agroalimentare italiano che, nel 2014, vale complessivamente 246 miliardi di euro, rappresentando il 15% del PIL nazionale. L'agricoltura italiana conta attualmente 1,6 milioni di aziende agricole, offre 272 prodotti DOP e IGP e 4866 specialità tradizionali regionali, il più alto numero d'Europa [4]. È stato inoltre rilevato un aumento dell'import e dell'export nel settore: il primo è cresciuto di volume del 9,3% come conseguenza di una diminuzione dei prezzi dell'1,8%, l'export invece è cresciuto in seguito ad un considerevole aumento dei prezzi del 4,5% a sua volta dovuto ad una flessione dei volumi importati. Le esportazioni del Made in Italy, che coprono circa il 74% del totale agroalimentare, hanno raggiunto il valore di 27,4 milioni di euro. I principali comparti sono il vino confezionato, il pomodoro trasformato, i formaggi, i salumi, l'olio d'oliva, lapasta, i prodotti da forno ed i prodotti dolciari. Entrando più

nel particolare, il marchio di produzione italiana ha svolto un ruolo di spicco nel commercio dei prodotti agroalimentari [5]. Tra le tipicità troviamo soprattutto i cosiddetti prodotti da forno, veloci e facili da preparare in qualsiasi momento, permettendo a chiunque di cimentarsi nell'arte della cucina italiana. Un problema di carattere generale che può spesso riguardare i prodotti da forno è quello dell'obbligo dell'indicazione del QUID, ossia la percentuale in termini di peso di un determinato ingrediente sul totale del prodotto finito (art. 9, lettera d) e all. VIII del Reg. UE 1169/2011) [6]. Essi si possono classificare in prodotti salati e dolciari, tra cui ad esempio rispettivamente il pane ed i panettoni. Secondo il DPR 502/1998 [7] è denominato "pane" il prodotto ottenuto dalla cottura totale o parziale di una pasta lievitata, preparata con sfarinati di grano, acqua e lievito, con o senza aggiunta di sale comune. Il Decreto 22 luglio 2005 del Ministero delle Attività Produttive [8] disciplina la produzione e la vendita di taluni prodotti dolciari da forno (panettoni, colombe, pandori, savoiardi, amaretti, amaretti morbidi), al fine di tutelare tali specialità della tradizione, definendone caratteristiche e composizione. In merito al Decreto, il Ministero dello Sviluppo Economico ha emanato la Circolare 3 dicembre 2009, n. 7021 [9], che ha lo scopo di garantire uniformità di comportamento per gli operatori e per il controllo della qualità e salubrità degli alimenti [10]. Il settore merceologico oggetto di analisi è quello della produzione della pizza, definita un prodotto gastronomico salato che consiste in un impasto solitamente a base di farina e acqua che viene spianato e condito con pomodoro e mozzarella ed altri ingredienti, e cotto al forno. Originario della cucina napoletana, è oggi, insieme alla pasta, l'alimento italiano più conosciuto all'estero. Il 9 dicembre 2009 l'Unione europea, su richiesta del parlamento italiano, ha concesso la denominazione di Specialità Tradizionale Garantita (STG) a salvaguardare la tradizionale pizza napoletana, in particolare la "Margherita" e la "Marinara" [11].

2.1 Caso studio: Mediterranea QualityFoodsrl

La linea di franchising de Laltrapizza nasce dall'esigenza di mercato dell'imprenditore, già proprietario di un'unità ristorativa in località Praia a Mare (CS), il quale si trova a fronteggiare un'elevata domanda, soprattutto nella stagione estiva. Da qui l'innovazione di prodotto, con l'ideazione di una base pizza precotta, ad alta digeribilità, subito pronta da condire ed infornare, riducendo sensibilmente il tempo di cottura e servizio al cliente, senza però diminuirne la soddisfazione; ciò permette all'imprenditore di raddoppiare, approssimativamente, i coperti per serata dell'unità di ristorazione originale. La scelta dei grani e delle farine utilizzate riveste un ruolo fondamentale, dato l'interesse e la ricerca dell'imprenditore verso grani antichi, dotati di più alti indici di digeribilità. Quest'ultima è tra l'altro garantita dall'utilizzo di un grano particolare, importato dal Canada e caratterizzato dall'elevata presenza di una proteina, la gliadina. Un mulino situato in Umbria fornisce all'impresa la farina necessaria a preparare l'impasto, alla quale viene aggiunta soia e soprattutto farina di riso, che permette l'assorbimento di circa il 90% d'acqua usata per impastare, garantendo così una maggiore capacità di conservazione rispetto. Analizzando nello specifico il processo produttivo, è possibile inquadrare una prima fase che prevede l'impiego di circa 900 cc d'acqua per 1 kg di impasto, il quale viene successivamente lasciato a maturare a freddo per oltre 60 ore. In seguito vengono La fase successiva consiste nella preparazione dei panetti, che vengono fatti lievitare una seconda volta in un'apposita cella, la cui temperatura supera di poco i 22°C, al fine di permettere l'innesco del lievito. L'impasto ottenuto viene in seguito steso a mano in diversi formati e preparato alla successiva fase di cottura, la quale avviene grazie ad una particolare tecnologia che consiste in un nastro sul quale vengono fatte scorrere le basi pizza [12]. A questo punto il prodotto finale, tramite uno specifico macchinario, viene reso sottovuoto ed infine imballato. La maggior parte della produzione consiste in prodotti sottovuoto, ma vi è anche una piccola parte destinata al surgelamento, ed in seguito all'esportazione all'estero. L'azienda al momento non possiede certificazioni volontarie di tipo ambientale, ma tra i vari progetti

futuri di espansione vi è anche la ricerca di certificazioni per valorizzare ancora il marchio. Tra gli altri obiettivi futuri vi è anche da annoverare l'intenzione di installare un impianto fotovoltaico, in linea con i principi della green economy e dello sviluppo sostenibile, per coniugare il vantaggio competitivo di un prodotto in rampa di lancio con il rispetto del territorio.

2.2 Impianti di compostaggio per produzione di energia

Tra le varie metodologie di implementazione dei concetti di economia circolare e green economy finalizzate al recupero degli scarti di produzione si può annoverare il processo di compostaggio, particolarmente utile nel settore agro-industriale, il quale produce quantità non indifferenti di scarti e sottoprodotti di natura organica di ottima qualità e idonei ad essere utilizzati nella biodegradazione aerobica.

Il compost (dal latino *compositum*, cioè miscelato) è un materiale inodore e ricco di materia organica, proteine e carboidrati, derivante dal processo di biodegradazione dei rifiuti organici, quali per esempio letame, liquame, scarti di potatura derivanti da attività primaria e scarti organici provenienti da processi nell'industria agroalimentare. Il processo in questione consiste nella biossidazione e umificazione di tipo aerobico nel quale i microrganismi presenti nell'ambiente attaccano e degradano la matrice organica miscelata contenuta nelle materie prime utilizzate nella preparazione della miscela avviata al processo [13]. Tali microrganismi così traggono l'energia necessaria per dare vita ad una serie di reazioni biochimiche che liberano prodotti finali come acqua, anidride carbonica, sali minerali e, dopo alcuni mesi di trasformazione, un residuo organico (humus) che si decomporrà lentamente una volta immesso nel terreno, migliorandone la qualità delle colture e riducendone la possibilità di erosione [14]. I tempi di digestione dei diversi sottoprodotti sono moltodiversi fra di loro e dipendono dalle caratteristiche chimiche delle singole matrici organiche.

Il processo di compostaggio può essere suddiviso in tre fasi principali:

- Preparazione della miscela, in cui si ottiene una massa omogenea, che possa far penetrare l'aria in modo da non favorire l'avvio di reazioni di tipo anaerobico, con conseguente produzione di cattivi odori e percolato;

- Biossidazione ("activecomposting time"), caratterizzata da intensi processi di degradazione delle componenti organiche più facilmente degradabili. Durante questa prima fase, i composti del carbonio organico semplice, che vengono utilizzati dai microrganismi come sorgente di energia e di nutrienti, sono facilmente mineralizzati e si ha la produzione di anidride carbonica, ammoniaca, acqua, acidi organici e calore. L'accumulo di calore porta all'innalzamento della temperatura della massa in fermentazione. L'attività microbica determina un'elevata richiesta di ossigeno indispensabile per le reazioni biochimiche. Grazie alle condizioni termofile che si instaurano durante questa fase, avviene l'igienizzazione del materiale: infatti, vengono uccisi vari patogeni (es. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium botulinum*). In ogni caso, durante questa fase termofila si ha il temporaneo rilascio di composti fitotossici (cataboliti intermedi, ammoniaca, ecc.). Questa fase è considerata conclusa quando la temperatura è stabile sui 40-45°C [15];

- Maturazione ("curing"), durante la quale si completano i fenomeni degradativi a carico delle molecole meno reattive e si svolgono reazioni di trasformazione e polimerizzazione a carico delle stesse (con particolare riferimento alla lignina) che portano alla sintesi delle sostanze umiche. Questa seconda fase di stabilizzazione è caratterizzata da temperature prossime a quelle ambientali, dal minor consumo di ossigeno, legato alla riduzione dell'attività respiratoria della flora microbica e dalla ricolonizzazione della massa da parte di microrganismi mesofili. Durante questa fase vengono degradati i metaboliti tossici che si erano prodotti durante la prima fase [16].

Il compostaggio può essere fonte di diversi vantaggi, sia dal punto di vista economico che da quello ambientale: previene la produzione di inquinanti atmosferici; determina un risparmio

nell'uso di concimi chimici; comporta una diminuzione dei costi di smaltimento dei rifiuti; rallenta l'esaurimento delle discariche e riduce odori e percolato da esse prodotti; permette lo smaltimento della componente biodegradabile dei rifiuti solidi urbani, con recupero di materiale e riduzione dell'impatto ambientale.

3. Conclusioni

Il progetto di compostaggio da noi presentato si inquadra in investimenti produttivi volti a: favorire la diversificazione, la creazione e lo sviluppo di piccole imprese nonché dell'occupazione; promuovere l'accessibilità, l'uso e la qualità delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) nelle zone rurali a basso sviluppo industriale; inoltre, si incentivano misure a sostegno della creazione e dello sviluppo di nuove imprese al fine di favorire la diversificazione produttiva tra le aziende. Nell'ottica di incrementare le strategie di ecologia industriale nella zona, si stimolano le aziende creditizie all'utilizzo di strumenti economici e finanziari a supporto di start up che sfruttino processi produttivi basati su azioni di riduzione di gas serra e climalteranti, azioni di riduzione della deforestazione, di sostegno della conservazione della natura e della biodiversità, incentivando così l'applicazione dei principi della "economia verde" e l'utilizzo di energie da fonti rinnovabili. L'implementazione e l'utilizzo di un impianto di compostaggio all'interno dell'azienda in questione potrebbe comportare vantaggi da un punto di vista gestionale e logistico, risolvendo le problematiche di smaltimento degli scarti produttivi attraverso il riutilizzo di quest'ultimi, e quindi indirettamente portare vantaggi ambientali eliminando la necessità di trattare tali rifiuti con il rischio di impatto sull'ambiente stesso; l'azienda rappresenterebbe in questo modo un esempio all'avanguardia in tema di economia circolare, in un territorio poco sviluppato da un punto di vista industriale e ancora povero di innovazioni tecnologiche in linea con il concetto di green economy.

Bibliografia

- [1] Commissione Europea, Pacchetto di misure sull'economia circolare, 2015, disponibile su http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
- [2] **Mencherini U., Picone S., Ratta M.**, *La simbiosi industriale in Emilia-Romagna*, ECOSCIENZA n. 2, 2017.
- [3] Legge Regionale 24 dicembre 2001, n. 38, Nuovo regime giuridico dei Consorzi per le aree, i nuclei e le zone di sviluppo industriale. (BUR n. 105 del 29 dicembre 2001, supplemento straordinario n. 6.
- [4] www.colturaecultura.it.
- [5] www.innovazione.cambiamento.it
- [6] REGOLAMENTO (UE) N. 1169/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 ottobre 2011 relativo alla fornitura di informazioni sugli alimenti ai consumatori, che modifica i regolamenti (CE) n. 1924/2006 e (CE) n. 1925/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio e abroga la direttiva 87/250/CEE della Commissione, la direttiva 90/496/CEE del Consiglio, la direttiva 1999/10/CE della Commissione, la direttiva 2000/13/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive 2002/67/CE e 2008/5/CE della Commissione e il regolamento (CE) n. 608/2004 della Commissione, in GU L 304/18 del 22.11.2011.
- [7] D.P.R. 30 novembre 1998, n. 502. Regolamento recante norme per la revisione della normativa in materia di lavorazione e di commercio del pane, a norma dell'articolo 50 della legge 22 febbraio 1994, n. 146, in Gazzetta Ufficiale n. 25, del 1° febbraio 1999.
- [8] DECRETO 22 luglio 2005, Disciplina della produzione e della vendita di taluni prodotti dolciari da forno, in Gazzetta Ufficiale N. 177 dell' 1 Agosto 2005.
- [9] MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO - CIRCOLARE 3 dicembre 2009, n. 7021, Circolare esplicativa su etichettatura e presentazione dei prodotti alimentari - Prodotti dolciari da forno, in Gazzetta Ufficiale n. 302 del 30 dicembre 2009.
- [10] Regolamento n. 509/2006 del Consiglio, del 20 marzo 2006, relativo alle specialità tradizionali garantite dei prodotti agricoli e alimentari, in GU L 93 del 31.3.2006.

- [11] https://www.to.camcom.it/sites/default/files/exportinternazionalizzazione/Prodotti_da_forno.pdf.
- [12] <http://www.laltrapizza.it/>
- [13] **Cooperband, L.R.**, (2000), *Composting: art and science of organic waste conversion to a valuable soil resource*, Laboratory Medicine, 31, 283-290.
- [14] **Baglio L., Bonanno S., Cipolla G., Fichera A., Leanza A.**, (2016), *Produzione di compost derivante da filiera zootecnica siciliana quale esempio di economia circolare*, Atti di Ecomondo 2016, 409-414.
- [15] **Chen, Y., Inbar, Y.**, (1993), *Chemical and spectroscopic analyses of organic matter transformation during composting in relation to compost maturity*. In: Hoitink, H.A.J., Keener, H.M., (Eds.), *Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspect*. Renaissance, Pub, Worthington, OH, pp. 551-600.
- [16] **ANPA** (Agenzia nazionale per la protezione dell'Ambiente), (2001), *Metodi di analisi del compost*, Manuali e linee guida, 3.
- [17] Regione Calabria, *Programmadi sviluppo rurale della regione Calabria 2014 –2020*, Disposizioni attuative per il trattamento delle domande di sostegno.

ICTs and corporate sustainability strategies.

The case of Aptar Italia Spa

Michele Del Grosso¹ michele.delgrosso@aptar.com, Alberto Simboli²,

Nando Cutarella¹, Andrea Raggi²

¹Aptar Italia SpA, San Giovanni Teatino, Chieti, Italy

²Università "G. d'Annunzio", Pescara, Italy

Riassunto

Allo scopo di evidenziare le sinergie e le potenziali interazioni tra Ecologia Industriale (EI) e Industria 4.0, il presente articolo analizza il ruolo svolto dalle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) nella gestione di dati funzionali allo sviluppo della strategia di sostenibilità di una società leader del settore packaging, Aptargroup (Aptar). Lo studio delinea il ruolo cruciale svolto dalle ICT nell'uso, nella condivisione e nella raccolta di informazioni e dati all'interno di singoli impianti di produzione ed anche in relazione a tutto il gruppo.

Summary

With the aim of highlighting synergies and potential interactions between IE and I4.0 frameworks, this article presents and discusses the role played by Information and Communication Technologies (ICTs) in managing the data functional to the development of the sustainability strategy of a leading corporation in the packaging industry, Aptargroup (Aptar). The study outlines the crucial role played by ICTs in the use, sharing and collection of information and data within specific production plants and also in respect of the entire group.

1. Introduction

Within the Industrial Ecology (IE) field, the use of reliable and up-to-date data and information is at the heart of any action directed towards sustainability [1-2]. Industry 4.0 (I4.0) is recognized as the next production paradigm, enabled by a set of technologies strongly based on data collection, storage and sharing. [3-4]. Aptar is a leading company in the dispensing solutions niche of the packaging industry, with a market focus on three business segments (Beauty+Home, Food+Beverage and Pharma). Aptar operates in different countries with 12,700 employees and 48 facilities located in different world regions. Aptar has been developing its sustainability strategy for several years and is now considered a sectoral benchmark on those issues. Considering the actions developed so far and the I4.0 enabling technologies, Aptar decided to develop a computer system capable of supervising the efficiency of its production processes. In this framework, monitoring activities are based on metrics about process flows such as electrical energy, natural gas, fuel oil, water, refrigerants, as well as hazardous and not hazardous wastes, in respect of which Aptar has been carrying out a specific Landfill-Free program. Appropriate KPIs have also been defined in order to measure environmental performances.

2. Literature review and system description

In this section, after a short literature review on the role of ICTs in sustainable manufacturing, the basic principles and the technical characteristics of the computer system developed by Aptar will be described and discussed.

2.1 Literature background

In recent years, measurement issues have been increasingly associated with the themes of sustainability. In particular, manufacturing companies have increasingly been looking for solutions and tools to collect and monitor data and information about the environmental performance of their products and processes in a quick, accurate and effective way, especially to support operational and strategic decision making [5; 6]. To address these needs, scholars have been working in two main directions: i) the definition and selection of appropriate Sustainability Indicators (SIs) ii) the methods and techniques for data collection and analysis. In respect of SIs, numerous approaches have been proposed [7; 8], however, the literature clearly shows that, in practice, it can be difficult to apply them to any particular organization, because companies often prefer to develop their own set of indicators, especially for internal analysis [7].

It has been highlighted that on the market there are some software solutions that could integrate sustainability management, but these systems are often stand-alone solutions and “green” functions are rarely implemented, especially within ERP systems [9].

More relevant was the impact on the business world of the tools to support the detection, monitoring and analysis of data. The so-called Information and Communication Technologies (ICTs) have had an important role in measuring manufacturing sustainability, and has been progressively developed in association with other issues such as “Smart Manufacturing”, “Internet of Things”, “Intelligent Products”, “Energy Awareness” and more recently, Industry 4.0. An interesting overview of these issues has been provided by Trentesaux et al [10], who summarized it in the scheme reported in Fig. 1.

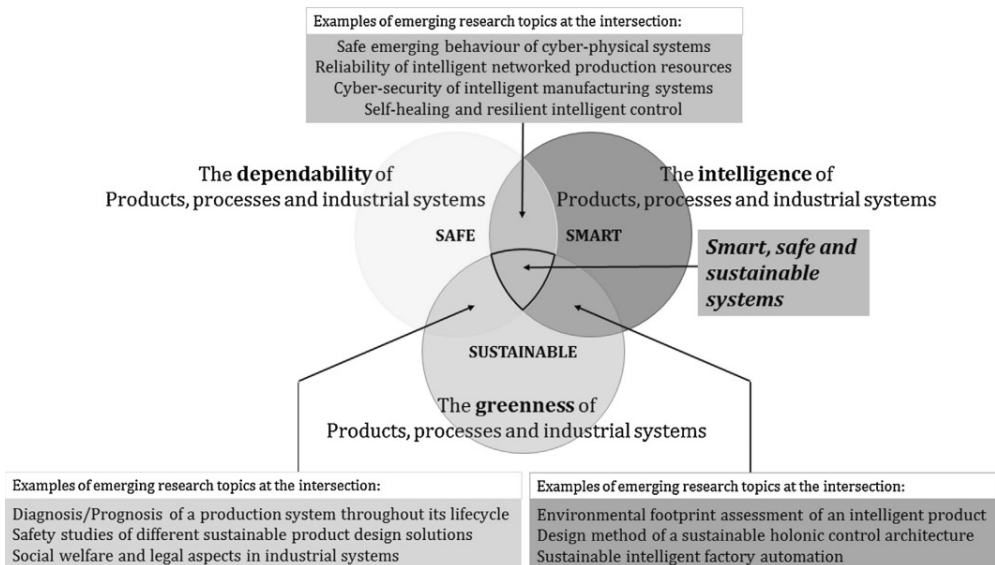


Fig. 1 – Potential interactions between ICTs and sustainability issues in manufacturing [10]

The perspective of interaction between ICTs and sustainability addressed in this article is that of Aptar group, a multiplant producer which needs to detect/collect, monitor and make available to its employees the most significant environmental data; to this end, it has defined potential hot spots, metrics, detection procedures, and has tried to integrate that model into the corporate IT system. The basic architecture, the main data collected and the first results deriving from their exploitation are described in the following.

2.2 Corporate sustainability background

Aptar sustainability strategy is based on different communication levels, including reporting system for product's performance (e.g. EPD format) and organizational performance (e.g. GRI and CDP format). Since 2012 the implementation of this strategy has required the application of life cycle thinking methods (e.g. LCA based on the ISO 14040-14044 standards) to evaluate the performance of products and facilities, which have involved great efforts in order to collect specific data to assess and communicate results. Such past experiences and related requirements have represented the principal stimulus for Aptar to develop an appropriate data collection and reporting system, also considering the growing needs of internal and external communication and the continuous improvement process involving the facilities of the entire group. The development process of that system started in 2010 and was structured in different improvement steps, for data collection, data storage and data management for each user.

2.3 Basic principles

The computer system, as it has been developed, is based on web solution and presents different infrastructure levels to manage metrics received by sub-meters and/or manual data entry. Thanks to different sub-meters connected to programmable logic controller (PLC) and manual data entry, the data collected (e.g., consumption of: electrical energy, natural gas, water) are stored in an internal database system allowing full storage of historical data.

Data management is structured in multiple levels and systems:

- gateway used for different data sources with cloud environment;
- online repository to manage the safety of data coming from sources;
- reporting layer where the user can generate customized analysis considering appropriate template;
- management of integrated access with office suite.

The basic structure of the computer system includes a "connection infrastructure" based on sensors and networks to measure metrics at site level, such as electrical energy (for molding, assembling, compressors...), natural gas, water (discharged and drawn). This infrastructure allows real-time data identification for the above metrics at the Aptar facilities where dedicated sub-meters have been put in place. For the other metrics the system allows final users to upload manually the data not directly collected by the sub-meters structure. The system presents "cloud and cyber environment" for the management of data on demand and for the data analysis by appropriate charts. The "context and community" of the system is correlated to Aptar's production processes giving the opportunity to share metrics indicators and KPIs for each site. Aptar user has the opportunity to customize the use of this system in order to improve the process efficiency and optimize resource use.

2.4 Architecture

The architecture of the computer system is based on a centralized server (Aptar dedicated) with different access profiles for single users. Each user can have the possibility to query

metrics with dedicated layout and framework. The metrics directly collected by sub-meters, located in the plant, present connection to local PLC and server with the architecture shown in fig. 2.

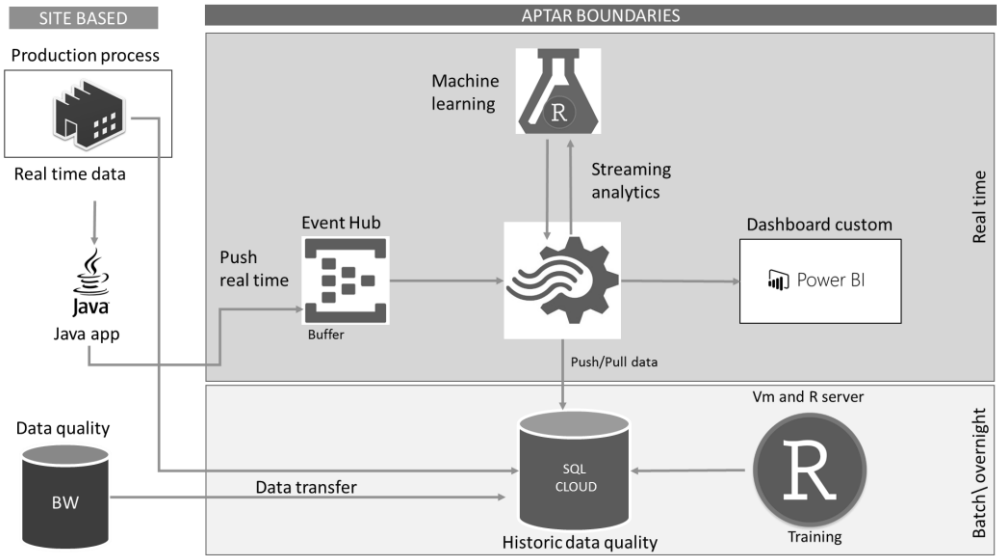


Fig. 2 – Computer system framework

2.5 Data and metrics

The data collection system identifies different metrics, such as inputs and outputs of production processes. The following inputs and outputs flows are taken into consideration.

Inputs:

- electrical energy (includes power consumption for molding, assembling and compressors)
- natural gas;
- fuel oil (includes motor fuel, fuel for emergency equipment, fuel for industrial vehicles);
- hydraulic oil for injection molding press;
- water drawn;

Outputs:

- water discharged;
- refrigerants which usually occurs during preventive maintenance (include glycol, R22, R407, R410, R134 and R404 lost to the atmosphere);
- hazardous and not hazardous waste (including different treatment options, as landfill, incineration, waste to energy, physical chemical treatment, mechanical biological treatment, recycling, internal reuse, return of recoverable materials, regeneration, agricultural improvement, end of waste, by-product).

The metrics details and reporting frequency are listed in Table 1.

Sustainability Metrics	Reporting Frequency
Electricity (total consumption)	<i>Monthly from all sites</i>
Electricity – assembly	<i>Optional, intended for sites with sub metering</i>
Electricity – molding	
Fuel Oil	<i>Monthly from all sites</i>
Natural Gas	
Hazardous Waste to Landfill	
Non-Hazardous Waste to Landfill	
Other waste categories	<i>Monthly for Landfill Free sites</i>
Refrigerants	<i>At least quarterly</i>
Water Drawn	<i>At least quarterly</i>
Water Discharged	<i>At least quarterly</i>
Other metrics	<i>As requested by Sustainability Leaders</i>

Tab. 1 – Metrics reporting type and frequency

2.6 Application

All Aptar manufacturing sites (located in different regions) are required to report environmental and energy metrics into the sustainability module. All sites are expected to report energy, waste and water consumption from all sources located within the site financial boundary. This includes owned and leased off-site warehouses and storage buildings.

2.7 Expected results

The system allows the management of sustainability data in order to take the goals and targets established in each plant and region (globally) under control. Single users can communicate different metrics at a corporate level and super-users (Sustainability Leader – HSE & Sustainability Director) have the opportunity to receive feedback in real time about a site’s performance (Fig.3).

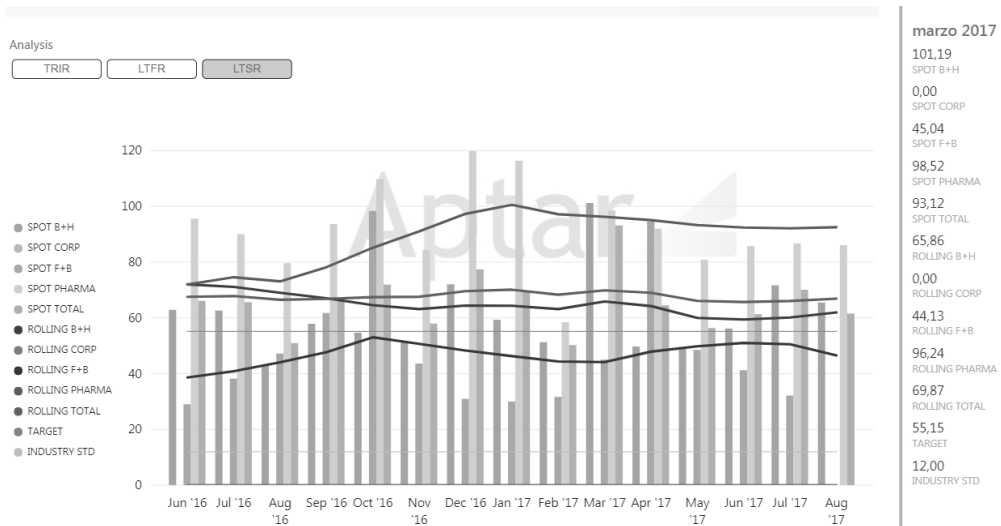


Fig. 3 – Dashboard overview (segment level)

3. Conclusions

The implementation of ICTs to collect and share environmental and energy metrics allows companies to develop sustainability strategies concerning production processes and their efficiency.

The main goal of Aptargroup environmental strategy is data interpretation in order to put in place actions to improve the use of resources and performance reducing environmental burdens throughout their products' life cycle. The computer system's structure above described can be considered the first milestone towards the development of a data collection system to accelerate the data management for product LCA and organizational LCA (O-LCA) along different facilities. Possible further data exploitation are related to the use of metrics (as electrical energy, natural gas, water consumption and waste) to calculate environmental footprints of the entire organization, e.g. considering the O-LCA guidelines (based on standard ISO 14072). One major limitation is due to the macro level aggregation of energy data in some Aptar sites, where it is not possible to split overall energy consumption among the different activities carried out (e.g. injection moulding, assembling, compressed air).

References

- [1] Zapico, J.L., Brandt, N., Turpeinen, M. (2010) *Environmental metrics: The main opportunity from ICT for industrial ecology*. Journal of Industrial Ecology, 14 (5), pp. 703-706.
- [2] Xu, M., Cai, H., Liang, S. (2015). *Big data and industrial ecology*. Journal of Industrial Ecology, 19 (2), pp. 205-210.
- [3] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., Hoffmann, M. (2014). *Industry 4.0*. Business and Information Systems Engineering, 6 (4), pp. 239-242.
- [4] Stock, T., Seliger, G. (2016). *Opportunities of sustainable manufacturing in Industry 4.0*. Procedia CIRP, 40, pp. 536-541
- [5] Grabot, B., Schlegel, T. (2014). *ICT for sustainability in industry*. Computers in Industry, 65 (3), pp. 383-385.
- [6] Filos, E. (2010). *ICT for sustainable manufacturing: A European perspective*. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 322 AICT, pp. 28-35.

- [7] **Joung, C.B., Carrell, J., Sarkar, P., Feng, S.C.** (2013). *Categorization of indicators for sustainable manufacturing*. *Ecological Indicators*, 24, pp. 148-157.
- [8] **Leyh C., Rossetto M., Demez M.** (2014) *Sustainability management and its software support in selected Italian enterprises*. *Computers in Industry* 65 (2014) 386–392
- [9] **Linke, B.S., Corman, G.J., Dornfeld, D.A., Tönissen, S.** (2013). *Sustainability indicators for discrete manufacturing processes applied to grinding technology*. *Journal of Manufacturing Systems* 32, pp. 556–563
- [10] **Trentesaux, D., Borangiu, T., Thomas, A.** (2016) *Emerging ICT concepts for smart, safe and sustainable industrial systems*. *Computers in Industry*, 81, pp. 1-10.

Posidonia spiaggiata e gestione dei rifiuti. Verso il recupero della biomassa

Antonella Lomoro alomoro@eco-logicasrl.it, Massimo Guido Eco-logica s.r.l., Corso Alcide De Gasperi n. 258, Bari
Leonardo Lorusso Comune di Monopoli (Ba)

Riassunto

Le recenti politiche comunitarie indirizzano la gestione dei rifiuti verso il recupero orientato all'effettivo riciclo dei materiali raccolti in modo differenziato.

Gli ambiziosi obiettivi individuati dal legislatore, indirizzano alla preparazione per il riutilizzo e al riciclaggio nell'ottica di una Economia Circolare. Le quantità di rifiuti che dovranno essere conferiti in discarica, dovranno limitarsi sempre più. La strategia orientata al recupero ha spostato l'attenzione degli operatori oltre che alla fase di raccolta, a quella della effettiva valorizzazione dei rifiuti.

In quest'ottica si è operato nell'ambito della progettazione dell'intervento "Gestione sostenibile della posidonia spiaggiata nel comune di Monopoli (Bari)".

Summary

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 should be greatly reduced. The strategy of recovering has moved operators attention from the collection phase to the exploitation of waste.

The project "Sustainable management of stranded posidonia in the municipality of Monopoli (Bari)" has been planned following this orientation.

1. Introduzione

La posidonia (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) è una pianta marina endemica del Mediterraneo, la cui vegetazione nel periodo autunno-invernale si rinnova e parte delle foglie senescenti vengono trasportate sugli arenili e le spiagge limitrofe, dove i residui si accumulano formando quelle strutture, denominate banquettes (Fig. 1).



Fig. 1 – *Banquettes di foglie di posidonia (Foto Eco-logica srl)*

Lo spiaggiamento dei residui delle fanerogame marine come la Posidonia, ma anche di altre specie vegetali (che siano piante superiori o alghe), è un fenomeno naturale che interessa molte località costiere. La presenza degli accumuli rappresenta un problema rilevante qualora, pur rivestendo una ruolo importante nell'ecosistema costiero, si è costretti a rimuoverle per motivi di sicurezza, di igiene, di utilizzo turistico balneare o nautico.

Le banquettes rivestono un ruolo ecologico fondamentale nel mantenimento della stabilità dei litorali. Gli ammassi vegetali spiaggiati infatti, svolgono le seguenti funzioni:

- Svolgono un'azione protettiva contro l'erosione costiera, trattenendo enormi quantità di sedimento riducendone la forza erosiva.
- Rappresentano una riserva trofica e una fonte di carbonio e nutrienti sempre disponibile per molti organismi marini.
- Costituiscono un habitat per molti organismi del piano sopralitorale, la zona di transizione tra l'ambiente terrestre e quello marino, adattati a particolari condizioni, quali ampi sbalzi di salinità e temperatura.
- Grazie alla capacità di accumulare umidità e di rilasciare elementi nutritivi, favoriscono la formazione delle dune embrionali.

Nonostante rappresenti una risorsa fondamentale per la stabilità degli arenili, in alcuni casi, tuttavia, la presenza di biomasse spiaggiate compromette il normale utilizzo delle spiagge ai fini turistico-balneari, in quanto il materiale va spesso incontro a fenomeni putrefattivi.

Ciò spinge le amministrazioni locali o i gestori delle strutture turistico-ricettive concessionarie dei tratti di spiaggia interessati, ad effettuare la rimozione di tali biomasse.

L'individuazione della corretta gestione delle biomasse spiaggiate e di adeguate modalità tecnico-operative e amministrative, consentono di incrementare la quantità di materia recuperabile, ad esempio per produrre ammendante compostato verde.

Lo studio che si presenta, che nasce dai risultati di un progetto Life Ambiente PRIME, i cui risultati sono confluiti nelle Linee Guida PRIME [1] fornisce le procedure da svolgere per attuare un sistema di gestione sostenibile degli spiaggiamenti, rispettoso degli ecosistemi naturali, della legislazione di riferimento e del contenimento dei costi.

Il materiale raccolto non costituisce più rifiuto a tutti gli effetti ma risorsa da valorizzare e impiegare in altri campi, quali l'agricoltura [2] e l'edilizia.

Studi effettuati nell'ambito del progetto PRIME hanno dimostrato che i residui di posidonia hanno una elevata valenza agronomica, impiegati nella produzione di compost nella misura

massima del 20% in peso della miscela iniziale (D. Lgs 75/10) [3], purché si adottino le giuste modalità di raccolta e selezione del materiale compatibilmente con la salvaguardia dell'ecosistema costiero.

2. Relazione

2.1 Le praterie di *Posidonia Oceanica* in Puglia

La *Posidonia Oceanica* è presente nella Regione Puglia sotto forma di erbari e/o praterie e presenta caratteristiche piuttosto variegata a seconda delle proprietà talassografiche locali o dell'impatto subito a seguito delle attività antropiche.

Lungo tutto il litorale pugliese è stata stimata la presenza di erbari di posidonia su una superficie di circa 330 km², di cui 247 su "mattes" (ovvero gradini formati dalle stesse radici di *Posidonia Oceanica*), 61 su roccia e 22 su sabbia. Tali erbari di posidonia sono distribuiti all'interno delle aree marino-costiere pugliesi sia Adriatiche che Ioniche in modo non omogeneo (Fig. 2).

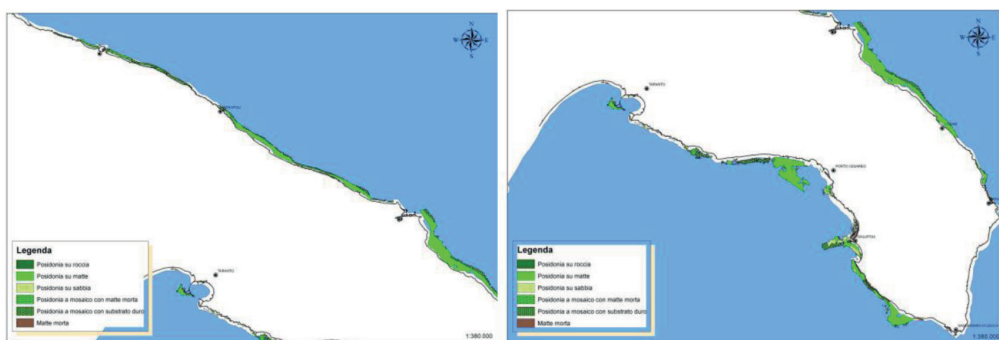


Fig. 2 – Distribuzione degli erbari di *Posidonia* della Puglia [4]

Gli aspetti vegetazionali delle piante dell'area Adriatica e quella Ionica presentano delle differenze connesse principalmente alla diversa morfologia della costa e dei fondali, nonché ad una diversa qualità delle acque, sostanzialmente più limpide nello Ionio a causa delle caratteristiche oceanografiche (Marano et al., 1998).

Nel settore jonico sono situate alcune praterie piuttosto estese (Isola S. Pietro, Torre Colimena, S. Isidoro, Gallipoli, Torre Mozza), che si presentano per lo più su matte e talvolta su sabbia (Gallipoli) o su roccia (Isola S. Pietro; Gallipoli). Nel settore adriatico, invece, la *Posidonia* è presente lungo il litorale costiero con una piccola chiazza su roccia a sud di Punta Faci, e poi, da Otranto sino a circa 8 km a Nord di Bari, sono inoltre colonizzate a *Posidonia* piccole aree intorno alle Isole Tremiti.

2.2 Le possibilità di riutilizzo del materiale spiaggiato

La gestione della posidonia spiaggiata riveste una problematica di ampio spettro che coinvolge molteplici aspetti legati all'ecosistema costiero e alla corretta gestione da parte delle amministrazioni locali in termini tecnici e amministrativi.

A seguito delle pesanti ripercussioni economiche e ambientali connesse allo smaltimento in discarica dei residui delle Biomasse Vegetali Spiaggiate (BVS), si è manifestata recentemente una crescente attenzione verso una corretta gestione delle stesse.

Negli ultimi anni, infatti, ci sono state numerose direttive e regolamenti dell'Unione Europea che hanno spinto gli Stati membri ad adottare strategie volte al recupero e alla riutilizzazione di materiali che potrebbero trovare destinazioni alternative al semplice smaltimento in

discarica. Anche la Regione Puglia nel 2015 [5] ha emesso delle proprie Linee Guida per la gestione del fenomeno.

La Circolare Ministeriale n. 8123/2006 [6] ribadisce l'opportunità di lasciare in loco gli accumuli di biomasse spiaggiate dato il loro importante ruolo ecologico. Propone tre possibili strategie di intervento:

1. Mantenimento in loco delle banquettes;
2. Spostamento degli accumuli;
3. Rimozione permanente e trasferimento in discarica.

Accanto al possibile reimpiego per ripristino dunale, una modalità di riutilizzo dei residui di posidonia spiaggiata che ultimamente risulta essere molto interessante e compatibile con le zone con elevato valore turistico o con alta concentrazione di popolazione, è rappresentata dall'utilizzo di questi materiali nel compostaggio per la produzione di ammendante o altri prodotti da utilizzare in agricoltura.

2.3 Caratteristiche geo-morfologiche del litorale di Monopoli

Il tratto di costa del Comune di Monopoli presenta gli aspetti e i caratteri geologici e morfologici tipici del territorio pugliese, e corrisponde alla pianure delle Murge sud-orientali. Seppure rappresenti un breve tratto del litorale pugliese, la fascia costiera del territorio monopolitano racchiude molteplici morfologie costiere, che la rendono tanto complessa quanto paesaggisticamente gradevole alla compresenza di elementi morfogeneticamente differenti. Tale fascia costiera è costituita prevalentemente da costa rocciosa con un'equa distribuzione, in termini percentuali, tra costa rocciosa bassa e falesia.

Nel Piano Regionale delle Coste della Regione Puglia [10], nonché nel Piano Regionale delle Coste del comune di Monopoli, l'intero litorale del comune di Monopoli rientra nella unità fisiografica n.3 (U.F. 3). Elemento caratteristico da tener presente per la fase progettuale di gestione della posidonia (cfr. Linee guida Regionali [5]).

2.4 Modalità di gestione sostenibile della posidonia spiaggiata

Le Linee Guida PRIME contengono soluzioni di gestione delle biomasse spiaggiate che permettono di far fronte alle problematiche connesse agli spiaggiamenti e di garantire il giusto equilibrio tra salvaguardia ambientale e la fruizione del litorale (Fig. 3).

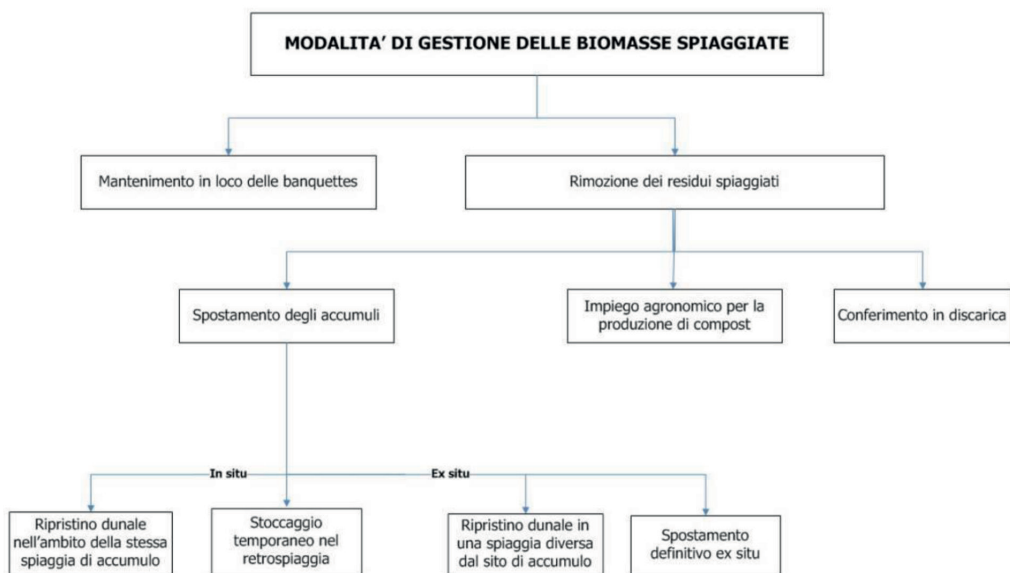


Fig. 3 – Schema sulle modalità di gestione delle biomasse spiaggiate [1]

2.5 Percorso amministrativo per la gestione sostenibile della posidonia spiaggiata.

Per meglio guidare le scelte dell'Ente sulle corrette modalità operative di gestione, si forniscono di seguito le linee di indirizzo del percorso amministrativo che è opportuno adottare ogni qual volta ci si appresta alla gestione delle biomasse spiaggiate, specificando gli obblighi a cui assolvere.

Le scelte ritenute più opportune per l'amministrazione comunale di Monopoli in base ad una analisi di sostenibilità del fenomeno oltre ad una analisi economica è quella di optare per due opzioni:

- il conferimento degli accumuli presso impianti di compostaggio
- il trasferimento ex situ.

Nel caso specifico in cui si dovesse procedere allo spostamento degli accumuli di BVS ex situ (opzione n.3 delle Linee Guida della Regione Puglia) [5] o al loro conferimento presso idoneo impianto di compostaggio (opzione n.4), al Comune di Monopoli è fatto obbligo, dopo aver consultato l'ARO di riferimento, comunicare con un preavviso di almeno 20 giorni l'opzione di gestione da adottare alle Autorità preposte alla vigilanza. Limite ridotto a 48 ore giorni con A.D. 371 del 16/06/2017 [7] durante la stagione estiva o comunque nei casi di conclamata urgenza per motivi igienico-sanitari.

Qualora lo spostamento degli accumuli di BVS dovesse avvenire all'interno dei siti Rete Natura 2000 e nelle aree protette, è necessario espletare la procedura di valutazione di incidenza, acquisendo in ogni caso l'autorizzazione dell'Ente gestore dell'area protetta.

Le fasi operative che il Comune di Monopoli o comunque una amministrazione impegnata in tale tipologia di intervento, deve osservare sono le seguenti:

• FASE 1: Individuazione e delimitazione dell'area interessata dai fenomeni di spiaggiamento

Ogni sito interessato dallo spiaggiamento deve essere opportunamente individuato anche tramite planimetria georeferenziata.

• FASE 2: Campionamento del materiale

Il materiale deve essere opportunamente campionato, con cadenza spaziale pari a 100 metri e sottoposto ad analisi chimiche e microbiologiche.

• **FASE 3 e 4: Individuazione di zone per lo stoccaggio temporaneo, zone di stoccaggio permanente ovvero impianti di compostaggio.**

Si deve procedere all'individuazione di idonee aree per lo stoccaggio temporaneo del materiale nelle quali sarà accumulato il materiale raccolto prima del definitivo trasferimento in altro sito, all'interno della stessa unità fisiografica.

In una fase preliminare, o contemporaneamente alle operazioni di accumulo, si deve provvedere alla separazione dei rifiuti solidi (plastiche, vetro, materiali ferrosi, etc.) da conferire a recupero. Tutte le operazioni devono essere eseguite limitando l'asportazione contestuale delle sabbie che residuano all'interno dei volumi di BVS. Ciò comprometterebbe l'attitudine al compostaggio del materiale raccolto [8].

• **FASE 5: Spostamento del materiale ex situ o trasferimento ad impianti di compostaggio.**

Individuate le aree di stoccaggio temporaneo (aree appartate all'interno di arenili diversi da quello di provenienza) o l'opportuno impianto di compostaggio idoneo ad accogliere il materiale accumulato), si deve provvedere ad effettuare il trasporto delle BVS verso il luogo di destinazione.

3. Conclusioni

Opportune tecniche di raccolta delle Biomasse Vegetali Spiaggiate consentono di recuperare tale rifiuto che generalmente è conferito in discarica.

Le tecniche di raccolta definite nelle Linee Guida PRIME e le modalità Amministrative che la Regione Puglia ha definito nelle proprie linee Guida per l'opzione 4, consentono di indirizzare la gestione dei rifiuti verso il recupero.

La rimozione delle Biomasse Vegetali Spiaggiate eseguita in maniera non corretta, determina l'asportazione di grandi quantità di sabbia, compromettendo il bilancio sedimentario della spiaggia e comprometterebbe la possibilità di recupero per il compostaggio del materiale raccolto.

L'individuazione della corretta gestione delle biomasse spiaggiate e di adeguate modalità tecnico-operative e amministrative, consentono pertanto di incrementare la quantità di materia da avviare a recupero.

Bibliografia

[1] 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);

[2] 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;

[3] Decreto Legislativo 29 aprile 2010, n. 75. Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88

[4] AA.VV., 2006. Inventario e Cartografia delle praterie di Posidonia nei compartimenti marittimi di Manfredonia, Molfetta, Bari, Brindisi, Gallipoli e Taranto. POR Puglia. Regione Puglia;

[5] Linee Guida per la Gestione delle Biomasse Vegetali Spiaggiate (Regione Puglia Maggio 2015 D.D. Regione Puglia n.229 del 22/06/2015);

[6] Circolare n. 8123/2006 (DPN/VD/2006/08123) del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio "Gestione della Posidonia spiaggiata";

[7] A.D. Regione Puglia n. 371 del 16/06/2017 "Modifica delle "Linee Guida per la gestione delle biomasse vegetali spiaggiate"

[8] 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

[9] ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Manuali e linee Guida 55/2010: Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica sugli arenili (Aprile 2010).

[10] **Rapporto ambientale: Caratteri emergenti della Costa Pugliese** (Allegato n.5 “Sensibilità e criticità”), Piano Regionale delle Coste, Regione Puglia – Assessorato trasparenza e cittadinanza attiva – Servizio Demanio e Patrimonio.

An experience of technological transfer in the field of eco-friendly materials and products: from GRE_EN_S research project to Growing Green Academic Spin Off

Elena Montacchini elena.montacchini@polito.it, *Silvia Tedesco, Roberto Giordano*
Politecnico di Torino, Torino

Riassunto

Il ruolo del settore delle costruzioni nell'ambito delle politiche di circular economy è fondamentale sia per le risorse umane ed economiche impiegate nelle attività di produzione, costruzione, manutenzione e smaltimento sia per l'impatto energetico e ambientale che tali attività comportano. In tale contesto la tecnologia dell'architettura è una delle discipline scientifiche che negli ultimi 30 anni si è maggiormente distinta nello sviluppo di progetti di ricerca finalizzati a connotare in modo maggiormente sostenibile il comparto edilizio. In tempi più recenti sono state anche avviate iniziative di trasferimento tecnologico utili a promuovere la collaborazione tra imprese e università con l'obiettivo di favorire il passaggio tra sperimentazione, prototipazione, brevettazione e innovazione di prodotto e di processo. Il contributo illustra alcuni risultati conseguiti in progetti di ricerca condotti dal Dipartimento Architettura e Design del Politecnico di Torino, con particolare riferimento alle attività dello spin off Growing Green.

Summary

The construction sector plays a strategic role in the circular economy field, both for the human and economic resources engaged in the manufacturing, construction, maintenance and disposal and for the energy and environmental impact related to the life cycle of a building. Since the earlier definition of sustainable development the architectural technology is one of the scientific disciplines more engaged in carrying out research projects aimed at improving the environmental compatibility of the building process. Furthermore in recent times several initiatives of technology transfer have been implemented in order to promote the close cooperation among enterprises and universities. Such cooperation encourages the transition between an academic experimental approach to the product innovation, passing to the prototyping and the patenting. The article deals with some outcomes achieved in research projects carried out by the Department of Architecture and Design of Politecnico di Torino, with specific regards to the activities of a spin off named Growing Green.

1. Introduzione

Le attuali necessità di ridurre gli impatti ambientali derivanti dalle attività di costruzione, manutenzione e smaltimento legati al processo edilizio e di diminuire la quantità di materie

prime consumate, richiede una maggiore attenzione alla scelta dei materiali e delle tecnologie da adottare.

Dai dati recentemente riportati all'interno del documento "Verso un modello di economia circolare per l'Italia" del Ministero dell'Ambiente, inoltre, si evince l'importanza strategica che riveste il settore dell'edilizia nello sviluppo di un'economia circolare, in cui l'uso efficiente e sostenibile delle risorse e la valorizzazione dei rifiuti diventano il cardine per un modello di sviluppo non solo più economico, ma anche ambientale e sociale.

Un ruolo fondamentale nella transizione verso un'economia circolare è rivestito dalla ricerca applicata e dalla stretta collaborazione tra università e imprese.

La consapevolezza che questa sinergia può diventare propulsore di innovazione è evidenziata dal diffondersi di progetti che finanziano e sostengono, a livello internazionale e locale, la collaborazione tra mondo dell'industria e enti di ricerca o la nascita di start up specializzate nel riuso e riciclo di rifiuti e materie prime seconde.

L'articolo illustra alcune esperienze condotte dal Gruppo di Ricerca dell'area tecnologica del Dipartimento di Architettura e Design – Politecnico di Torino, finalizzate allo sviluppo di eco- prodotti edilizi basati su rifiuti riutilizzati e riciclati, derivanti da processi di lavorazioni industriali e caratterizzati, nella maggior parte dei casi, da studi Life Cycle Assessment (LCA).

In particolare il contributo descrive le attività e le modalità che hanno consentito di trasferire i risultati di una ricerca, basata sulla condivisione di *know how* tra università e piccole e medie imprese, in una nuova realtà imprenditoriale.

2. Ricerca scientifica e innovazione tecnologica

Il Gruppo di Ricerca dell'area tecnologica del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino da anni lavora allo sviluppo e alla prototipazione di soluzioni e tecnologie ecocompatibili per l'edilizia, adottando un approccio legato al ciclo di vita e alla *circular economy*.

Tale approccio si basa su una serie di criteri ambientali, che hanno anche alcune ricadute sulla sfera economica e sociale:

- riduzione del numero di materiali e componenti, per diminuire lo sfruttamento di risorse energetiche e/o di materie prime non rinnovabili;
- selezione di materiali e componenti locali, per limitare l'impatto dei sistemi di trasporto e favorire la riciclabilità nei sistemi di produzione;
- selezione di materiali e componenti riciclati o riusati, per diminuire i volumi di rifiuti conferiti in discarica;
- adozione di tecniche di assemblaggio reversibili e a secco, per limitare gli scarti di produzione in opera e fuori opera, ottimizzare il processo edilizio e favorire le operazioni di separazione in fase di demolizione.

Le attività di ricerca, per lo più svolte attraverso collaborazioni interdisciplinari, prevedono il coinvolgimento di diversi attori secondo differenti forme di partecipazione, dalla progettualità studentesca, alle collaborazioni con piccole e medie imprese, all'interazione con altri enti di ricerca, con enti pubblici o, ancora, con incubatori di impresa.

Alcuni progetti sono oggetto di forme di finanziamento strutturate, tra cui i progetti dalla Regione Piemonte promossi dal Polo di Innovazione POLIGHT, programmi di ricerca basati su forme di partenariato tra centri di ricerca e piccole e medie imprese localizzate sul territorio piemontese. Nello specifico, in questi progetti vengono condotte sperimentazioni volte alla pre-industrializzazione di elementi tecnici da immettere sul mercato edilizio.

Le attività di ricerca prevedono una serie di fasi, che vanno dalla individuazione di scarti/rifiuti disponibili su un territorio di riferimento (*harvest map*), alla verifica della fattibilità della realizzazione di una filiera produttiva (definizione delle modalità di riutilizzo/reimpiego

degli scarti o di riutilizzo attraverso processi industriali), fino alla progettazione, prototipazione e sperimentazione della nuova soluzione tecnologica.

Lo sviluppo di un modulo tecnologico ecoefficiente (MOTE²), di un calcestruzzo termico a base di lolla di riso (CONCRICE) e di un substrato colturale per coperture vegetate realizzato con pannolini monouso riciclati (GARDI.NER) sono alcune delle sperimentazioni condotte negli anni.

Il progetto di ricerca **MOTE² (MODulo Tecnologico Equipaggiato ed Ecoefficiente)** è stato sviluppato con un approccio orientato all'intero ciclo di vita, adottando i criteri su descritti.

Obiettivo del lavoro è stato quello di accogliere e integrare in un'unica unità spaziale, realizzata con tecnologia secco-leggero, gli elementi impiantistici (riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria e ricambi d'aria) necessari per soddisfare i requisiti di efficienza energetica e di comfort termoigrometrico nell'ambito di edifici residenziali.

Pur non avendo come tema specifico la valorizzazione dei rifiuti, il progetto si è proposto di ridurre l'impatto ambientale nel settore delle costruzioni, responsabile del 40% del consumo energetico mondiale e del 30% dell'inquinamento globale [1] attraverso una soluzione in grado di limitare il consumo di risorse in fase di produzione e in fase d'uso (sia in termini di materiali sia di energia) e garantire il recupero di elementi tecnici a fine vita (limitando così la produzione di rifiuti).

La ricerca, condotta in collaborazione con un'azienda leader nello sviluppo di soluzioni prefabbricate (Sarotto Group S.r.l.), ha portato allo sviluppo di un prototipo [2], illustrato in figura 1 a sinistra.

Un'altra interessante sperimentazione è stata quella denominata **CONCRICE (CONCrete & RICE)**. La ricerca, condotta nell'ambito di una convenzione con l'azienda Buzzi Unicem, specializzata nella produzione di cementi, calcestruzzi e aggregati naturali [3], si è focalizzata sul riciclo della lolla di riso per la realizzazione di un calcestruzzo con elevate prestazioni termiche. La lolla di riso, sottoprodotto agricolo, che fino a una ventina di anni fa veniva usualmente smaltito in discarica, oggi può avere infatti delle potenzialità di impiego in edilizia.

Al fine di ottenere la miscela ottimale, sono stati realizzati più provini di calcestruzzo corrispondenti ciascuno ad una diversa quantità di lolla di riso nell'impasto e sono stati verificati i requisiti di lavorabilità, resistenza meccanica e resistenza termica, come previsto dalla normativa tecnica in materia. Gli esiti del progetto costituiscono il presupposto per ulteriori indagini finalizzate all'immissione sul mercato del nuovo calcestruzzo (Fig. 1 in alto a destra).

Tra i progetti finalizzati alla realizzazione di prodotti ottenuti da materiali parzialmente o totalmente riciclati, si segnala infine **GARDI.NER (GArden's DIapers. New Era of Recycling)**, ricerca finalizzata alla sperimentazione di un substrato, utilizzabile nella stratigrafia di coperture verdi, composto da cellulosa derivante da pannolini monouso riciclati e terriccio.

Oltre ai vantaggi legati al riciclo di rifiuti altrimenti conferiti in discarica, gli esiti della sperimentazione [4] hanno mostrato vantaggi nello sviluppo e accrescimento delle piante: all'interno di vasi di *Lonicera nitida*, in cui è stato inserito un terriccio costituito da una miscela di torba, compost vegetale e cellulosa; quest'ultima ha svolto la funzione di trattenimento dell'acqua e dei nutrienti, mentre l'urea (composto azotato analogo a quelli usati in agricoltura e nel giardinaggio per la concimazione) ha svolto invece la funzione di fertilizzante (Fig. 1 in basso a destra).



Fig. 1 – A sinistra il prototipo MOTE²; in alto a destra il provino di calcestruzzo a base di lolla di riso; in basso a destra il substrato composto da cellulosa derivante da pannolini monouso riciclati e terriccio.

3. Ricerca applicata e trasferimento tecnologico

3.1 Il progetto GRE_EN_S

GRE_EN_S, acronimo di GREen ENvelope System, costituisce un esempio di fattiva cooperazione tra università e impresa.

Si tratta di un progetto di ricerca sperimentale e sviluppo industriale, coordinato dal Politecnico di Torino, finalizzato alla realizzazione di un nuovo sistema di parete vegetata modulare, a basso impatto ambientale e a costo contenuto, risultato di un approccio sistemico alla progettazione e produzione, legato all'intero ciclo di vita (Fig. 2).

GRE_EN_S è il risultato di un processo interdisciplinare che ha coinvolto organismi di ricerca e partner industriali con l'obiettivo di ridurre la quantità complessiva di materiali e semilavorati, ottimizzare le fasi di assemblaggio, garantire elevate prestazioni in fase di esercizio, ridurre le operazioni di manutenzione e limitare gli impatti a fine vita.

Il progetto si inserisce nell'ambito dei settori strategici definiti da uno dei Poli di Innovazione della Regione Piemonte (POLIGHT: Green Building and Hydrogne Technologies): ES3: ECOSIST. Sistemi costruttivi Eco-efficienti. In particolare il settore ES3 prevede un impiego diffuso di materiali/componenti di recupero da scarti industriali e lo sviluppo di nuovi processi produttivi a minor impatto ambientale e la realizzazione di soluzioni tecnologiche innovative e competitive nel mercato delle costruzioni.



Fig. 2 – Elemento modulare sviluppato a partire dal progetto GRE_EN_S. La sperimentazione delle specie vegetali è stata effettuata sia con piante ornamentali sia con piante edibili, come orticole e aromatiche.

La progettazione e la selezione della stratigrafia del sistema parete è stata condotta nell’ottica di individuare materie prime seconde a basso impatto ambientale [5] e a costo contenuto [6], in grado di sostituirsi alle materie prime generalmente utilizzate nella realizzazione di una parete vegetata. In particolare è stata condotta un’attività di valutazione e di caratterizzazione ambientale [7] delle materie prime e delle materie prime seconde:

- lo strato di accrescimento delle piante, costituito da un substrato a base cocco miscelato a scarti di produzione di feltrini in nylon sottosedea sminuzzati;
- lo strato isolante, realizzato attraverso l’assemblaggio di scarti della lavorazione di solette in sughero per scarpe;
- lo strato di rivestimento, realizzato con un feltro in polipropilene riciclato al 70%.

L’importanza attribuita al tema del riuso e del riciclaggio nella selezione di materiali e processi del sistema parete è stata riconosciuta dai membri della giuria del del Premio Sviluppo Sostenibile 2013, istituito dalla Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile e da Ecomondo Fiera di Rimini che ha consegnato ai membri del progetto GRE_EN_S una targa di riconoscimento nella sezione Ecodesign.

Inoltre, i risultati del progetto di ricerca, dopo 30 mesi di analisi, valutazione, sperimentazione e monitoraggio [5, 6, 7, 8], hanno portato alla elaborazione di un programma strategico finalizzato a trasferire gli stessi risultati in un’iniziativa imprenditoriale. Si è dato altresì avvio a una serie di fasi che hanno contemplato: la costituzione di un team imprenditoriale composto da ricercatori del Dipartimento di Architettura e Design, in partnership con una delle aziende facenti parte del progetto GRE_EN_S; l’elaborazione di un business plan presso l’Incubatore di Imprese del Politecnico di Torino; la partecipazione al bando Start-Cup Regione Piemonte e Valle d’Aosta nel 2014 (conseguimento del terzo premio); la partecipazione al Premio Nazionale Innovazione 2014; la costituzione e la nascita della start-up Growing Green nel gennaio 2015; il riconoscimento dello status di spin-off del Politecnico di Torino.

3.2 Growing Green Spin off del Politecnico di Torino

Lo spin-off Growing Green è la dimostrazione della possibilità di mettere in atto un nuovo modo di lavorare con l’obiettivo di raggiungere elevati livelli di innovazione e un impatto positivo su ambiente, economia e società.

Come tutti gli spin off universitari nasce come diretta evoluzione dei temi di ricerca sviluppati negli anni, in particolare la Growing Green si caratterizza per il suo approccio multidisciplinare, incorporando ricercatori sia del settore della tecnologia dell’architettura e dell’ambiente sia del settore agronomico.

Lo spin off si propone dunque di svolgere attività prevalentemente orientate alla ricerca, allo sviluppo, alla produzione e alla commercializzazione di prodotti o servizi innovativi ad alto valore tecnologico e in particolare: soluzioni volte a conseguire risparmio energetico in ambito edilizio, focalizzandosi sulle cosiddette “pareti verdi” e sull’attività di ricerca sperimentale nel campo dell’integrazione della vegetazione nel progetto.

I prototipi realizzati nell’ambito del progetto GRE_EN_S sono stati oggetto di successive implementazioni, con l’obiettivo di mantenere invariati i risultati di riduzione (circa il 40%) degli impatti di Embodied Energy e di Embodied Carbon [7, 8] dovuti alle materie prime seconde utilizzate.

In particolare gli aspetti di innovazione raggiunti dalla Growing Green riguardano due ambiti:

- il “prodotto”, in quanto si è realizzato un sistema tecnologico coerente con le specifiche della nuova marcatura CE dei prodotti da costruzione, che ha introdotto il requisito relativo all’uso sostenibile delle risorse nei sistemi di produzione (regolamento UE n. 305/2011);

- il “processo”, immettendo sul mercato, in particolare in quello delle costruzioni, una tecnologia di involucro innovativa, risultato di un approccio di tipo circolare nei processi che caratterizzano il suo ciclo di vita e di una forte sinergia tra università e industria.

Più in dettaglio le pareti posate in opera nel biennio 2015-2017 (Fig. 3), sono il risultato della costante applicazione di strategie di ecodesign, nei processi di produzione (prodotti semplificati e standardizzati), di assemblaggio e di disassemblaggio (sottostrutture e impianti, caratterizzati da connessioni reversibili), di vita utile e di potenziale riciclaggio a fine vita.



Fig. 3 – Esempio di parete realizzata dalla Growing Green (Valenza -AL, Italia). A sinistra la sottostruttura, a destra la parete vegetata, assemblata in poche ore grazie al sistema di aggancio rapido di cui sono dotati i singoli moduli.

L’attività dello spin off è anche quella di migliorare continuamente le prestazioni dei processi e dei prodotti. Per tale ragione la Growing Green è partner del progetto Ediltex: Innovazione per il riuso nelle aziende del tessile (2017/2018). Ediltex ha l’obiettivo di incentivare i processi di innovazione circolare di alcune aziende che partecipano al progetto, a partire da un miglioramento degli attuali processi di riciclaggio e riuso. La Growing Green intende sperimentare alcuni scarti di tessuto tecnico per valutarne un’eventuale sostituzione dei materiali di contenimento e rivestimento della parete verde.

3. Conclusioni

Il quadro di attività descritte, relative all’attività di ricerca applicata e di trasferimento tecnologico, ha innescato un circolo virtuoso di collaborazione tra università e imprese, sulla base di un denominatore specifico legato all’ecocompatibilità di prodotto e di processo. Le presta-

zioni energetiche e ambientali sono il risultato della volontà e della capacità di ottimizzare i processi che caratterizzano il ciclo di vita della parete vegetale, a partire dal riuso e dal riciclo di rifiuti industriali. Non bisogna infine tralasciare le ricadute economiche attraverso valutazioni su risparmio nei costi di smaltimento e nuove opportunità di mercato.

Bibliografia

- [1] **European Commission**, The European construction sector – A global partner, 2016.
- [2] **Allione C., Clos A., Giordano R., Montacchini E., Tedesco S.** (2016) The integrated design of building services by an equipped and eco-efficient module (MOTE2), In: VITRUVIO Universitat Politècnica de Valencia, pp. 12-23.
- [3] **Gariano R.**, CONCRICE: riciclo di un sottoprodotto vegetale in edilizia: uso della lolla di riso per la realizzazione di un calcestruzzo dalle alte prestazioni termiche, rel. Giordano R., Montacchini E., Tulliani JM. Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, 2016.
- [4] **Pengue S.**, Pannolino monouso riciclato – futuro ambientale migliorato, Tesi di Laurea, Corso di Laurea in Architettura per il progetto, Politecnico di Torino, rel. Giordano, R., Montacchini, E., 2013.
- [5] **Giordano R., Montacchini E., Tedesco S.** (2013) Life Cycle Approach to design, manufacturing and assessing a Living Wall System. L'approccio al ciclo di vita nella progettazione, produzione e monitoraggio di una facciata verde. In: *TECHNE FUP* Firenze University Press, pp. 184-190.
- [6] **Giordano R., Montacchini E., Tedesco S.** (2016) Living Wall Systems: toward the environmental and economic sustainability. Research and experimental development Living Wall Systems: verso la sostenibilità economico-ambientale. Ricerche e sperimentazioni, In: *VALORI E VALUTAZIONI DEI* - Tipografia del Genio Civile, pp. 29-38.
- [7] **Giordano R., Montacchini E., Tedesco S.**, Eco-innovation based on Life Cycle Assessment and Green-Design. Strategies in manufacturing a Living Wall System, In: *World Sustainable Building WSB14* World Sustainable Building WSB14, Barcelona October 28th- 30th, 2014, pp 7.
- [8] **Serra V., Bianco L., Candelari E., Giordano R., Montacchini E., Tedesco S., Larcher F., Schiavi A.** (2017) A novel vertical greenery module system for building envelopes: The results and outcomes of a multidisciplinary research project, In: *ENERGY AND BUILDINGS* Elsevier, pp. 333-352.

A model for the economic and environmental optimization of integrated waste management system

Raffaele Mosca, Valentino Tascione, [Andrea Raggi a.raggi@unich.it](mailto:a.raggi@unich.it)
"G. d'Annunzio" University of Chieti-Pescara

Riassunto

I sistemi di gestione integrata dei rifiuti sono stati oggetto di studio di numerosi autori che hanno formulato modelli matematici per la loro ottimizzazione. Questa ricerca descrive un modello di programmazione lineare per un sistema di gestione integrata dei rifiuti che presenta alcuni vantaggi grazie all'interpretazione economica del problema duale. Inoltre, il modello economico è stato integrato con quello ambientale utilizzando un modello multi-obiettivo.

Summary

Municipal solid waste management systems have been studied by a number of authors in terms of mathematical optimization models. This study shows a simple formulation for municipal solid waste management systems by Linear Programming with few variables, which can be derived from different known results, and points out some benefits of such a formulation mainly by introducing an economic interpretation of the dual problem. Furthermore, the economic model is integrated with the environmental one through a "multi-objective (linear) programming" problem.

1. Introduction

When a decision-maker has to plan an integrated waste management system (WMS), at least two issues should be considered: environmental and economic ones. Municipal solid WMSs have been studied by various authors in terms of system analysis tools to support decision makers [1]. Chang et al. [2] distinguished two types of tools: system assessment tools (such as Life Cycle Assessment and Material Flow Analysis) and system engineering models, which include economic optimization and cost-benefit analyses. These sophisticated formulations seem to be necessary in order to carefully model the problem. The mathematical models proposed are generally based on Non-Linear Programming (NLP) [3-4], Integer Linear Programming (ILP) [5-6], Linear Programming (LP) with many variables [7-9]. Even though non-linear models seem to be more accurate, linear programming models show a few advantages: indeed, they usually are less complex and more easily applied by decision makers; moreover, they allow us to use other "tools", such as sensitivity analysis and the dual economic interpretation. The economic interpretation of the dual problem allows decision makers to obtain more information to set up a WMS: for example, they can decide to outsource the waste management service or to manage waste from other entities.

2. Model description and discussion

A simple model formulation by LP with few variables having the objective of minimizing the environmental impacts of a WMS, was introduced in Mercuri and Raggi [10] and then revisited in Tascione et al. [11-13]. Then let us report such a simple formulation, together with the corresponding simple definition, adapted for the case in which the objective function concerns waste management costs instead of environmental impacts. Let us point out that such a simple formulation with few variables: (i) seems to be a tacit foundation in the aforementioned sophisticated formulations for MSW [3-9]; (ii) seems to be very similar to that (later) introduced in Lin et al. [7] -- with the main difference that in Lin et al. [7] the objective function and the constraints are slightly more detailed -- and to that introduced in Minoglou and Komilis [4] -- with the main difference that in Minoglou and Komilis [4] the objective function is non-linear.

2.1 A simple definition for WMS (with respect to *cost*, with respect to *environmental impact*)

- Let us call P1 the following problem: There is a set of *waste fractions* (e.g., glass, paper, plastics, mixed, etc.), say M , with a given quantity m_i of waste fraction i for $i \in M$. There is a set of *destinations* (e.g., incinerator with energy recovery, landfill, recycling facilities for different fractions, etc.), say D , with a given capacity d_j of destination j for $j \in D$. There is a unit cost c_{ij} to allocate waste fraction i to destination j (i.e., the cost to allocate one unit of waste fraction i to destination j), for $i \in M$, for $j \in D$. The problem is to allocate all waste fractions to destinations with the objective of minimizing the total cost.

- Let us call P2 the following problem: There is a set of *waste fractions* (e.g., glass, paper, plastic, mixed waste, etc.), say M , with a given quantity m_i of waste fraction i for $i \in M$. There is a set of *destinations* (e.g., incineration, landfill, recycling facilities for different fractions, etc.), say D , with a given capacity d_j of destination j for $j \in D$. There is a unit environmental impact b_{ij} to allocate waste fraction i to destination j (i.e., the environmental impact to allocate one unit of waste fraction i to destination j), for $i \in M$, for $j \in D$. The problem is to allocate all waste fractions to destinations with the objective of minimizing the total environmental impact.

Let us introduce two comments.

1. Since problems $P1$ and $P2$ require that all waste fractions have to be allocated, one can assume that destinations and their capacities are defined in order that all waste fractions can be allocated.

2. Problems $P1$ and $P2$ have the same structure as the (*Hitchcock-*) *transportation problem*. The (*Hitchcock-*) *transportation problem* is a well-known problem in operations research [14-16] and can be solved by fast algorithms (see e.g. [17]): a good has to be transported from a set of *suppliers*, each with a given storage, to a set of *customers*, each with a given request, in order that all requests are covered, for given delivery unit costs for each pair supply/customer, with the objective of minimizing the total cost. Then in the context of problems $P1$ and $P2$, waste fractions play the role of customers, and destinations play the role of suppliers.

2.2 A simple formulation for WMS

Well-known results [14-16] allow us to formulate the (*Hitchcock-*) *transportation problem* by LP whenever all parameters of the problem are integer, which seems to be a condition easy to handle. Then let us introduce a formulation of problem $P1$ by LP like the (*Hitchcock-*) *transportation problem* – the formulation of problem $P2$ is that of problem $P1$, with parameters b_{ij} instead of parameters c_{ij} .

Variables: x_{ij} = quantity of waste fraction i allocated to destination j , for $i \in M$, for $j \in D$.

$$\min \sum_{i \in M} \sum_{j \in D} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

subject to:

$$\sum_{j \in D} x_{ij} = m_i \quad \text{for } i \in M \quad (2)$$

$$\sum_{i \in M} x_{ij} \leq d_j \quad \text{for } j \in D \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{for } i \in M, \text{ for } j \in D \quad (4)$$

Let us point out some possible benefits of the above.

1. The above simple formulation is solvable by referring either to the (Hitchcock-) transportation problem (see e.g. [17]) or to any basic solver like e.g. Excel. Of course, that may require a rough estimation of parameters, compared with the aforementioned sophisticated formulations for MSW [3-9]. However, that may warrant a simple estimated description and a fast estimated solution of the corresponding real problem.

2. The above simple formulation allows us to involve theoretical tools from LP [14-16] such as the sensitivity analysis and the economic interpretation of the dual problem. In this paper, the economic interpretation of the dual problem is deepened (see next section); the sensitivity analysis is a standard process [18] and is not deepened here. In particular, let us observe that: (i) the sensitivity analysis concerning costs may give information e.g. to improve logistical aspects, since costs may include transportation costs from a reception centre to a recycle centre; (ii) the sensitivity analysis concerning capacities may give information e.g. to focus on criticisms of certain destinations such as the need of extending their capacities.

2.3 An economic interpretation of the dual problem of P1

Let us introduce a possible economic interpretation of the dual problem of P1 (for *Duality in LP* see e.g. [14-16]) which is inspired to that of the dual problem of the (Hitchcock-) transportation problem [19].

Let $D1$ denote the dual problem of $P1$. Recall that each variable of $D1$ is associated to a constraint of $P1$ (i.e., either to a waste fraction or to a destination) and vice-versa. Then let y_i denote the variable of $D1$ associated to waste fraction i , and let y_i^* denote the value of y_i in the optimal solution of $D1$: in particular y_i^* is called the *shadow price* of waste fraction i (for $i \in M$). Then by technical observations based on Duality in LP, in the usual context of the (possible) economic interpretation of the dual problem, the above leads to the following conclusions:

- For the Decision Maker it is convenient (or indifferent) to commission an External Entity to manage a “certain bounded quantity” of his own waste fraction i , if the unit amount he pays for the commission is less (or equal) than the shadow price of waste fraction i . Then the shadow price of waste fraction i represents the maximum unit amount to pay to an External Entity for such a possible commission.
- For the Decision Maker it is convenient (or indifferent) to be commissioned by an External Entity to manage a “certain bounded quantity” of waste fraction i of the External Entity, if the unit amount he gets for the commission is greater (or equal) than the shadow price of waste fraction i . Then the shadow price of waste fraction i represents the minimum unit amount to get from an External Entity for such a possible commission.

In other words, the shadow price of waste fraction i is the unit cost (for the Decision Maker) to manage waste fraction i (by him/ herself) in the context of the optimal solution of $P1$.

Let us introduce some comments.

1. The shadow prices of waste fractions and the “certain bounded quantities” for which it is

convenient to the Decision Maker to commission or to be committed to manage a waste fraction are explicitly given by any basic solver (e.g. by Excel through the sensitivity report) since they rely to the stability of the optimal solution of $P1$.

2. The above economic interpretation may be useful since there may be different waste management costs, due to different technologies, in different parts of the world. For instance, let us assume that two countries, say A and B , respectively develop a formulation for MSW [according to their technologies]. Then A and B respectively compute the shadow price of waste fraction i , say respectively $y_{i,A}$ and $y_{i,B}$, in the respective formulations for MSW. Then by the above:

- If $y_{i,A} < y_{i,B}$, then: for A it is convenient to be commissioned by B to manage a “certain bounded quantity” of waste fraction i of B ; at the same time for B it is convenient to commission A to manage a “certain bounded quantity” of his own waste fraction i . In particular the unit amount y for such a commission, convenient to both A and B , is any y such that $y_{i,A} < y < y_{i,B}$.
- If $y_{i,B} < y_{i,A}$, then: for A it is convenient to be commissioned by B to manage a “certain bounded quantity” of waste fraction i of B , and on the other hand for B it is convenient to commission A to manage a “certain bounded quantity” of his own waste fraction i . In particular the unit amount y for such a commission, convenient to both A and B , is any y such that $y_{i,B} < y < y_{i,A}$.

2.4 A multi-objective approach

Let us call P_{multi} the following problem: The context is that of problems $P1$ and $P2$. The problem is to allocate all waste fractions to destinations with the objective of minimizing (as much as possible) both the total cost and the total environmental impact.

A problem such as P_{multi} is encoded in literature as a “multi-objective (linear) programming” problem [20]. Of course, an optimal solution of problem $P1$ is not generally an optimal solution of problem $P2$, and vice-versa. Let us denote as X the set of feasible solutions of problems $P1$ and $P2$ [in fact the set of feasible solutions is the same for both problems] and, respectively, as $F_1(x)$ and $F_2(x)$ the objective functions of problems $P1$ and $P2$.

Then problem $P1$ can be re-written as: Determine $\min \{F_1(x) : x \in X\}$.

Then problem $P2$ can be re-written as: Determine $\min \{F_2(x) : x \in X\}$.

Then let us introduce the following definition [20, 21], adapted for problem P_{multi} , which helps to determine what solving a problem like this means.

Definition: A feasible solution x of P_{multi} (i.e., $x \in X$) is said to be *efficient* or equally a *Pareto-optimum* of P_{multi} if there is no feasible solution y of P_{multi} (i.e., $y \in X$) such that: $F_k(y) \leq F_k(x)$ for each $k \in \{1, 2\}$, and $F_b(y) < F_b(x)$ for some $b \in \{1, 2\}$.

In other words, an efficient solution x of P_{multi} is a feasible solution x of P_{multi} such that there exists no feasible solution y of P_{multi} which is better than x with respect to F_1 (to F_2) and not worse than x with respect to F_2 (to F_1). Then solving P_{multi} means determining an efficient solution of P_{multi} .

Efficient solutions of P_{multi} can be multiple and each of them may favour one specific objective function rather than the other one. Therefore, the resolution of the problem takes on a subjective character, namely the Decision Maker has a central role in choosing an efficient solution (i.e. his/her preferred efficient solution). Different methods to find an efficient solution of a “multi-objective programming” problem have been codified. These methods share the same basic idea, namely to transform the original problem into one with a single objective function (see e.g. [22]).

In what follows let us report just one of such methods, called the ε -constraints method, since it seems to be intuitive and simple:

ε-constraints method: The Decision Maker selects one objective function say $F_1(x)$ (say $F_2(x)$) and turns the other objective function, i.e. $F_2(x)$ (i.e. $F_1(x)$), into a constraint by fixing an upper bound.

Then there are the following two possibilities:

- Assume that the Decision Maker selects $F_1(x)$. Then He fixes an upper bound say B_2 for $F_2(x)$, i.e., He fixes an upper bound to the total environmental impact.

Then problem P_{multi} can be re-written as: Determine $\min \{F_1(x) : F_2(x) \leq B_2, x \in X\}$.

- Assume that the Decision Maker selects $F_2(x)$. Then He fixes an upper bound say B_1 for $F_1(x)$, i.e., He fixes an upper bound to the total cost.

Then problem P_{multi} can be re-written as: Determine $\min \{F_2(x) : F_1(x) \leq B_1, x \in X\}$.

3. Conclusions

This paper suggests a simple formulation of a LP model for WMSs that aims to identify an optimum scenario from an economic and an environmental point of view, integrating the economic and the environmental aspects by using a multi-objective model, as well as to obtain more information through an economic interpretation of the dual problem.

The sensitivity analysis and the economic interpretation of the dual problem take on a new role in decision-making that goes beyond the easy allocation of waste fractions in the various destinations. In fact, this analysis could be useful for a more general strategic reorganization of the WMS of a local entity. For example, a municipality could delegate waste management to another entity because outsourcing could be cheaper. On the contrary, in some cases managing a certain amount of waste from other entities could be viable, in a kind of cooperation and collaboration.

This model has the advantage of being simple to apply and use. This is even more important when one considers that policy makers may need to obtain results in a short time and efficiently. On the other hand, this is a linear model, and, as such, it does not take into account some important aspects, such as economies of scale.

The integration of the economic and environmental models allows us to take into account both aspects; however, the decision maker continues to play an important role in defining the best scenario.

The application of the economic model, as well as the relevant economic interpretation of the dual problem to a realistic WMS is under development.

References

- [1] Juul N., Münster M., Ravn H., Ljunggren Söderman M., “Challenges when performing economic optimization of waste treatment: A review”, *Waste Management* 33 (2013) 1918–1925;
- [2] Chang N.B., Pires A., Martinho G., “Empowering systems analysis for solid waste management: challenges, trends and perspectives”, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 41 (16) (2011) 1449–1530;
- [3] Costi P., Minciardi R., Robba M., Rovatti M., Sacile R., “An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management”, *Waste Management* 24 (2004) 277–295;
- [4] Minoglou M., Komilis D., “Optimizing the treatment and disposal of municipal solid wastes using mathematical programming – a case study in a Greek region”, *Resource Conservation and Recycling* 80 (2013) 46–57;
- [5] Gomes M.I., Barbosa-Povoa A.P., Novais A.Q., “Modelling a recovery network for WEEE: a case study in Portugal”, *Waste Management* 31 (2011) 1645–1660;
- [6] Lee C.K.M., Yeung C.L., Xiong Z.R., Chung S.H., “A mathematical model for municipal solid waste management – A case study in Hong Kong”, *Waste Management* 58 (2016) 430–441;
- [7] Lin M.-D., Wang C., Lin C., “Evaluation of solid waste management strategies in the Taipei Metropolitan Area of Taiwan”, *Journal of Air & Waste Management Association*, 56 (2006) 650–656;

- [8] Solano E., Ranjithan S.R., Barlaz M.A., Brill E.D., “Life-cycle-based solid waste management I: Model development”, *Journal of Environmental Engineering* 128 (2002) 981-992;
- [9] Solano E., Dumas R.D., Harrison K.W., Ranjithan S.R., Barlaz M.A., Brill E.D., “Life-cycle-based solid waste management II: Illustrative applications”, *Journal of Environmental Engineering* 128 (2002) 981-992;
- [10] Mercuri L., Raggi A., “A proposal for a mathematical model to identify optimal scenarios for waste management systems”, Proc. Sixth International Conference on EcoBalance, Tsukuba, Japan, 25-27 October 2004, 481-482.
- [11] Tascione V., Mosca R., Raggi A., “Optimizing the environmental performance of integrated waste management scenarios by means of LP: a case study”, *Journal of Cleaner Production* 112 (2016) 3086-3096;
- [12] Tascione V., Mosca R., Raggi A., “LCA e modelli di programmazione lineare per la scelta di scenari nella gestione integrata dei rifiuti”, Rimini, 12 Settembre 2011-, Proc. ‘Ecomondo 2011’, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN), Italy, 182-187;
- [13] Tascione V., Mosca R., Raggi A., “LCA and LP for the environmental optimization of waste management systems: A simulation”, Proc. Conf. ‘Pathways to Environmental Sustainability’, Messina, 14 December 2012, In: Roberta Salomone, Giuseppe Saija (eds), *Pathways to Environmental Sustainability*, Springer, Berlin (2014);
- [14] Cook W.J., Cunningham W.H., Pulleyblank W.R., Schrijver A., *Combinatorial Optimization*, John Wiley and Sons, New York (1998);
- [15] Lawler E., *Combinatorial Optimization: Networks and Matroids*, Dover Publications, N.Y. (2001);
- [16] Papadimitriou C.H., Steiglitz K., *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*, Dover Publications, N.Y. (1998);
- [17] Tokuyama T., Nakano J., “Efficient algorithms for the Hitchcock transportation problem”, *SIAM Journal on Computing* 24 (1995) 563-578;
- [18] Derhy M.-F., *LP, Sensitivity Analysis, and Related Topics*, Prentice Hall (2010);
- [19] Dorfman R., Samuelson P.A., Solow R.M., *LP and Economic Analysis*, Dover Publications, N.Y. (1958).

WASTE/TECHNICAL MATERIALS MANAGEMENT AND EXPLOITATION

LO SMALTIMENTO IN DISCARICA: NOVITÀ E PROBLEMATICHE

L'entrata in vigore del DM 24 giugno 2015, che ha modificato il DM 27 settembre 2010 relativo alla definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, nonché l'attuazione dell'art. 48 della legge 221/2015 (*Green economy*), che attraverso l'integrazione dell'art. 7 del d.lgs. n. 36/2003 ha affidato all'ISPRA il compito di individuare i criteri tecnici per stabilire quando il trattamento non è necessario ai fini dello smaltimento dei rifiuti in discarica, hanno modificato il quadro di riferimento nazionale. Il confine tra i criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica e i criteri tecnici emanati dall'ISPRA attraverso un confronto fra Autorità competenti e Operatori ed Autorità di controllo, sono i temi trattati nella presente sessione.

A cura di: **ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale e Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo**

Presidente di sessione:

- Rosanna Laraia, *ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*

“Regione Liguria - La deliberazione della giunta regionale 20/12/2016 n. 1208 - Attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. Aggiornamento e modifica delle Linee guida regionali alla luce dei Criteri Tecnici approvati da Ispra ai sensi dell’art. 7 del D.Lgs. 36/2003”

Cecilia Brescianini, cecilia.brescianini@regione.liguria.it,

Regione Liguria Vice direttore generale Ambiente - Genova;

Andrea Baroni, andrea.baroni@regione.liguria.it, Regione Liguria Servizio Rifiuti – Genova;

Domenico Oteri, domenico.oteri@regione.liguria.it, Regione Liguria Servizio Rifiuti – Genova;

Sabrina Sicher, sabrina.sicher@arpal.gov.it, ARPAL - Genova

Riassunto

L'obiettivo generale di prevenire e minimizzare gli impatti delle discariche non ha ancora trovato diretta trasposizione in una normativa nazionale che indicasse i risultati da raggiungere mediante gli opportuni trattamenti preliminari sui rifiuti in ingresso agli impianti. Regione Liguria ha provveduto in tal senso con una DGR del 2007, aggiornata nel 2014.

La Linea Guida ISPRA, pubblicata a fine 2016, ha rappresentato un atteso e significativo passo avanti, fornendo criteri tecnici di supporto e relativi parametri di riferimento.

Regione Liguria ha provveduto all'aggiornamento delle proprie linee guida sul trattamento con Deliberazione della Giunta regionale n. 1208 del 20/12/2016, recependo gli indirizzi ISPRA.

Attesi i soddisfacenti risultati ottenuti è auspicabile che quanto prima il Ministero renda vincolanti per gli operatori del settore tali indirizzi, con apposito decreto. Tale decreto potrà inoltre costituire occasione di ulteriori chiarimenti e puntualizzazioni.

Summary

The overall objective of preventing and minimizing landfill impacts has not yet been directly transposed into national legislation with indication of the results to be achieved by appropriate waste pre-treatment. The Liguria Region has thus provided with an own act in 2007, with updates in 2014.

The ISPRA Guide Line, published in late 2016, has constituted a long waited and significant step forward by providing technical support criteria and benchmarks.

The Liguria Region has then updated its guidelines on treatment with Regional Government Resolution no. 1208/2016, adopting ISPRA addresses.

Given the satisfactory results obtained, it would be appropriated and well-timed a Ministry act that will soon make the guidelines binding for the operators of the sector. This decree may also serve as an occasion for further clarifications and caveats needed.

1. Introduzione

L'obiettivo generale perseguito dall'obbligo di trattamento, contenuto nell'articolo 1 della direttiva discariche 1999/31/CE, e trasposto nell'articolo 1 del D.Lgs. 36/2003, relativo a "introdurre misure volte a prevenire e ridurre il più possibile le ripercussioni negative sull'ambiente, (...) durante l'intero ciclo vita della discarica", non ha trovato diretta trasposizione in una normativa di livello nazionale che indicasse specifici sistemi di trattamento da adottarsi in relazione alle singole tipologie dei rifiuti, né indicazioni puntuali circa i risultati.

La Regione Liguria già dal 2007 ¹ ha provveduto con propria deliberazione, aggiornata nel 2014, ad orientare i gestori al richiesto livello di sostenibilità.

Tale esigenza è stata particolarmente sentita in Liguria a fronte di un sistema di gestione dei rifiuti urbani largamente incentrato sullo smaltimento in discarica, con la sola eccezione della provincia della Spezia, nella quale è operativo un impianto di trattamento per la produzione di Combustibile da Rifiuti. Vi era pertanto una elevata necessità di avviare un rapido processo di adeguamento finalizzato a determinare le condizioni operative per il rispetto del principio del trattamento preliminare, in particolare a seguito della Circolare ministeriale 2013 ².

Ciò in un quadro peraltro aggravato dalle ulteriori criticità indotte dalla necessità di assicurare la gestione dei quantitativi di rifiuti prodotti in conseguenza degli eventi alluvionali occorsi nel 2014 e dalle problematiche specifiche conseguenti alla chiusura della principale discarica esistente al servizio del territorio genovese.

Il superamento dell'assetto in allora esistente è al centro del Piano regionale di gestione dei rifiuti, definitivamente approvato nel marzo 2015 ³, il quale prevede un assetto impiantistico basato su sistemi di trattamento meccanico biologico del residuo indifferenziato, con progressiva riduzione dello smaltimento tramite discarica.

Prov.	Fabbisogno trattamento indifferenziato 2012	Fabbisogno trattamento indifferenziato 2016	Fabbisogno trattamento a regime 2020	Tipologia Impianti esistenti	Adeguamento Circolare 2013	Soluzione a regime
IM	99.594	79.494	42.000	Discarica	Apportate idonee modifiche ad impianto trattamento già esistente	Polo unico (TMB, discarica servizio, Digestore Anaerobico)

Segue

¹ D.G.R. n. 1361 del 16.11.2007 ad oggetto "Linee guida per le attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. D.Lgs. 36/2003";

² Circolare del Ministro dell'Ambiente prot. n. 0042442/GAB del 6.8.2013 ad oggetto "Termine di efficacia della circolare del Ministro dell'Ambiente U. prot. GAB 2009-0014963 del 30.6.2009"

³ Delibera Consiglio regionale n. 14 del 25/03/2015 - Piano regionale dei rifiuti e delle bonifiche comprensivo di piano di monitoraggio e dichiarazione di sintesi

Prov.	Fabbisogno trattamento indifferenziato 2012	Fabbisogno trattamento indifferenziato 2016	Fabbisogno trattamento a regime 2020	Tipologia Impianti esistenti	Adeguamento Circolare 2013	Soluzione a regime
SV	123.932	86.460	58.000	n. 2 discariche	Realizzati impianti trattamento	Polo unico (TMB, discarica servizio, Digestore Anaerobico)
GE	326.010	262.777	151.000	n. 4 discariche di cui 2 in chiusura	2 discariche minori chiuse. Realizzato impianto trattamento funzionalmente connesso ad 1 discarica. Principale discarica in corso di adeguamento : impianto non operativo.	2 Impianti trattamento 2 discariche di servizio 2 Digestori anaerobici
SP	87.285	52.265	39.000	Impianto produzione CDR	Impianto CDR operativo	Rewamping a CSS. Discarica di servizio.
totali	637.000	481.000	290.000			Autosufficienza regionale

Tabella 1 – Sintesi fabbisogni trattamento 2012-20 – impianti esistenti, adeguamento e soluzioni a regime

Alla luce della maggiore disponibilità di dati di livello locale e con l'evoluzione degli indirizzi nazionali in merito, con particolare riferimento ai criteri tecnici elaborati da ISPRA ⁴ ai sensi dell'art. 48 della legge 28 dicembre 2015, n. 221, Regione Liguria ha aggiornato a fine 2016 i propri criteri tecnici circa le attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica ⁵.

2. L'evoluzione degli indirizzi regionali sulle attività di trattamento sui rifiuti

2.1 Primi indirizzi regionali

La Regione Liguria aveva approvato fin dal 2007 specifiche linee guida¹ per le attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica ai sensi del D.Lgs. 36/2003, poi

⁴ Linee guida ISPRA - Criteri tecnici per stabilire quando il trattamento non è necessario ai fini dello smaltimento dei rifiuti in discarica ai sensi dell'art. 48 della L. 28 dicembre 2015 n. 221 - pubblicato sul sito ISPRA in data 7 dicembre 2016;

⁵ DGR 1208 del 20/12/2016 ad oggetto "Attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. Aggiornamento e modifica delle Linee guida regionali alla luce dei Criteri Tecnici approvati da Ispra ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs. 36/2003".

modificate due volte nel 2014², a fronte dei chiarimenti forniti da parte della Circolare Ministero Ambiente 2013³ e di specifiche richieste degli Enti locali, per disciplinare le modalità di trattamento sui rifiuti per il periodo transitorio connesso alla realizzazione dei nuovi impianti di trattamento oggetto di pianificazione, con puntualizzazioni circa la frazione organica ed il percorso di adeguamento degli impianti di smaltimento in esercizio.

La deliberazione 2007 prevedeva, ad integrazione delle iniziative mirate alla intercettazione alla fonte dei rifiuti, la necessità di realizzare sistemi di pretrattamento a flusso unico o a differenziazione di flusso aventi come risultato un I.R.D. (indice respirometrico dinamico) inferiore a 1000 mg O₂/kgSVh per il rifiuto da abbancare in discarica.

Occorre qui ricordare come, fino alla data della citata Circolare ministeriale 2013, la lettura maggiormente accreditata a livello nazionale circa l'obbligo di pretrattamento fosse in gran parte derivante dalla precedente Circolare 2009, la quale:

- precisava come la tritovagliatura potesse essere considerata forma di trattamento rispondente ai fini dell'assolvimento dell'obbligo di cui all'art. 7 del D.Lgs. 36/2003;
- ammetteva, a condizioni determinate, che la raccolta differenziata spinta potesse far venire meno l'obbligo di trattamento ai fini del conferimento dei rifiuti in discarica, non prevedendo, a differenza della successiva Circolare del 2013, l'obbligo della "adeguata selezione delle diverse frazioni dei rifiuti e della stabilizzazione della frazione organica".

In particolare la D.G.R. n.1615 del 22 dicembre 2014 demandava al documento di pianificazione settoriale l'individuazione dei risultati delle attività di trattamento, soprattutto in riferimento alla presenza residua di rifiuto biodegradabile nel sovrvallo derivante dal processo di separazione secco/umido praticato sul rifiuto indifferenziato, da conseguire a scadenze temporali prefissate.

Il Piano regionale di Gestione dei Rifiuti⁴ ha quindi declinato in tre fasi di incremento successivo le tempistiche previste per il raggiungimento del 15% di frazione biodegradabile nel sovrvallo:

- a) raggiungimento dell'obiettivo della conformità all'indice di presenza di rifiuto biodegradabile (RUB) conferito in discarica calcolato pari a 115 kg ab/anno entro il 2015;
- b) raggiungimento obiettivo 30% biodegradabile accertato entro Giugno 2016;
- c) raggiungimento obiettivo 15 % biodegradabile accertato entro Dicembre 2016.

L'indicazione degli obiettivi di presenza decrescente di componente biodegradabile nel sovrvallo destinato a discarica aveva valenza di carattere generale e rappresentava una misura volta a monitorare, complessivamente, la progressiva diminuzione del conferimento di tale componente nell'insieme delle discariche liguri.

Peraltro la D.G.R. n.1615/2014 sopra richiamata aveva già stabilito che, con riferimento al periodo transitorio esteso fino a tutto il 2016, ai fini della dimostrazione circa la presenza di rifiuto biodegradabile nel sovrvallo, potesse essere adottata, in funzione integrativa, ovvero come metodo ulteriore rispetto a quello delle analisi merceologiche sul sovrvallo, la verifica dell'indice IRD inferiore a 1000 mg O₂/kgSVh, metodo peraltro già richiamato nella precedente D.G.R. 1293/2014 per la verifica della stabilizzazione del sottovaglio, con modalità applicative da definirsi nei singoli provvedimenti autorizzativi con riferimento alle specifiche realtà impiantistiche.

L'approccio descritto rispondeva alla necessità di adeguamento del sistema gestionale ligure alle intervenute direttive nazionali circa gli obblighi del trattamento, che non specificavano puntuali parametri di risultato delle operazioni di trattamento.

In allora non risultavano inoltre disponibili dati esperienziali, basati sulla realtà ligure, circa la possibile composizione del rifiuto derivante da un'operazione di separazione fra la componente secca e quella umida, non essendo all'epoca in funzione alcun impianto di questo tipo sul territorio regionale.

Per la definizione dei parametri tecnici di riferimento ci si era pertanto basati su una ricognizione sui dati derivanti da regolamentazioni in essere presso altre Regioni e su dati a disposizione di ISPRA, svolta da ARPAL nel II semestre 2014.

2.2 *Adeguamento impiantistico e necessità di revisione degli indirizzi*

Nel biennio 2014-2016 l'assetto impiantistico ligure ha visto il progressivo adeguamento degli impianti di smaltimento, che si sono via via dotati di idonei impianti di trattamento, con l'eccezione del principale impianto ligure a servizio del territorio genovese, chiuso dal mese di ottobre 2014 e per il quale perdurano le difficoltà negli interventi di adeguamento necessari dovute a rilevanti criticità sito specifiche. La conclusione di tali interventi consentirebbe il superamento dell'emergenza contingente, che vede ancora attualmente il conferimento dei rifiuti di gran parte del territorio genovese presso altri impianti liguri, con disponibilità crescenti alla luce della crescita della raccolta differenziata e contestuale calo della produzione (in larga parte fattori dovuti ad un diffuso passaggio alla raccolta porta a porta) e, per quantità in calo, di altre regioni (Piemonte, Lombardia e Toscana),

In tale periodo, anche sulla base di provvedimenti autorizzativi rilasciati dalle Province liguri per le discariche allocate sul proprio territorio, che hanno stabilito fasi transitorie di esercizio anche in funzione delle verifiche circa i parametri in oggetto, si è consolidata in Liguria una più approfondita base conoscitiva sulla effettiva composizione merceologica del rifiuto indifferenziato, al netto delle raccolte selettive, allo stato attuale ed in prospettiva, tenuto conto degli attesi sviluppi di queste ultime.

Pertanto, anche grazie al fattivo contributo tecnico di ARPAL, peraltro coinvolta a livello nazionale nello specifico gruppo di lavoro ISPRA, si è ritenuta opportuna una nuova revisione delle linee guida per le attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica.

In particolare ARPAL aveva già provveduto a segnalare come dall'esperienza maturata negli ultimi mesi mediante ispezioni presso gli impianti, confronti con altre Agenzie e Consorzi di filiera e risultati delle analisi merceologiche effettuate da alcuni impianti liguri sul sovrallo, il valore del 15% relativo al contenuto massimo di frazione biodegradabile nella frazione secca non risultasse tecnicamente raggiungibile, posto che nella definizione della frazione biodegradabile venga ricompresa anche la carta, la cui quota non tecnicamente recuperabile si ritrova nel sovrallo. Considerando gli aspetti metanigeni delle varie frazioni, ARPAL suggeriva dunque di indicare quale condizione per l'abbancabilità in discarica del sovrallo, oltre al rispetto dei criteri di ammissibilità di cui al DM 27.9.2010, *una percentuale di frazione organica putrescibile (scarti di cucine e mense e verde) inferiore al 15%*, così da garantire che non ci siano rischi per la salute e per l'ambiente, proponendo, altresì, di indicare nell'atto autorizzativo la specifica disciplina delle azioni da intraprendere in caso di accertati superi rispetto al citato parametro.

Si è ovviamente ritenuto opportuno aspettare la conclusione dei lavori di livello nazionale, attendendo i criteri tecnici di livello nazionale, la cui individuazione era stata affidata ad ISPRA dalla legge 28 dicembre 2015, n. 221.

2.3 *Le linee guida ISPRA*

Le linee guida ISPRA⁵ sono state pubblicate in data 7 dicembre 2016. In tale documento:

- vengono esplicitate, con riferimento alle diverse tipologie di rifiuti, le condizioni, i risultati ed i relativi strumenti analitici di verifica, circa l'obbligo di pretrattamento per il conferimento in discarica di cui all'articolo 7, c.1, lettera b) del D.Lgs.36/2003;
- in particolare, per i rifiuti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti, contrassegnati dai codici CER 191210, 191211 e 191212, si prevede che, al fine di verificare l'efficacia e l'efficienza del trattamento stesso, "è valutato il contenuto di materiale organico *putrescibile*

attraverso analisi merceologica, che deve essere minimo e comunque inferiore al 15%”; *nella frazione putrescibile sono computate le seguenti frazioni: putrescibile da cucina, da giardino ed altre frazioni organiche quali carta cucina, fazzoletti di carta e simili.*

2.4 La revisione regionale del dicembre 2016

Tendendo conto dei pertinenti indirizzi contenuti nelle Linee Guida ISPRA, Regione Liguria ha rapidamente provveduto all’aggiornamento delle proprie linee guida sul trattamento con Deliberazione della Giunta regionale n. 1208 del 20/12/2016⁶.

Coerentemente alle linee guida ISPRA, la DGR stabilisce che la frazione secca (sovrillo) ottenuta dai sistemi di trattamento, per potere essere abbancata in discarica, deve, oltre a rispettare i criteri di ammissibilità di cui al DM 27/9/2010, avere un contenuto massimo di frazione organica putrescibile (scarti di cucine e mense e verde, carta putrescibile) inferiore al 15%.

Al fine di verificare l’efficacia dei processi di selezione delle frazioni riciclabili, le linee guida prevedono l’esecuzione di analisi merceologiche sul rifiuto indifferenziato conferito in discarica, distinguendo la sua composizione sulla base delle diverse frazioni recuperabili ed in conformità, per quanto riguarda gli aspetti operativi delle analisi, alle linee guida che ARPAL ha rapidamente provveduto a definire e pubblicare sul proprio sito internet nel mese di febbraio 2017.

La DGR inoltre:

- prevede che la frazione organica biostabilizzata derivante da operazioni di trattamento produttive al conferimento (sottovaglio), qualora effettivamente abbancata in discarica, resti sottoposta al versamento del tributo per il conferimento in discarica di cui alla L.R. 23/2007, da applicarsi in ragione del peso a valle delle operazioni di trattamento (con doppia pesatura, una all’ingresso all’impianto, ed una in uscita);
- indica come il biostabilizzato possa essere utilizzato come copertura finale ove vengano rispettati specifici limiti e a condizione che lo stesso venga miscelato a terreno nella proporzione del 50% e utilizzato come primo spessore che non dovrà superare i 50 cm di altezza;
- attesta i risultati di diminuzione del conferimento in discariche liguri della componente biodegradabile del rifiuto a fronte degli obiettivi fissati dal Piano regionale.

Restano tuttavia alcuni aspetti che sarebbe opportuno ancora approfondire a livello nazionale. Dato atto che in Regione Liguria, in pregio alle disposizioni della DGR sopra richiamata, le Autorizzazioni Integrate Ambientali impongono ai soggetti gestori in generale il rispetto dei criteri individuati dal documento ISPRA, risulterebbe necessario che il Ministero, alla luce della propria specifica circolare n. 5672 del 21 aprile 2017 sulla non immediata vincolatività dei Criteri Tecnici ISPRA, procedesse all’emanazione di un apposito decreto che renda cogenti gli obblighi nei confronti degli operatori del settore.

Il decreto di cui sopra dovrà ovviamente essere armonizzato con le norme con campo di applicazione in parte coincidente, tra cui in particolare con il D.M. 27/09/2010, con le relative previsioni circa il trattamento di disidratazione previsto per i rifiuti fangosi ed altri rifiuti speciali e circa l’utilizzo del parametro dell’indice respirometrico *potenziale* quale metodica per le verifiche di putrescibilità.

Resta altresì la necessità di chiarire esplicitamente quali tipologie di materiali rientrino nella definizione di rifiuto putrescibile nell’ambito della voce “altre frazioni organiche quali carta cucina, fazzoletti di carta e simili” e come impostare di conseguenza le analisi merceologiche, al fine di poter individuare e quantificare tali frazioni sia nell’indifferenziato sia nelle frazioni separate a valle di un impianto di trattamento di rifiuti urbani.

3. Conclusioni

A decorrere dall’entrata in vigore del decreto legislativo n.36 del 2003, l’applicazione del principio generale per cui i rifiuti possono essere collocati in discarica solo dopo trattamento ha

suscitato un ampio ed acceso dibattito interpretativo, trasposto successivamente in una serie di disposizioni volte a disciplinarne l'attuazione.

Tuttavia fino al 2016 sono risultate non disponibili puntuali indicazioni circa le tipologie ed i risultati delle attività di trattamento, in termini di caratteristiche fisico/chimiche del rifiuto e, per conseguenza, la determinazione delle casistiche per le quali, accertato il sussistere delle medesime caratteristiche, il trattamento può ritenersi non necessario.

La Linea Guida ISPRA hanno rappresentato un atteso e significativo passo avanti, fornendo criteri tecnici di supporto all'implementazione dell'articolo 7 comma 1, lettera b), del D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36, relativo al pretrattamento dei rifiuti da allocare in discarica, con la definizione dei parametri di riferimento necessari al superamento della relativa indeterminatezza in cui era rimasta la norma nazionale.

Attesi i soddisfacenti risultati ottenuti dall'applicazione, attraverso la DGR 1208/2016, delle linee guida ISPRA sul territorio della Liguria, è auspicabile che quanto prima il Ministero adotti il decreto di cui all'art. 7, c.5 del d.lgs. 36/2003.

Il Decreto dovrà ovviamente essere coerente con le disposizioni contenute nel D.M. 27/09/2010 e potrà essere occasione di ulteriori chiarimenti su quali tipologie di materiali cartacei rientrino nella definizione di putrescibilità e su come impostare di conseguenza le analisi merceologiche, oltre che in merito alla definitiva scelta dell'indice respirometrico potenziale alla luce delle possibili difficoltà applicative.

Un provvedimento in questo senso, di ampio respiro, anche alla luce della rapida evoluzione delle caratteristiche del rifiuto residuo a valle della raccolta differenziata e dei sempre più stringenti limiti che gli indirizzi comunitari porranno, in termini quantitativi sul totale di rifiuti prodotti, allo smaltimento in discarica, potrà rappresentare una cornice di estrema rilevanza entro la quale declinare gli sforzi pianificatori e programmatori delle regioni.

Bibliografia

- [1] D.G.R. n. 1361 del 16.11.2007 ad oggetto "Linee guida per le attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. D.Lgs. 36/2003";
- [2] D.G.R. n. 1293 del 21.10.2014 ad oggetto "Integrazioni Linee guida Attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. D.Lgs. 36/2003" e D.G.R. n. 1615 del 22.12.2014 ad oggetto "Attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. Integrazione. Specificazioni delle Linee guida approvate con D.g.r. 1293/2014";
- [3] Circolare del Ministro dell'Ambiente prot. n. 0042442/GAB del 6.8.2013 ad oggetto "Termine di efficacia della circolare del Ministro dell'Ambiente U. prot. GAB 2009-0014963 del 30.6.2009";
- [4] Delibera Consiglio regionale n. 14 del 25/03/2015 - Piano regionale dei rifiuti e delle bonifiche comprensivo di piano di monitoraggio e dichiarazione di sintesi;
- [5] Linee guida ISPRA - Criteri tecnici per stabilire quando il trattamento non è necessario ai fini dello smaltimento dei rifiuti in discarica ai sensi dell'art. 48 della L. 28 dicembre 2015 n. 221 - pubblicato sul sito ISPRA in data 7 dicembre 2016;
- [6] DGR 1208 del 20/12/2016 ad oggetto "Attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. Aggiornamento e modifica delle Linee guida regionali alla luce dei Criteri Tecnici approvati da Ispra ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs. 36/2003";
- [7] Circolare del Ministro dell'Ambiente prot. n. 005672 del 21 aprile 2017 per l'allicazione delle linee guida ISPRA recanti "tecniche per stabilire quando il trattamento non è necessario ai fini dello smaltimento dei rifiuti in discarica ai sensi dell'art. 48 della L. 28 dicembre 2015 n. 221".

BIOWASTE MANAGEMENT AND EXPLOITATION

XIX EDIZIONE DELLA CONFERENZA NAZIONALE SUL COMPOSTAGGIO E DIGESTIONE ANAEROBICA SESSIONE TECNICA IL BIORIFIUTO

Il biorifiuto, la sua produzione, le raccolte differenziate del rifiuto organico, il trattamento, la digestione anaerobica, il compostaggio, la produzione di fertilizzanti organici, la valorizzazione del compost e del biogas mediante generazione di biometano, le nuove bioraffinerie rappresentano i temi di questa sessione.

A cura di: **Comitato Tecnico del Consorzio Italiano Compostatori**

Presidenti di sessione:

- Massimo Centemero, *CIC*
- Alberto Confalonieri, *Scuola Agraria Monza*

L'applicazione del metabolismo industriale nella gestione dei sottoprodotti oleari

Flavia Cavallo flavia.cavallo@hotmail.it, *Alessia Calvagno*, *Emanuela Giuffrida*, *Paolo Calleri*,
Raffaella Calleri Dipartimento Economia e Impresa, Università degli Studi di Catania,
Catania (Italy)

Riassunto

Il metabolismo industriale è uno strumento attraverso cui è possibile perseguire un'efficiente allocazione delle risorse, minimizzando l'impatto ambientale. Un minore impatto ambientale implica il ricorso a sistemi produttivi a ridotto consumo energetico e con un alto tasso di innovazione. Questo è quanto si prefigge di fare l'azienda agricola, accreditata come azienda didattica, Calleri, sita a Noto, Sicilia: un caso di eccellenza nel campo della bioeconomia, grazie alla prossima realizzazione di un processo di gestione delle biomasse nel ciclo produttivo dell'olio D.O.P. Monti Iblei. L'innovazione si inserirà nella fase estrattiva, con un estrattore centrifugo che consentirà la separazione dell'olio dalla sansa. Questa poi verrà trattata per la separazione della sansa denocciolata dal nocciolino. I benefici dell'applicazione del modello di economia circolare sono duplici: l'autonomia organizzativa e la riutilizzabilità degli scarti della produzione olearia.

Summary

Industrial metabolism is an instrument that allows an efficient resources allocation, minimizing the effects on the environment. A reduced environmental impact involves the use of an innovative production systems, with a low energy consumption. This is what the didactic farm Calleri, located in Noto, Sicilia, wants to do. The company is an excellent example of bioeconomy, for the future realization of a biomass management system in the production of P.D.O. Monti Iblei Olive oil. The innovation will be entered in the extractive stage, when a centrifugate extractor will separate oil and olive pomace. Olive pomace will be treat to separate pitted pomace and pellet. benefits of the application of circular economy model are double: organisational autonomy and re-usability of oil production waste.

Keywords: bioeconomia, metabolismo industriale, produzione olearia, economia circolare, biomasse

1. Introduzione

È necessario oggi coniugare la massimizzazione dei profitti con la preservazione dell'ambiente circostante, in un'ottica di ecoefficienza. Questo implica di inserire considerazioni di natura ambientale nelle decisioni aziendali, seguendo un approccio circolare, in cui ogni rifiuto è risorsa per un altro processo produttivo, così come farà l'azienda Calleri. Infatti, l'azienda oggetto del caso studio, ha di recente espresso la volontà di incrementare la propria quota di mercato e di internalizzare alcune fasi del processo produttivo che attualmente sono svolte in regime di outsourcing. Questo implicherà il ricorso a impianti e macchinari tecno-

logicamente avanzati e la possibilità di implementare un modello di metabolismo industriale grazie al recupero diretto dei sottoprodotti oleari, immediatamente riutilizzabili dall'imprenditore agricolo nella sua attività.

Dal punto di vista della letteratura, nello specifico, il concetto di metabolismo industriale [1] trae origine dalla consapevolezza che ogni processo produttivo ha una certa interrelazione con l'ambiente naturale, tra quelle che rispettivamente possono definirsi tecnosfera e biosfera [2]. Questa interrelazione può essere misurata prendendo a riferimento gli interscambi di risorse naturali di cui la Terra è fornitrice, specialmente le risorse di natura agricola, oppure guardando alla quantità di output, sottoforma di inquinamento, che ciascun processo produttivo rilascia. Il metabolismo industriale, pertanto, si sostanzia nell'imitazione di quanto la natura, nella sua componente ecologica [3], riesce a fare in modo autonomo: vale a dire, dotarsi degli input necessari alla propria sopravvivenza ed assorbire gli output e gli scarti prodotti. L'impianto da realizzare è di tipo continuo, a risparmio idrico ed è dotato di una notevole automazione e di sistemi innovativi per il recupero di energia. Esso si compone di diverse sezioni, corrispondenti alle fasi del processo produttivo dell'olio d'oliva (lavaggio, frangitura, gramolatura, estrazione, separazione). Per l'approvvigionamento termico ed elettrico, si installerà una caldaia a sansa, mentre la sezione elettrica prevede il potenziamento dell'impianto fotovoltaico già presente in azienda per mezzo della installazione di nuovi pannelli. Nella fase estrattiva, in particolare, che rappresenta il core del processo, si realizzeranno importanti guadagni dal punto di vista economico e da quello ambientale, connessi all'applicazione del modello metabolico alla realtà in oggetto. La possibilità di sfruttare sottoprodotti oleari dall'elevato potere calorifico, presenta importanti elementi di innovazione, oltre che benefici di natura diretta ed indiretta per l'imprenditore e per l'ecosistema [4].

2. Compostaggio e politiche di sviluppo sostenibile già in uso

L'azienda oggetto del caso studio adotta già una serie di politiche sostenibili nel corso della sua attività. Primo fra tutti, il compostaggio dei rifiuti vegetali e dei reflui zootecnici. Negli ultimi anni si è registrato un interesse crescente nei confronti di tale pratica consistente nel ridurre in concime organico (compost) i rifiuti solidi, ai fini della minimizzazione degli sprechi derivanti dalla cattiva gestione dei rifiuti organici [5]. Tra le strutture aziendali è presente infatti, una concimaia pavimentata in cemento con pendenza verso il pozzetto di scolo. Anche per la gestione dei rifiuti derivanti dall'attività di potatura annuale degli ulivi e dei mandorli e dalla potatura quinquennale dei carrubi, l'impresa ricorre al compostaggio. Esso può essere descritto come un processo biologico di fermentazione di sostanza organica, sia essa di provenienza dalla parte organica degli RSU, sia essa costituita da fanghi di depurazione oppure, come nel caso dell'analisi in oggetto, derivi da scarti vegetali e rifiuti biologici animali. Il compost si configura come un materiale simile all'humus che può trovare molteplici usi in agricoltura come ammendante e fertilizzante. Le biomasse vengono accatastate in cumuli aerati costituiti in modo differente a seconda della tecnologia di compostaggio in uso. Grazie a questo processo, l'imprenditore agricolo è in grado di reimmettere nelle sue attività produttive gli scarti di altre attività, (anche di natura zootecnica), chiudendo così in modo compiuto il ciclo naturale. Inoltre, il metodo di produzione agricolo biologico, in fase di attuazione presso l'azienda, garantisce il rispetto della naturale fertilità del suolo ed esalta il sapore e la salubrità dei prodotti. Il ricorso a fitofarmaci e concimi chimici è escluso in conformità a quanto previsto dal Reg. C.E. n.834 del 2007 [6] che disciplina il sistema produttivo, le fasi di trasformazione, etichettatura, controllo e certificazione del prodotto. Pertanto, la coltivazione del suolo avviene nel pieno rispetto ambientale, nel tentativo di minimizzare gli impatti dovuti all'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi. Dal punto di vista degli investimenti effettuati nell'ambito di specifici progetti di tutela ambientale, l'azienda si pone come soggetto proattivo. Essa ha infatti effettuato investimenti che le hanno consentito di divenire autonoma dal punto di vista

del fabbisogno energetico e, altresì dell'approvvigionamento di energia termica. Il ricorso alle fonti energetiche rinnovabili si è concretizzato nel luglio 2011 per mezzo della realizzazione di un impianto fotovoltaico. L'adesione al IV conto energia [7] ha consentito, da un lato, di produrre energia pulita, dall'altro, ha determinato un vantaggio economico connesso alla generazione d'energia elettrica in eccedenza, che viene immessa sulla rete e remunerata dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE). Dal punto di vista dell'energia termica, invece, l'azienda si è dotata di un impianto solare termico.

3. Caso studio

3.1 *Il settore olivicolo-oleario in Sicilia*

Oggi l'olivicultura rappresenta uno dei comparti più importanti all'interno del panorama agricolo nazionale. In particolare, il settore assume una connotazione di maggior rilievo nel Mezzogiorno ove alcune Regioni, sebbene meno favorite dello sviluppo economico, contribuiscono allo sviluppo dell'occupazione domandando addetti al settore, con notevoli implicazioni dal punto di vista socio-economico. Focalizzando l'attenzione sulla Sicilia, i dati suggeriscono che la coltivazione dell'ulivo conta circa 18 milioni di piante, distribuite su una superficie di quasi 160.000 ettari [8]. L'olivicultura rappresenta, pertanto, uno degli elementi di tipicità della regione e di caratterizzazione del paesaggio. Tra i punti di debolezza, d'altronde, si segnalano una certa frammentazione imprenditoriale, il ricorso a tecniche colturali tradizionali e l'obsolescenza delle macchine e dei mezzi ad uso agricolo.

3.2 *Storia ed evoluzione dell'azienda agricola Calleri*

L'azienda Calleri nasce a Noto (SR) per volontà della famiglia Calleri, famiglia da generazioni agricola e fortemente legata alle tradizioni. Il fondatore, Giorgio Calleri, ha creduto in un progetto imprenditoriale legato al recupero della qualità dei prodotti agricoli tipici del territorio ibleo, in particolare dell'ulivo. Ed è proprio la coltivazione di ulivi, unita alla conseguente produzione di olio d'oliva, il core business dell'azienda agricola. L'azienda si estende su una superficie di 100 ettari coltivata ad ulivi, per la maggior parte, carrubi e mandorli. Sfruttando la vocazione delle colline iblee per la coltivazione dell'ulivo, l'azienda produce un olio che ha avuto il riconoscimento D.O.P. Monti Iblei con denominazione geografica "Val Tellaro". L'azienda è gestita esclusivamente da Giorgio Calleri e dalla sua famiglia. Di recente, per volontà dell'imprenditore e dei figli Raffaella e Paolo, l'azienda è stata accreditata come azienda didattica e, presso la fattoria, accoglie bambini di ogni età proponendo loro percorsi didattici versatili. L'azienda agricola Calleri, inoltre, si differenzia per la presenza di una abitazione rurale da locare a visitatori dell'azienda e/o soggetti amanti del relax e della evasione dalla vita frenetica.

3.3 *Produzione e commercializzazione dell'olio d'oliva*

L'azienda agricola Calleri, come già ricordato, opera su una vasta area dedicata, per la maggior parte, alla coltivazione di ulivi. Trovandosi in una fase espansiva della propria capacità produttiva, l'azienda ha di recente effettuato nuove piantumazioni. Preliminarmente alla raccolta delle olive, specie nei periodi estivi caratterizzati da siccità, viene effettuata una irrigazione di soccorso agli ulivi. Annualmente gli ulivi vengono sottoposti a potatura e, raramente, si effettua la fertilizzazione del terreno. Il processo di produzione dell'olio d'oliva ha inizio con la raccolta delle olive, che viene effettuata in conformità a quanto previsto dai disciplinari secondo tecniche fisiche e meccaniche. La fase successiva alla raccolta implica che, nel medesimo giorno di raccolta, le olive vengano trasportate al frantoio, ove ha inizio la trasformazione vera e propria. All'interno del frantoio ha luogo la pesatura delle olive e il conseguente stoccaggio delle stesse. Prima di dare avvio alla frangitura vera e propria, i frutti vengono defogliati e

sottoposti ad un processo di lavaggio. Le olive così pulite da ogni corpo estraneo giungono alla prima delle fasi estrattive: la molitura o frangitura. Le olive sono così sottoposte ad azioni meccaniche che provocano la rottura della parete cellulare e delle membrane con la conseguente fuoriuscita dei succhi cellulari e dell'olio. Il prodotto ottenuto da questa fase nella maggior parte degli impianti è la pasta d'olio, una massa semifluida composta da una frazione solida (frammenti di noccioli, bucce e polpa) e una liquida (emulsione di acqua e olio). La fase successiva è rappresentata dalla gramolatura, per mezzo della quale si effettua la separazione dell'emulsione in acqua ed olio. Per quanto concerne la frazione solida, ha luogo, invece, la separazione del cosiddetto mosto d'olio dalla sansa (frazione solida costituita dai frammenti di nocciolo, dalle buccette e da frammenti di polpa). Il mosto d'olio, ottenuto dall'estrazione, contiene sempre una quantità residua d'acqua che viene separata per effetto della differente densità dei due liquidi attraverso la centrifugazione. L'olio, così rientrato in azienda, viene destinato all'imbottigliamento presso un'apposita sala costituita da recipienti in acciaio inox sotto battente d'azoto. Il prodotto tal quale, non appena terminata la fase di molitura, presenta residui solidi in sospensione. In situazione di riposo, per mezzo di detti recipienti in acciaio inox, la morchia sedimenta in modo del tutto spontaneo, grazie all'impanatura conica di cui sono dotati i recipienti. Il trattamento con azoto è reso necessario, oltre che da normativa cogente per il prodotto D.O.P, dalla volontà dell'azienda di prevenire fenomeni ossidativi. Le linee di prodotto attualmente commercializzate dall'azienda Calleri sono due:

-Linea D.O.P. Monti Iblei, che rappresenta il prodotto core dell'azienda.

-Linea Biologico, realizzata per mezzo di materie prime di terzi curate dall'imprenditore in ciascuna delle fasi del processo.

I canali adoperati dall'azienda per l'instaurazione di relazioni commerciali, sono le fiere di settore (rileva la recente partecipazione a fiere a Monaco, Berlino e a Venezia), i mercati del contadino e la vendita al minuto effettuata presso l'azienda stessa. Recente è lo sviluppo di canali alternativi, come ad esempio l'ampia visibilità sul web per mezzo di un sito proprio (www.aziendacalleri.com).

4. Applicazione del metabolismo industriale

Il metabolismo industriale è un nuovo concetto proposto nel 1989 da R.U. Ayres come un nuovo studio analitico per la risoluzione di problemi ambientali. Concepito come una metafora proveniente dalla biologia, esso si basa sulla convinzione effettiva che le strategie di riduzione dell'inquinamento devono tenere in considerazione tutti i processi attraverso i quali una società industriale, così come un organismo vivente, dispone e fa uso delle materie prime. [9]. L'applicazione del metabolismo industriale è finalizzata alla minimizzazione dell'input di risorse energetiche, materie prime e rifiuti attraverso un incremento notevole di efficienza produttiva (cosiddetta eco-efficienza) introducendo migliori tecnologie, come mezzi di produzione più compatti e leggeri, imballaggi ecosostenibili, etc. [10]. Obiettivo della presente parte della trattazione è studiare la possibile applicazione di un modello virtuoso all'azienda agricola oggetto del caso studio. Si tratta di replicare quanto avviene in un modello di economia circolare all'interno di un microcosmo, rappresentato dall'azienda stessa. La tecnologia di frangitura che vuole realizzarsi all'interno dell'azienda è di tipo continuo. Nell'impianto continuo maggiore è il grado di automazione del sistema, minori sono i tempi di lavorazione e si evitano altresì fenomeni ossidativi e l'insorgenza di difetti. L'elemento che contraddistingue un impianto di questo tipo è il decanter, che può definirsi come il cuore del frantoio stesso. Dal punto di vista energetico, la società Vitone Eco s.r.l., che fornirà l'impianto nella sua interezza, attesta che quest'ultimo è conforme al sistema Energy Saving System. Trattasi di un sistema tecnologicamente avanzato che, per mezzo di un software dato in dotazione (Vtronic), consente la regolazione automatica dei giri differenziali del decanter. Viene altresì garantito il risparmio energetico con il recupero dell'energia di frenata del motore secondario. L'impianto

sopra descritto, è composto da diverse sezioni: sezione lavaggio, frangitura, gramolazione, estrazione, separazione e sezioni elettrica e termica. Per lo svolgimento dell'attività di cernitura delle olive si potrà fare uso di sistemi automatici di pulizia delle olive. Il cernitore inserito nel progetto è realizzato in acciaio inox e lavora in modo silenzioso a basso consumo energetico per separare le stesche da foglie, rami e terra. I materiali così scartati potranno essere destinati al compostaggio per la produzione di ammendante. Terminata la fase di deramifogliatura, il processo procede con il lavaggio delle olive. Dal punto di vista delle preoccupazioni ambientali, il consumo idrico non sarà un problema, poiché l'acqua, nella sua circolazione, deposita tutti i detriti trasportati tornando riutilizzabile ad una qualità inferiore. La fase successiva prevede che le olive vengano sottoposte ad azioni meccaniche per causare la rottura dei vacuoli con la conseguente fuoriuscita dei succhi cellulari e dell'olio. Questa azione è affidata allo sfregamento dei frammenti del nocciolo sulle polpe oppure all'urto di dispositivi meccanici in rotazione ad alta velocità sulla massa delle polpe. Tale procedimento è conosciuto come operazione di frangitura. La gramolazione (o gramolatura) è un'operazione che segue la frangitura ed ha lo scopo di rompere l'emulsione fra acqua e olio e far confluire le micelle d'olio in gocce più grandi che tendono a separarsi spontaneamente dall'acqua. La gramola è in sostanza una vasca in acciaio dentro la quale operano pale elicoidali che rimescolano la pasta d'olio. La fase dell'estrazione rappresenta il core tra le fasi che portano alla produzione di olio d'oliva. Essa quindi si concretizza in un sistema di centrifugazione per mezzo di decanter a 3000/3500 giri al minuto. Per mezzo di sistemi di estrazione a due fasi, si otterranno due frazioni in uscita: l'olio e la sansa. Terminata la fase estrattiva, ha luogo la separazione della frazione liquida. In particolare, per mezzo di un apposito macchinario a forza centrifuga, si otterrà il completo discernimento dell'olio d'oliva dalle acque di vegetazione. Per quanto riguarda il separatore, esso si compone di un gruppo di separazione liquidi diviso in due serbatoi per l'olio, ciascuno della capacità di 100 lt e un serbatoio per l'acqua di capacità pari a 200 lt. La presenza di elettrovalvole per la gestione dei flussi può consentire la programmazione dello scarico dei detriti. La sezione di comando si compone di un quadro elettrico col quale è possibile gestire l'apertura e la chiusura delle elettrovalvole che compongono l'impianto. Dal punto di vista dell'approvvigionamento di energia termica, l'impianto sarà dotato di caldaia a sansa da 99.000 Kcal/h. Per quanto concerne l'approvvigionamento energetico, è interesse dell'azienda installare nuovi pannelli fotovoltaici per la potenza complessiva di 60 Kw/h.

4.1 Recupero dei sottoprodotti

Il primo sottoprodotto che il processo produttivo genera si origina già nella fase di potatura e raccolta. Trattasi di residui come olive non raccolte, legna, foglie. I residui di potatura, possono essere destinati al compostaggio. I residui derivanti dall'attività di raccolta, per converso, vengono avviati alla separazione per mezzo di apposito macchinario e successivamente destinati a molteplici utilizzi. I residui legnosi possono essere sottoposti a biodegradazione per l'ottenimento di humus. Dalla fase estrattiva, si genera una duplice frazione in output. La prima frazione è di natura liquida e coincide con il mosto d'olio da destinare a separazione per la chiarificazione e lo scernimento delle acque di vegetazione. La seconda frazione, per converso, si presenta allo stato solido ed è rappresentata dalla sansa. Il trattamento di ciascuno di questi sottoprodotti può consentire il loro diretto utilizzo nelle attività agricole e frantoiana. Si intende focalizzare l'attenzione sugli output della fase estrattiva. Essi infatti, previo trattamento di separazione, danno luogo al prodotto finito e agli scarti di produzione da valorizzare. Dal punto di vista degli elementi minerali, si rileva che le acque di vegetazione risultano essere particolarmente ricche di magnesio, azoto, fosforo e potassio. Pertanto, è possibile collocare i reflui oleari come alternativa alla fertilizzazione tradizionale dei suoli. Il discernimento della sansa vergine nelle sue parti componenti, nocciolino e polpa (paté), consente di valorizzare uno scarto produttivo e di riutilizzarlo in modo efficiente all'interno dell'impianto stesso per

l'alimentazione della caldaia a sansa. In questo modo si sfrutta ampiamente il potere calorifico della sansa che è di circa 3.000 Kcal/Kg. Anche il nocciolino stesso si presta all'impiego come combustibile alternativo nei suddetti impianti termici e vede massimizzato il proprio potere calorifico, pari a circa 4.000 Kcal/Kg, in ragione dell'accurata pulizia cui viene sottoposto. L'utilizzo di questa biomassa riduce notevolmente la produzione di fumi e cenere, garantendo al contempo una più lunga vita delle caldaie ed una minore manutenzione delle stesse. Per quanto concerne la polpa di sansa in eccedenza, questa può essere adoperata per il conferimento in sansificio e l'ottenimento dell'olio di sansa (la resa è incrementata dal momento che la sansa è già denocciolata). La separazione del nocciolino consente al paté stesso di vedere incrementata la quantità di proteine e ridotta quella di fibre, di lignina e di cellulosa, prestandosi in maniera puntuale all'alimentazione animale.

Conclusioni

Tradizionalmente, il primo settore in Sicilia ha rappresentato il traino per l'intera economia dell'Isola. In un momento di crisi dei redditi agricoli, diversificare i propri processi produttivi e i propri output può essere fonte di vantaggio strategico nei confronti della concorrenza, specie di quella straniera. Il settore oleario, sta infatti attualmente risentendo in modo particolare la concorrenza degli importatori stranieri. Al termine del presente studio, in relazione alla già discussa fattibilità tecnica e finanziaria dell'iniziativa, non può che auspicarsi l'adozione di modelli metabolici virtuosi alle realtà agricole, specie in territorio siciliano. Ruolo centrale è assolto dalla normativa sovranazionale, per mezzo del P.S.R. 2014-2020, nella misura 4.1. riguardante gli incentivi per le imprese agricole. Il contributo a fondo perduto nella misura del 50% (che arriva al 70% in considerazione di altri contributi erogati in itinere) e le altre opportunità derivanti dal piano suddetto possono spingere le imprese agricole siciliane all'ammmodernamento dei propri processi, dei propri macchinari e delle loro tecniche produttive. Dal punto di vista delle tecniche di produzione, il ricorso al paté di sansa come ammendante, eventualmente compostato, potrà ridurre, se non addirittura eliminare, il ricorso ad ammendanti chimici ed altri concimi e fertilizzanti responsabili dell'inquinamento dei suoli.

Bibliografia

- [1] Ayres R., *Industrial Metabolism*, in "Technology and Environment", National Academy Press, 1989, pag. 23.
- [2] www.simbiosiindustriale.it
- [3] Barbone S., *Scienze della terra e biologia*, Franco Lucisano Editore, Milano, 2007, pag. 301.
- [4] Bourg D – Erkman S., *Perspectives on Industrial Ecology*, Greenleaf Publishing, Sheffield, 2003, pp. 35-39.
- [5] Ishii.K –Fukui.M –Takii.S , *Microbial succession during a composting process as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis* , Journal of Applied Microbiology , 2000, pag. 2.
- [6] REG. (C.E.) n. 834 del 28 giugno 2007, *relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici e che abroga il regolamento (CEE) n. 2092/91*, pubblicato in G.U.C.E. n. L189 del 20 luglio 2007.
- [7] D.M. 5 maggio 2011, *Incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici*, pubblicato in G.U. Serie Generale n. 109 del 12 maggio 2011.
- [8] REGIONE SICILIA- CORERAS, *La filiera olivicolo-olearia in Sicilia, ricerche nell'ambito delle attività istituzionali dell'Osservatorio sul Sistema dell'Economia Agroalimentare in Sicilia*, Catania, 2007, pp. 51-59.
- [9] Stigliani. W.M. - Anderberg S.- *Industrial Metabolism at the regional level: The Rine Basin* in "IIASA Working Paper", 1992, pp. 30-33
- [10] Ghisellini P. – Cialiani C. – Ugliati S. *A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems*, in "Cleaner production", Elsevier, 2016, pp. 11-32

Effetto dei microelementi in impianti di biogas di tipo agricolo

Mirco Garuti m.garuti@crpa.it, *Claudio Fabbri, Nicola Labartino, Sergio Piccinini*
¹Centro Ricerche Produzioni Animali - CRPA Lab, Sezione Ambiente ed Energia
(Reggio Emilia)

Riassunto

La digestione anaerobica è un processo biotecnologico utilizzato per la produzione di biogas/biometano da sottoprodotti del settore agricolo e agroindustriale e per la produzione di digestato come fertilizzante del suolo; la digestione anaerobica coinvolge differenti gruppi di microrganismi che interagiscono tra loro.

Su scala reale la produzione di biogas è influenzata da fattori di tipo tecnologico, da parametri di processo e da condizioni biochimiche nelle quali si svolge la fermentazione. Il presente lavoro, tramite la presentazione di un caso di studio, descrive una situazione in cui l'utilizzo di microelementi ha permesso di ottimizzare il processo biologico per la produzione di biogas. Nello specifico, un impianto di biogas da 380 kWel (liquame bovino, insilati di mais e triticale) ha mostrato, nei giorni immediatamente successivi all'aggiunta dell'additivo, una maggiore produzione specifica di metano e un miglioramento nella qualità del biogas.

Summary

Anaerobic digestion is a promising biotechnological process to produce biogas/biomethane from agricultural by-products and organic waste and an effluent digestate used as biofertilizer; it is a multi-stage microbiological process that involves different groups of microorganisms interacting each other.

At full-scale level, the biogas production is influenced by technological factors, process parameters and biochemical fermentation conditions. The present work describes a full scale case-studies which micronutrients are used to optimize the biological process. In the case-study, the 380 kWel agricultural biogas plant (cow slurry, maize silage and triticale silage) showed throughout the days immediately afterwards the trace elements supplementation a greater specific methane production and better quality in biogas.

1. Introduzione

La digestione anaerobica è un processo biotecnologico utilizzato per la produzione di biogas/biometano da sottoprodotti del settore agricolo e agroindustriale e per la produzione di digestato come fertilizzante del suolo, in un concetto di economia circolare.

Un'efficiente processo di digestione anaerobica è volto a massimizzare la conversione della sostanza organica presente nelle biomasse in biogas. La produzione di biogas è influenzata da fattori di tipo tecnologico (es.: configurazione e geometria dei digestori, tipologia di miscelazione), da parametri di processo (es.: temperatura, tempo di ritenzione idraulica, carico organico volumetrico) e dalle condizioni biochimiche nelle quali si svolge la fermentazione (es.: pH, contenuto di H₂ nel biogas, esigenze nutrizionali in termini di macro e micro elementi, effetto dell'ammoniaca libera, accumulo di acidi organici, salinità) [1].

Focalizzando l'attenzione sull'aspetto microbiologico, la digestione anaerobica è dipendente dalla crescita e dalle interazioni di differenti gruppi di microrganismi (batteri ed *Archea*) che caratterizzano le quattro classiche fasi del processo: idrolisi, acidogenesi, acetogenesi e metanogenesi. Carbonio, ossigeno, azoto, zolfo, potassio, fosforo, sodio, magnesio e calcio sono macronutrienti normalmente forniti dalle biomasse utilizzate in alimentazione all'impianto di biogas; alcune di esse possono essere ricche anche di microelementi o elementi in tracce. Ferro, molibdeno, nichel, cobalto, selenio, rame, zinco sono gli oligoelementi coinvolti in numerosissime reazioni enzimatiche essenziali per l'idrolisi delle macromolecole, la degradazione degli acidi grassi e la fase di metanogenesi [2].

Esiste quindi la necessità di raggiungere concentrazioni ottimali di nutrienti mediante l'utilizzo delle biomasse oppure mediante l'utilizzo di additivi studiati appositamente. Una limitazione nella concentrazione di uno o più microelementi può influenzare la produzione di biogas e condurre ad una perdita di efficienza nella degradazione anaerobica della sostanza organica influenzando negativamente sull'intero processo sia da un punto di vista economico che da un punto di vista ambientale [3].

L'utilizzo di additivi a base di micronutrienti deve essere ad ogni modo effettuato sulla base delle effettive esigenze nutrizionali dei consorzi microbici in modo da evitare accumuli incontrollati di elementi che possano portare, al contrario, ad un'inibizione del processo o al raggiungimento di concentrazioni che superino la normativa che regola lo spandimento del digestato per uso agronomico (es.: D.M. 25/02/2016).

2. Materiali e metodi

2.1 Monitoraggio dell'impianto di biogas

L'impianto di digestione anaerobica è stato monitorato da CRPA da febbraio 2013 a luglio 2017 per un totale di 1620 giorni; la registrazione dei dati di carico delle biomasse, della quantità di energia elettrica prodotta e della qualità del biogas è stata effettuata in collaborazione con l'operatore dell'impianto.

L'impianto di biogas è costituito da due digestori in serie (F1 e F2) a pianta circolare e di volumetria nominale rispettivamente pari a 2.700 m³ e 1.200 m³; il riscaldamento è effettuato mediante serpentine interne al fine di mantenere l'intero processo biologico in mesofilia (41-42°C). Il biogas prodotto viene indirizzato all'unità di cogenerazione (380 kW_e) e l'eventuale biogas in eccesso può essere bruciato mediante l'azionamento automatico della torcia di emergenza, evitando così emissioni in atmosfera. L'energia elettrica, al netto degli autoconsumi, viene ceduta alla rete ENEL usufruendo della tariffa onnicomprensiva di 280 €/MWh. Il digestato che esce dall'impianto è sottoposto a separazione solido-liquido e utilizzato come fertilizzante a fini agronomici.

2.2 Analisi chimico-fisiche

Il monitoraggio dell'impianto di biogas è stato condotto mediante analisi periodiche sulle biomasse in ingresso e sul digestato. La quantificazione dei solidi totali (ST) e dei solidi volatili (SV) in biomasse e digestati e della conducibilità elettrica e dell'azoto ammoniacale nei digestati è stata effettuata presso CRPA Lab in accordo a quanto riportato in *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [4]. La misura dell'acidità totale ("FOS", espressa in mg/l di acido acetico equivalente) e dell'alcalinità totale ("TAC", espressa in mg/l di CaCO₃ equivalente) nel digestato sono state effettuate presso CRPA Lab con titolazione a due punti secondo metodica descritta da Nordmann (1977): il rapporto tra i due valori è comunemente indicato come rapporto "FOS/TAC".

La quantificazione totale dei metalli nel digestato è stata condotta mediante spettroscopia di emissione al plasma (ICP-OES) secondo norma EN ISO 11885:1997.

La misura del produzione specifica di metano del digestato in uscita dall'impianto di biogas (digestore F2) è stata svolta presso CRPA LAB in conformità con la norma UNI EN ISO 11734:2004; tale valore è stato correlato alla quantità di metano producibile dalle biomasse alimentate calcolando il potenziale metanigeno residuo del digestato effluente [5,6].

3. Risultati

Nel periodo monitorato, la tabella di alimentazione è risulta essere costante negli anni per tipologia di biomasse utilizzate e modalità gestionali. Essa mediamente è stata caratterizzata da 14,5 t/giorno di silomais, 5,4 t/giorno di silotriticale, 11,6 t/giorno di liquame bovino e 5,5 t/giorno di digestato chiarificato. Il carico organico volumetrico e il tempo di ritenzione idraulico sul digestore primario F1 sono stati, rispettivamente, mediamente pari a 2,64 kgSV/(m³ · giorno) e 73 giorni; i medesimi parametri calcolati sull'intera volumetria dell'impianto sono stati, rispettivamente, mediamente pari a 1,83 kgSV/(m³ · giorno) e 105 giorni.

La produzione di biogas è stata coerente con il quantitativo medio di biomasse utilizzato e l'impianto di cogenerazione ha prodotto una potenza lorda media di 372 kWe (98% della potenza installata), equivalenti a circa 8.576 ore/anno a pieno carico.

Il controllo periodico di alcuni importanti parametri chimico-fisici sul digestato [1], mediante analisi in laboratorio, ha permesso di costruire uno storico dati e correlare tali valori agli indici di efficienza riscontrati su scala reale. I valori in Tabella 1 sono relativi al digestore primario F1 e indicati come media e deviazione standard dei dati raccolti nel periodo 2013-2016.

ST	SV/ST	FOS	TAC	FOS/TAC	N-NH ₄ ⁺	Conducibilità elettrica
% su tq	%ST	mg/kg	mg/kg	-	mg/kg	mS/cm
7,5 ± 0,4	76,1 ± 1,1	3.356±341	14.771 ± 708	0,23 ± 0,02	2.395 ± 667	22,9 ± 1,5

Tab. 1 – Principali parametri chimico-fisici riscontrati nel digestato del fermentatore F1 (periodo di riferimento 2013-2016).

A tali valori è stata associata anche la produzione specifica di metano dal digestato effluente dall'impianto (fermentatore F2) che è risultata essere compresa tra 18-58 Nm³CH₄/tSV; i risultati sono stati correlati alla quantità di metano producibile dalle biomasse utilizzate, stimando una perdita di efficienza nel processo biologico compresa tra 1-5%.

Analogamente a quanto fatto per altri parametri, è stata monitorata periodicamente anche la concentrazione di macro e microelementi presenti nel digestato del fermentatore F1. Il dosaggio di micronutrienti (molibdeno, nichel, cobalto, selenio) è stato sempre effettuato con l'aggiunta di additivi commerciali preparati appositamente sulla base delle più recenti analisi condotte sul digestato e addizionati, quando possibile, circa entro un mese da queste. In Figura 1 viene mostrata la concentrazione dei principali microelementi nel digestato (nel grafico, il momento del dosaggio dell'additivo è evidenziato con un indicatore a fondo bianco che mostra anche la stima della concentrazione teorica raggiunta all'interno del digestore F1 di un particolare elemento).

Il dosaggio di ferro nell'impianto di biogas è avvenuto mediante l'utilizzo di un additivo usato per controllare la desolfurazione ed è stato sufficiente per mantenere la concentrazione di questo elemento tra 1.500-3.500 mg/kgST.

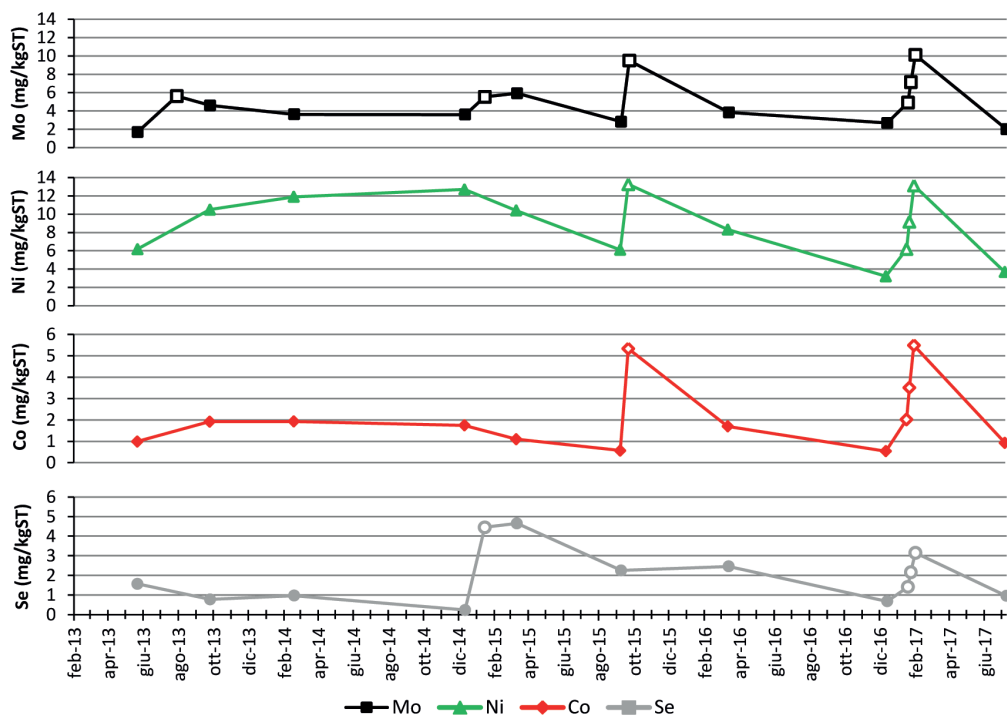


Fig. 1 – Concentrazione di Molibdeno, Nichel, Cobalto e Selenio nel digestato del fermentatore F1 (il momento del dosaggio dell'additivo è evidenziato con un indicatore a fondo bianco che mostra anche la stima della concentrazione teorica raggiunta all'interno del digestore F1 per ciascun elemento).

La realizzazione di uno storico dati specifico per l'impianto di biogas, caratterizzato da una tipologia di alimentazione e una gestione operativa costanti negli anni, ha permesso di definire dei livelli di stabilità a cui l'operatore dell'impianto può riferirsi per identificare il prima possibile eventuali inibizioni sul processo biologico. Sulla base dell'esperienza di CRPA e dei dati presenti in letteratura [1,3], i valori indicati in Tabella 1 vengono interpretati come una situazione di buon equilibrio del processo biologico, specificatamente per l'impianto oggetto del monitoraggio.

In Figura 2 è mostrato l'andamento del parametro FOS/TAC per tutto il periodo monitorato. Nel mese di dicembre 2016 è stato riscontrato sul digestore F1 un aumento del rapporto FOS/TAC fino a 0,31 evidenziando uno scostamento significativo rispetto allo storico di riferimento; parallelamente è stato osservato un aumento dell'acidità organica totale da 3.459 mg/kg (giugno 2016) a 4.530 mg/kg. Non sono state riscontrate variazioni particolari in altri importanti parametri, quali concentrazione di azoto ammoniacale e conducibilità elettrica, tali da far ipotizzare, rispettivamente, inibizioni dovute ad ammoniaca o elevata salinità; analogamente non sono state segnalate dall'operatore dell'impianto situazioni anomale di bassa qualità del biogas (metano costantemente tra 51-52%) o limitata produzione specifica di biogas, che al contrario è rimasta regolare, garantendo un funzionamento a regime del cogeneratore. L'analisi dei microelementi ha invece messo in evidenza possibili carenze in molibdeno, cobalto e selenio e il raggiungimento di un valore minimo di nichel (3,21 mg/kgST) mai riscontrato in precedenza (Figura 1)

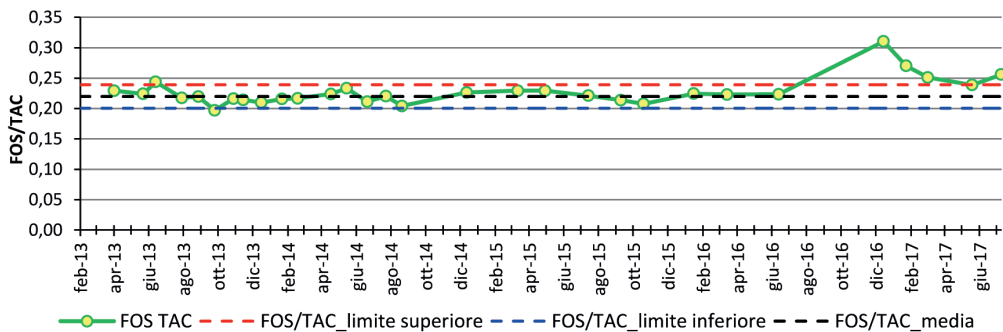


Fig. 2 – Andamento del parametro FOS/TAC per l'intero periodo di monitoraggio (il limite superiore e il inferiore sono stati calcolati tenendo conto di una variabilità di $\pm 1,96$ deviazioni standard rispetto alla media).

Un additivo commerciale, preparato appositamente, a base di sali di molibdeno, nichel, cobalto e selenio è stato aggiunto con un dosaggio ripartito in tre momenti nell'arco di due settimane (Figura 1). In meno di 24 ore dall'introduzione della prima quota di additivo è stato riscontrato un graduale aumento nella produzione di biogas a parità di quantità di biomasse alimentate rispetto al periodo immediatamente precedente. Come mostrato in Figura 3, nei successivi tre giorni all'introduzione dell'additivo si è reso necessario un abbassamento del carico organico volumetrico per evitare di bruciare in torcia l'eccesso di biogas prodotto e poterlo quindi valorizzare totalmente con l'utilizzo del cogeneratore; complessivamente sono state risparmiate circa 14 t di silomais, equivalenti a circa 1.500-1.550 Nm³ di CH₄. Parallelamente all'aumento della produzione di biogas è stato registrato anche un repentino miglioramento nella sua qualità in cui il metano ha raggiunto una concentrazione più elevata con un picco pari al 60%.

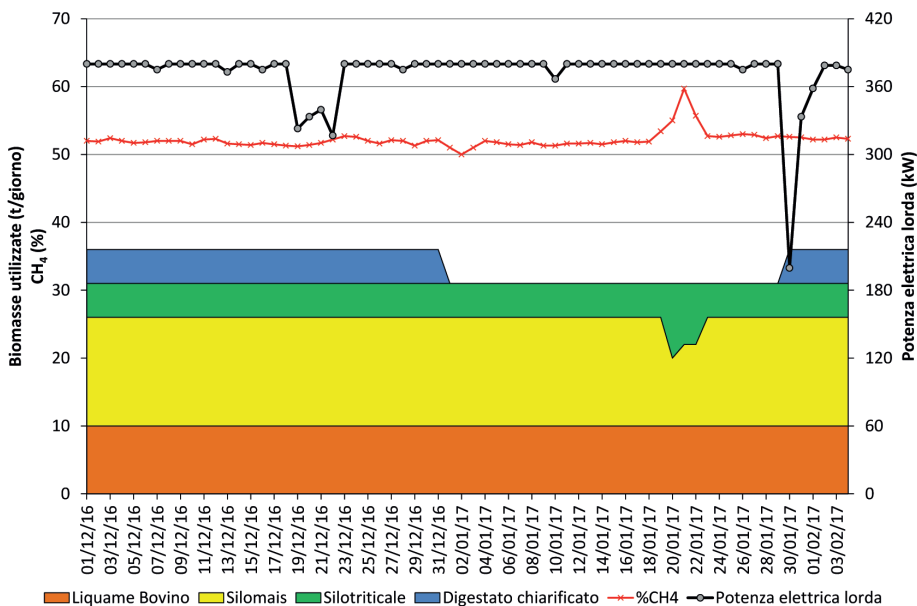


Fig. 3 – Utilizzo di biomasse, qualità del biogas e potenza elettrica lorda nel periodo immediatamente precedente e successivo l'utilizzo dell'additivo con micronutrienti (la diminuzione della potenza elettrica lorda è riconducibile a problemi elettromeccanici nel cogeneratore).

Le successive due aggiunte dell'additivo a base di micronutrienti non hanno sortito effetti così evidenti, probabilmente perché con il primo dosaggio era già stata raggiunta la concentrazione minima di uno o più degli elementi addizionati, la quale poteva presumibilmente costituire il fattore limitante del processo biologico.

4. Conclusioni

Il monitoraggio analitico degli impianti di biogas, anche in condizioni di apparente stabilità biologica, è da ritenersi fondamentale per identificare e risolvere problemi che possono divenire repentinamente limitanti per la buona funzionalità dell'impianto. Nonostante siano noti livelli di riferimento al di sotto dei quali sia riscontrabile una possibile inibizione del processo biologico, una concentrazione "ottimale" dei micronutrienti valida per diversi ambienti anaerobici spesso non è definibile a priori perché il loro effetto sul processo biologico è influenzato anche da speciazione chimica e biodisponibilità. L'approccio metodologico presentato in questo lavoro è basato sulla correlazione tra le prestazioni di processo e la concentrazione di microelementi e tiene conto dei dati analitici storicamente riscontrati. Il dosaggio di un additivo contenente sali di molibdeno, nichel, cobalto e selenio ha permesso di ottimizzare il processo biologico evitando ulteriori accumuli di sostanza organica non degradata.

Bibliografia

- [1] **Drosg B.** (2013) **Process monitoring in biogas plants.** IEA Bioenergy, London, U.K.
- [2] **Choong Y.Y., Norli I., Abdullah A.Z., Yhaya M.F.** (2016) *Impacts of trace element supplementation on the performance of anaerobic digestion process: A critical review.* Bioresource Technology, 209: 369–379
- [3] **Fabbri C., Garuti M.** (2015) *I microelementi sono vitali per la digestione anaerobica.* L'Informatore Agrario, 14: 61-64.
- [4] **APHA** (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- [5] **Fabbri C., Garuti M., Soldano M., Piccinini S.** (2016). *Biogas, l'analisi del digestato svela l'efficienza dell'impianto.* L'informatore agrario, 72:37-40.
- [6] **Ruile S., Schmitz S., Mönch-Tegeeder M., Oechsner H.** (2015) *Degradation efficiency of agricultural biogas plants – A full-scale study.* Bioresource Technology, 178: 341–349.

Gestione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani tramite digestione anaerobica e compostaggio: l'effetto sulla disponibilità del fosforo

Marco Grigatti^a marco.grigatti@gmail.com; Maurizio Degli Innocenti^a; Alberto Confalonieri^b; Claudio Ciavatta^a; Claudio Marzadorr^a

^a Dipartimento di Scienze Agrarie, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Bologna, Italia

^b Consorzio Italiano Compostatori, Roma

Riassunto

I rifiuti organici sottoposti a trattamento biologico possono rappresentare una fonte di fosforo (P) per le colture. Il trattamento integrato anaerobico-aerobico della FORSU è un'importante realtà in Italia, tuttavia la sua influenza sulla disponibilità potenziale del P è poco conosciuta. Nel presente articolo, due digestati anaerobici (DA) ed i rispettivi compost (ACM) sono stati analizzati per la stabilità biologica (OUR) e sottoposti a frazionamento del P-inorganico (P_i) tramite estrazione sequenziale (SCE), inoltre la disponibilità potenziale di P (P-Olsen) è stata valutata mediante incubazione in suolo. I risultati evidenziano che il compostaggio incrementa la stabilità biologica dei DA, necessaria per il corretto impiego in campo, e che poco influenza il frazionamento del P, che è risultato determinato principalmente dalle caratteristiche dei DA. Il frazionamento del P_i fornisce utili indicazioni relative alla potenziale disponibilità dell'elemento nel suolo.

Summary

Organic wastes subject to biological treatment may represent a source of phosphorus (P) for crops. The anaerobic-aerobic treatment of FORSU is widespread in Italy, but its influence on P potential availability is poorly investigated. In the present article, two anaerobic digestates (DA) and their compost (ACM) were analyzed for biological stability (OUR), P-inorganic (P_i) was fractionated by sequential extraction (SCE) and the potential availability of P (P-Olsen) was evaluated via soil incubation. The results show that composting increases the biological stability of digestates, which is necessary for safe agricultural utilization, and little affected the fractionation of P, which is mainly determined by DA characteristics. P_i fractionation via SCE provides useful indications about the potential availability of the element in the soil.

1. Introduzione

Il fosforo (P) è un nutriente fondamentale per le piante. La produzione di fertilizzanti fosfatici determina l'80% della domanda mondiale di P, la cui origine è rappresentata fondamentalmente dalle rocce fosfatiche che sono una fonte non rinnovabile [1]. È quindi basilare la ricerca di fonti secondarie di P, tra queste i rifiuti organici selezionati di origine urbana (FORSU)

che possono rappresentare parte della soluzione a questo problema [2]. Tuttavia la corretta applicazione in campo di questo tipo di materiali organici è subordinata al raggiungimento di una adeguata stabilità biologica [3]. Nel 2015, in Italia sono stati sottoposti a trattamento biologico più di 6.5 mln. di tonnellate di rifiuti organici, di cui circa il 40% è stato sottoposto a trattamento integrato anaerobico-aerobico [4].

In questo scenario, la digestione anaerobica determina un aumento della stabilità biologica dei materiali trattati, consentendo il contemporaneo recupero di energia, il compostaggio ne determina l'igienizzazione, un ulteriore aumento della stabilità e una maggiore facilità di manipolazione [5]. Nei rifiuti organici la disponibilità potenziale del P dipende dalle caratteristiche intrinseche delle matrici ed è molto variabile [2], questa può essere modificata sia dal processo di digestione anaerobica che dal compostaggio [6; 7]. Tuttavia l'effetto del processo integrato sul frazionamento e sulla disponibilità del P è ancora poco studiato.

In tale ambito gli obiettivi di questo studio sono: (i) valutare le variazioni nel frazionamento del P nei digestati sottoposti a compostaggio; (ii) valutare la disponibilità potenziale del P dei diversi prodotti una volta addizionati al suolo; (iii) valutare come l'estrazione sequenziale effettuata sui prodotti possa prevedere la disponibilità potenziale di P nel suolo in seguito alla loro applicazione.

2. Relazione

2.1 Materiali e metodi

2.1.1 I materiali analizzati

Sono stati analizzati due digestati provenienti dalla digestione anaerobica della FORSU in condizioni "wet" termofile per 15 giorni (DA₁), e in condizioni "dry" mesofile per 28 giorni (DA₂) e i rispettivi compost (ACM₁; ACM₂), derivati dal compostaggio dei digestati rispettivamente per 111 e 62 giorni. Come riferimento è stato impiegato ACM_{ref}, ammendante compostato misto con caratteristiche note.

2.1.2 Caratteristiche dei materiali

Sui prodotti freschi è stato determinato il pH, il contenuto di solidi totali (TS) e solidi volatili (VS) e l'*oxygen uptake rate* (OUR) secondo la metodologia proposta da Grigatti et al. (2007) [8]. In seguito campioni sono stati essiccati all'aria, macinati e analizzati per le principali caratteristiche chimiche. Il contenuto totale di P, Ca, Mg e metalli è stato determinato tramite ICP (*Inductively Coupled Plasma-OES*, Spectro Arcos, Ametek) dopo digestione con microonde (65% HNO₃+ 37% HCl). I contenuti di carbonio (C) e azoto (N) totale, sono stati determinati tramite analizzatore elementare (Thermo Fisher Scientific). Sono state effettuate due repliche di ogni campione per ogni analisi.

2.1.3 Estrazione sequenziale del fosforo inorganico

L'estrazione sequenziale del P è stata condotta secondo la metodologia proposta da Dou et al. (2000) [9] e la frazione inorganica (P_i) determinata per via colorimetrica (Murphy e Riley, 1962) [10].

2.1.4 Test di incubazione in suolo

Per l'incubazione in laboratorio è stato usato del terreno proveniente dagli strati superficiali di un suolo tipico della Pianura Padana. Il terreno è stato seccato all'aria e setacciato a 2 mm e in seguito analizzato mostrando le seguenti caratteristiche: pH (H₂O 1:2.5) 7.90; granulometria: sabbia 184 mg kg⁻¹, limo 425 mg kg⁻¹, argilla 391 mg kg⁻¹; CaCO₃ totale 85 mg kg⁻¹; carbonio organico totale 10,2 g kg⁻¹; azoto totale 1,6 g kg⁻¹; rapporto carbonio azoto 8,3; K

scambiabile 330 mg kg⁻¹ di K₂O; capacità di scambio cationico 27.2 meq. 100 g⁻¹; contenuto totale (estraibile in acqua regia) di Al, Fe e P 35,661, 22,224 e 808 mg kg⁻¹ rispettivamente; Al e Fe estraibile in NH₄ 4-ossalato (pH 3) 764 and 2158 mg kg⁻¹ rispettivamente, Al e Fe estraibile in ditionito-citrato-bicarbonato 281 e 2462 mg kg⁻¹ rispettivamente; P-Olsen pari a 4.55 mg kg⁻¹ espresso come P. Il suolo (250 g TS) è stato pre-incubato a 25° per 14 giorni. Successivamente sono stati aggiunti i prodotti alla dose di 30 mg di P kg⁻¹ di suolo. Sono state confrontate 7 tesi: suolo non ammendato (controllo), DA₁, ACM₁, DA₂, ACM₂, in comparazione con un ammendante di riferimento ed un fertilizzante minerale [Ca(H₂PO₄)₂ H₂O] (P-chem). L'umidità è stata reintegrata ogni 3 giorni. Le prove sono state condotte in triplo. Durante il periodo di incubazione (t₀, t₂₈, t₈₄ e t₁₁₂) è stato determinato il P assimilabile (P-Olsen) [11].

2.2 Risultati e discussione

2.2.1 Principali caratteristiche dei materiali analizzati

Le principali caratteristiche dei materiali confrontati sono riportate in tabella 1. Dai dati relativi al pH si potevano distinguere due gruppi il primo (DA₁; ACM₁), presentava valori nella norma per prodotti organici di questa origine (8,1 vs. 7.7), il linea con l'ammendante compostato di riferimento (ACM_{ref}). Il secondo gruppo (DA₂; ACM₂) faceva registrare valori decisamente più elevati (8,9 vs. 10,0). Nei diversi prodotti l'OUR risultava ben differenziato essendo nei digestati (DA₁, DA₂) da 5 a 20 volte superiore che nei compost (ACM₁ e ACM₂) (60 vs. 7 mmol O₂ Kg⁻¹ SV h⁻¹). Questi ultimi infatti potevano essere classificati come: molto stabile ACM₁ (<5 mmol O₂ kg⁻¹ SV h⁻¹), e stabile ACM₂ (5-15 mmol O₂ kg⁻¹ OM h⁻¹) [12]. Nei materiali testati quindi il processo di compostaggio ha garantito il raggiungimento della stabilità biologica necessaria per un sicuro impiego in agricoltura. Il minore OUR di ACM₁ rispetto a ACM₂ potrebbe essere dovuto alla maggiore durata del processo di compostaggio a cui è stato sottoposto (111 vs. 62 giorni).

Campione	pH	OUR	C	N	P	Ca	Fe	Al	Mg	Ca:P	Fe:P	Al:P	Mg:P
		(mmol O ₂ Kg ⁻¹ VSh ⁻¹)											
DA ₁	8,1	54	313	35	9,3	43	8	10	7	5	1	1	1
ACM ₁	7,7	3	242	25	6,7	40	12	11	11	6	2	2	2
DA ₂	8,9	64	302	16	5,1	72	6	8	5	14	1	2	1
ACM ₂	10,0	12	255	18	7,8	88	10	9	7	11	1	1	1
ACM _{ref}	8,4	2	222	13	4,3	46	15	15	6	11	4	4	1

Tab 1. – Principali caratteristiche dei materiali analizzati. Tutti i dati, a parte il pH, sono espressi sui ST.

Contestualmente alla stabilità il processo di compostaggio procurava una riduzione del C nei diversi prodotti, -20% (DA₁; ACM₁), -15% (DA₂; ACM₂). Questo unito alle variazioni dell'N produceva al termine del processo valori simili di C:N (10 vs. 14 in ACM₁ e ACM₂). Contrariamente alla stabilità il contenuto in P totale risultava ben diversificato nei due digestati DA₁ e DA₂ (9,3 vs. 5,1 mg g⁻¹). I compost presentavano contenuti di P intermedi ACM₁ e ACM₂ (6,7 vs. 7,8 mg g⁻¹). Questi valori sono in linea con quanto riscontrato da Prasad et al. (2012) [13], e mostrano la tipica variabilità di questi materiali. Il contenuto di Ca, Fe, Al e Mg ha mostrato differenze tra i materiali analizzati riscontrabili di conseguenza nei rapporti tra P e altri elementi. Il rapporto Ca:P è risultato maggiore nei materiali provenienti dal secondo impianto: DA₂ (14) > ACM₂ (11) > ACM₁ (6) > DA₁ (5). A tal riguardo, in letteratura è stato indicato che rapporti superiori a 2 possono determinare la formazione di composti Ca-P poco solubili in particolare a valori di pH elevati (>8,5) [13]. Il rapporto Mg:P è risultato: ACM₁

(2) > DA₂ (1) = ACM₂ (1) = DA₁ (1). Come nel caso di Ca, è riconosciuto che il Mg possa determinare la formazione di composti poco solubili con il fosforo. Il rapporto Fe:P è risultato: ACM₁ (2) > ACM₂ (1) = DA₂ (1) = DA₁ (1). Il rapporto Al:P è risultato: DA₂ (2) = ACM₁ (2) > DA₁ (1) = ACM₂ (1). È riconosciuto che Fe e Al determinino la diminuzione della solubilità in acqua del P e possano proteggere P dall'assorbimento rapido sul Ca una volta che i materiali sono applicati al suolo.

2.2.2 Estrazione sequenziale del fosforo inorganico

La frazione (%) di P_i libera (H₂O-P) risultava maggiore nei DA rispetto agli ACM: DA₂ (12) > DA₁ (9) > ACM₁ (7) > ACM₂ (5). La frazione (%) di P_i labile (NaHCO₃-P) mostrava una netta distinzione tra i materiali provenienti dai due impianti, risultando nei primi circa 3 volte maggiore rispetto ai secondi: DA₁ (39) > ACM₁ (38) > DA₂ (13) > ACM₂ (9). Anche la frazione (%) di P_i solubile in NaOH (NaOH-P) mostrava una analoga distinzione risultando circa 5 volte maggiore nei materiali del primo impianto: ACM₁ (11) > DA₁ (10) > DA₂ (2) = ACM₂ (2). Al contrario la frazione (%) solubile in acido (HCl-P) risultava circa il doppio nei materiali provenienti dal secondo impianto: ACM₂ (83) > DA₂ (72) > ACM₁ (44) > DA₁ (42). I materiali del secondo impianto (DA₂ e ACM₂) caratterizzati dalla prevalenza della frazione HCl-P, si mostrano simili ad ACM_{ref}. Al contrario i materiali del primo impianto (DA₁ e ACM₁) mostravano che la frazione estraibile in alcali (NaOH-P), era assimilabile a quella di ACM_{ref}.

Frazione	Prodotto organico									
	DA ₁		ACM ₁		DA ₂		ACM ₂		ACM _{ref}	
	(mg g ⁻¹)	(%)	(mg g ⁻¹)	(%)	(mg g ⁻¹)	(%)	(mg g ⁻¹)	(%)	(mg g ⁻¹)	(%)
H ₂ O-P	0,70	9	0,36	7	0,59	12	0,36	5	0,16	4
NaHCO ₃ -P	3,18	39	2,13	38	0,62	13	0,63	9	0,54	13
NaOH-P	0,81	10	0,60	11	0,08	2	0,15	2	0,58	14
HCl-P	3,47	42	2,43	44	3,45	72	5,83	83	2,82	70
P-residuo (H ₂ SO ₄)	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0,57	14
Σ P _i	8,16		5,53		4,74		6,96		4,09	
Recupero (% P _{tot})	88		83		92		89		95	

Tab. 2 – Frazionamento del P_i. I dati quantitativi sono espressi sui ST, i dati percentuali sono espressi sul P_{tot}.

Le frazioni H₂O-P e NaHCO₃-P sono considerate disponibili per le piante rispettivamente nel breve e medio termine [15]. Al contrario la frazione NaOH-P è considerata potenzialmente disponibili nel lungo periodo in funzione del pH del suolo, mentre e HCl-P è scarsamente disponibile per le piante nei terreni alcalini [15]. NaOH-P è rappresentata dal P legato ad ossidi e idrossidi di Fe a Al, mentre HCl-P dal P presente nei fosfati di calcio e di magnesio sotto forma amorfa o cristallina [16]. A tal riguardo, il maggiore contenuto della frazione HCl-P nei materiali provenienti dal secondo impianto (DA₂ e ACM₂) può essere dovuto al maggiore rapporto Ca:P di essi unito a valori di pH molto elevati, come indicato in letteratura da Komiyama e al. [14].

2.2.3 Test di incubazione in suolo

L'andamento del fosforo potenzialmente disponibile per le piante (P-Olsen) è rappresentato nel grafico 1.

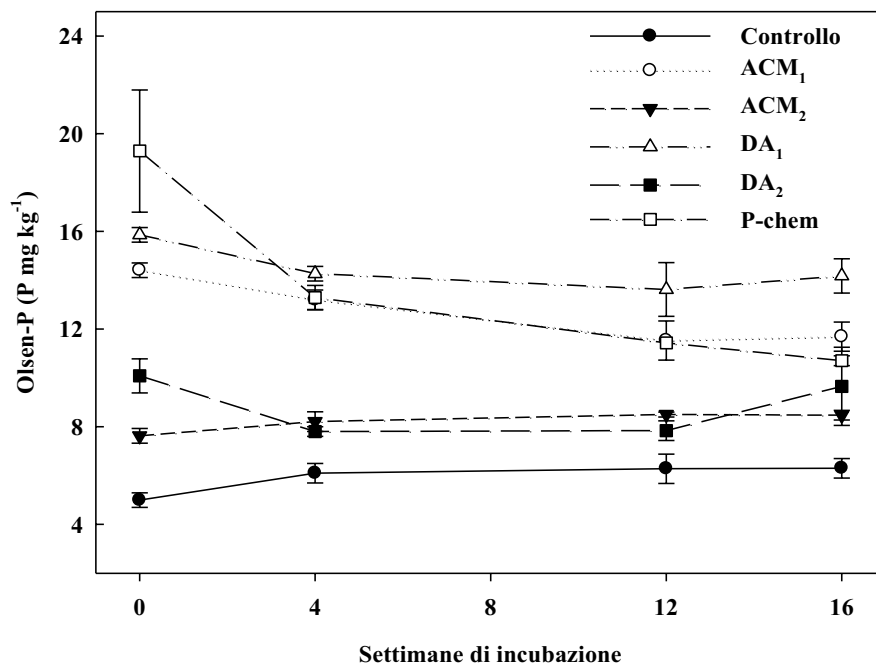


Grafico 1 – Andamento di P-Olsen durante il periodo di incubazione.

Una volta applicati al suolo DA₁ e ACM₁ presentavano il maggiore P-Olsen sia all'inizio che alla fine del periodo di incubazione (15 vs. 13 mg Kg⁻¹), similmente a quanto evidenziato per P-chem (19 vs. 11 mg Kg⁻¹). Nello stesso periodo DA₂ e ACM₂ mostravano valori minori (9 mg Kg⁻¹), in linea con quanto evidenziato per ACM_{ref}. Per i materiali analizzati, i risultati del test sono stati coerenti con quanto determinato via estrazione sequenziale: DA₁ e ACM₁, che mostravano un contenuto maggiore di P nella frazione libera (P-H₂O) e labile (NaHCO₃) rispetto a DA₂, ACM₂ e ACM_{ref} hanno mostrato, una volta applicati al suolo, i valori più alti di P-Olsen. L'importanza di queste frazioni per valutare la disponibilità potenziale di P per le piante è riconosciuta in letteratura [9].

Durante tutto il periodo di incubazione il P-Olsen mostrava un andamento pressoché costante in DA₂ e ACM₂, mentre presentava un andamento leggermente decrescente, soprattutto nelle prime 4 settimane, in DA₁, ACM₂ e P-chem, con diminuzione più accentuata per quest'ultimo.

La dinamica del P nei suoli calcarei è dominata dalle reazioni di precipitazione del P con il calcio con la possibile formazione di prodotti (cristallini o amorfi) scarsamente solubili: ciò determina generalmente un andamento decrescente della disponibilità potenziale del P applicato alle colture che può portare a una scarsa sincronizzazione tra disponibilità e richiesta da parte delle piante.

In letteratura, Audette et al. [17] ha evidenziato che in un suolo calcareo la trasformazione verso forme meno potenzialmente disponibili per le piante è più marcata per P applicato come fertilizzante inorganico che organico.

3. Conclusioni

I risultati evidenziano che la fase di compostaggio incrementa in maniera significativa la stabilità biologica dei digestati anaerobici in ingresso. Questa caratteristica è necessaria per il loro corretto impiego in campo. I risultati dimostrano anche che il processo di compostaggio ha scarsamente influenzato il frazionamento del P che è stato determinato principalmente dalle caratteristiche dei materiali in ingresso e in maniera fondamentale dal loro rapporto Ca:P. Solo in un caso, il forte innalzamento del pH riscontrato a valle del processo di stabilizzazione aerobica può avere con ogni probabilità contribuito in maniera significativa alla ulteriore riduzione della disponibilità del P.

L'analisi dei dati ottenuti nella incubazione in suolo dimostrano che l'estrazione chimica sequenziale rappresenta un metodo rapido ed affidabile per valutare la potenziale disponibilità del P contenuto nei compost e nei digestati anaerobici. Questa tecnica può quindi rappresentare uno strumento decisionale per l'impiego ottimale di questi materiali in campo, che possono rappresentare una fonte secondaria di P per le colture agrarie.

In ultimo si deve sottolineare che, una maggiore attenzione alla formazione delle miscele da sottoporre a digestione anaerobica e a compostaggio, nonché alla gestione del processo stesso può risultare di aiuto nella modulazione del rilascio del P potenzialmente disponibile per la nutrizione vegetale valorizzando a pieno il ciclo di questo tipo di prodotti organici.

Bibliografia

- [1] **Schröder J.J., Cordel D., Rosemarin A.**, 2010. Sustainable Use of Phosphorus. International Workshop, 24-25 November 2010 Wageningen.
- [2] **Hamilton H.A., Brod E., Hanserud O., Müller D.B., Brattebø H., Haraldsen T.K.**, 2017. Recycling potential of secondary phosphorus resources as assessed by integrating substance flow analysis and plant-availability. *Science of the Total Environment* 575, 1546–1555.
- [3] **Bernal M.P., Paredes C., Sanchez-Monedero M.A., Cegarra J.**, 1998. Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology* 63, 91-99.
- [4] **Consorzio Italiano Compostatori**, 2017. I dati del settore del riciclo del rifiuto organico. <http://www.compost.it/news/1211-cic-rapporto-annuale-2017.html>
- [5] **Consorzio Italiano Compostatori**, 2011. Biogas e compost da rifiuti organici selezionati. <http://www.compost.it/biblioteca-on-line.html>
- [6] **Möller K., Müller T.**, 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Eng. Life Sci.* 12, 3, 242–257.
- [7] **Wei Y.Q.Q., Zhao Y., Xi B.D.**, 2015. Changes in phosphorus fractions during organic wastes composting from different sources. *Bioresource Technology* 189, 349–356.
- [8] **Grigatti M., Pérez M.D., Blok W.J., Ciavatta C., Veeken A.**, 2007. A standardized method for the determination of the intrinsic carbon and nitrogen mineralization capacity of natural organic matter sources. *Soil Biology & Biochemistry* 39, 1493–1503.
- [9] **Dou Z., Toth J.D., Ramberg C.F., Galligan D.T., Ferguson J.D.**, 2000. Laboratory procedures for characterizing manure phosphorus. *J. Environ. Qual.* 26, 508-514.
- [10] **Murphy J., Riley H.P.**, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphorus in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 27, 31-36.
- [11] **Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., Dean L.A.**, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circular 939. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C.
- [12] **Veeken A., Block W., Moolenaar S., Grigatti M.**, 2007. Standardized determination and classification of compost organic matter stability. Proceedings of the 2nd BOKU Waste Conference, 16-19 April 2007, Vienna, Austria.
- [13] **Prasad M., Lee A., Gaffney M.T.**, 2012. A detailed chemical and nutrient characterization of compost and digestate fibre including a comparative release of Nitrogen and Phosphorus. Composting and Anaerobic Digestion Association of Ireland. www.cre.ir

- [14] **Komiyama T., Niizuma S., Fujisawa E., Morikuni H.**, 2013. Phosphorus compounds and their solubility in swine manure compost. *Soil Sci. Plant Nutr.* 59, 419-426.
- [15] **Hedley M.J., Steward J.W.B., Chauhan B.S.**, 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fraction induced by cultivation practices and by laboratory incubation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46, 970-976.
- [16] **Tiessen H., Moir J.O.**, 1993. Characterization of Available P by Sequential Extraction, In: M. R. Carter, Ed., *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Lewis Publishers, Boca Raton, 1993, pp. 75-86.
- [17] **Audette Y., O'Halloran I.P., Voroney R.P.**, 2016. Kinetics of phosphorus forms applied as inorganic and organic amendments to a calcareous soil. *Geoderma* 262, 119-124.

WATER CYCLE MANAGEMENT AND EXPLOITATION

INQUINANTI EMERGENTI NELLE ACQUE AD USO UMANO: ASPETTI NORMATIVI, SOLUZIONI TECNOLOGICHE PER IL CONTROLLO ED ESPERIENZE GESTIONALI

Gli inquinanti di interesse emergente (“*Contaminants of emerging concern*”) nelle acque ad uso umano sono inquinanti per i quali non sono ben noti i rischi per la salute e l’ambiente e, spesso, non esistono nemmeno limiti normativi. Per la maggior parte di tali inquinanti non esistono tecnologie di rimozione consolidate ed affidabili, applicabili negli impianti di potabilizzazione, e l’interesse della ricerca scientifica in questo settore è proprio rivolto alla individuazione di soluzioni di trattamento efficaci e tecnicamente/economicamente gestibili. Il presente convegno si propone di illustrare un quadro aggiornato su questo tema attraverso l’analisi degli aspetti normativi, sia a livello nazionale che internazionale, dei rischi potenziali per la salute e l’ambiente e delle soluzioni consolidate e innovative applicabili per la loro rimozione nei sistemi di potabilizzazione.

A cura di: **Gruppo di Lavoro “Gestione impianti di depurazione” dell’Università di Brescia e Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Carlo Collivignarelli, *Università degli Studi di Brescia*

Contaminazione da PFAS nelle acque dell'area di Vicenza. Implicazioni al processo d'uso dell'acqua di una realtà industriale locale – Esperienze di AECOM Corporate

Fabrizio Bonfanti fabrizio.bonfanti@aecom.com, AECOM URS Italia S.p.a.

Riassunto

La presenza di nuove forme di contaminazione, persistenti e diffuse nelle zone più antropizzate e urbanizzate del nostro territorio, sta modificando disponibilità e modo d'utilizzo delle risorse naturali, in particolare per quanto riguarda le acque, siano esse sotterranee o superficiali. È la persistenza stessa a implicare le maggiori difficoltà, con la conseguenza che interi acquiferi e corsi d'acqua, hanno richiesto interventi d'urgenza da parte delle Autorità competenti, come nel caso della contaminazione da PFAS nell'area attorno a Vicenza, con ricadute sullo sfruttamento dell'acqua, diventato, di fatto, un diritto precluso sia per l'approvvigionamento idrico potabile, sia per l'uso agricolo e industriale. Ciò per l'impossibilità pratica di poter sostenere tecnicamente e a costi accessibili, soluzioni di pretrattamento utili per il loro successivo impiego. Le ricadute sociali ed economiche sono evidenti e sotto gli occhi di tutti, in questo determinando complicazioni legate alla salute e allo sviluppo d'interi territori.

Summary

The presence of new persistent and widespread forms of contamination in the most developed and urbanized areas of our territory is altering the availability and use of natural resources, particularly in the case of water, whether groundwater or superficial waters. It is the persistence itself that implies the greatest complications, with the consequence that entire aquifers and watercourses have required urgent action by the competent authorities, as in the PFAS contamination case of the area around Vicenza, with implications for the exploitation of the water resources, which has as a result debarred any utilizations for both drinking water and agricultural and industrial supply. This is because of the inability to be able to support technically and at affordable costs, pre-treatment solutions useful for their succeeding use. Social and economic repercussions are evident, resulting in health-related complications and affecting development of entire territories.

1. Introduzione

Gli effetti della contaminazione delle acque sono tanto più evidenti e impattanti, quanto più diffusa e persistente è la natura della contaminazione. Tutto ciò, è poi maggiormente amplificato quando i mezzi a disposizione per contrastare e contenere il fenomeno – normativi, procedurali e tecnologici – sono sostanzialmente inadeguati, così come nel caso della conta-

minazione da PFAS in atto nell'area attorno a Vicenza, che sta interessando anche zone più distanti nelle provincie di Verona e Padova (Figura 1).

La contaminazione da sostanze perfluoro alchiliche, di origine dai comuni della medio-bassa Val dell'Agno – dove si producono e si utilizzano nel ciclo produttivo di aziende conciarie, è maggiormente rappresentata da PFOS e PFOA, ossia le molecole a catena lunga di atomi di carbonio, anche, ma non limitatamente a questo, perché possibile terminale della biodegradazione di altre sostanze perfluoro alchiliche.

La produzione e l'utilizzo nei cicli produttivi e gli scarichi in acque superficiali hanno fatto sì che i PFAS si diffondessero al di fuori del tessuto produttivo d'origine e quindi sorgente della contaminazione, con un'amplificazione e compromissione di aree via via più vaste in una sorta di effetto domino, in cui lo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee, per il successivo recapito finale in corpi idrici superficiali, e la migrazione in falda, hanno determinato un progressivo allargamento e diffusione della contaminazione. È in questa zona di allargamento, che la realtà industriale locale seguita da AECOM URS Italia S.p.A. si è venuta trovare, costretta sua malgrado ad affrontare una problematica a dir poco controversa.

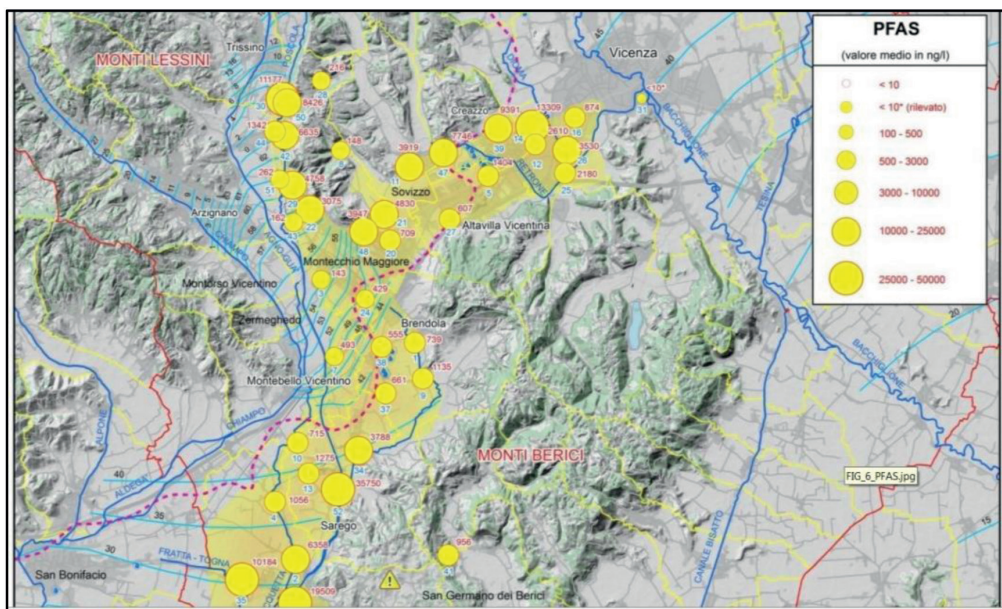


Fig. 1 – Mappa della contaminazione da PFAS (Azioni ARPAV, giugno 2013-giugno 2017 [1])

Per cercare di arginare il problema, il D.Lgs. 172/2015 prima e poi i pronunciamenti dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS), determinatisi nelle note del Ministero dell'Ambiente e nei provvedimenti della Regione Veneto, hanno sostanzialmente imposto ad A.Ri.C.A. (Aziende Riunite Collettore Acque) l'immediato rispetto al proprio scarico (da luglio 2016) dei limiti dettati dall'ISS. In questo sono stati equiparati i limiti per acque potabili a quelli di scarico. È stata altresì ignorata l'attuale scarsa maturità ed efficacia delle soluzioni tecnologiche in grado di trattare i PFAS. A seguire, A.Ri.C.A., con proprio provvedimento, ha trasferito la responsabilità del rispetto dei limiti agli Enti gestori allacciati al collettore, e questi ultimi l'hanno rigirata alle singole realtà industriali.

Ciò detto, nell'evidente impossibilità pratica di stravolgere dall'oggi al domani il sistema di produzione in essere, Confindustria Vicenza ha scritto al Ministero dell'Ambiente afferman-

do quanto già noto dalla bibliografia del settore, altresì evidenziando l'inapplicabilità del richiamato art.3 ter del D.Lgs.152/2006, di precauzione e protezione della salute, come pure sottolineando l'importanza del distretto conciario vicentino, caratterizzato da una produzione annua pari all'8% di quella mondiale.

2. Relazione

2.1 Area di diffusione della contaminazione da PFAS

I PFAS, presentando un'alta solubilità e bassi coefficienti di ritardo, sono caratterizzati da una elevata mobilità che comporta plume di contaminazione molto estesi. Nello specifico, nelle aree in considerazione la contaminazione occupa una superficie di 150 km² con un'estensione longitudinale superiore ai 35 km. Le dimensioni dell'area sono tali da comprendere sia il dominio dell'acquifero intervallivo indifferenziato della media-bassa valle dell'Agno, sia il dominio degli acquiferi di media e bassa pianura delle provincie di Padova e Verona, fino ad una parte considerevole della rete idrografica (Poscola; Agno-Guà-Frassine; Togna-Fratta-Gorzone; Retrone: Bacchiglione; ecc..).

Minimi valori di PFAS sono stati inoltre riscontrati in campioni di falda provenienti dall'acquifero intervallivo a monte idrogeologico della azienda chimica produttrice dei PFAS, per cui è evidente la facilità con cui si possa originare uno stato di contaminazione diffuso e di fondo anche in zone protette dal gradiente idraulico della falda. Inoltre, la circolazione idrica di fondovalle è in stretta correlazione con quella dei massicci carbonatici intensamente fratturati che costituiscono i rilievi montuosi vicini, per cui la contaminazione da PFAS ha potuto migrare attraverso gli stessi fino a giungere nella vicina valle del Mezzaruolo, orograficamente posta più in basso rispetto alla valle dell'Agno.

La ricostruzione del plume di contaminazione è stata operata da ARPA Veneto e ha previsto il censimento e l'analisi di pozzi e sorgenti presenti sul territorio, andando a ripерimetrare un'area con valore soglia di concentrazione totale di PFAS superiore a 500 ng/l. Essa non può ritenersi completa ed esaustiva in quanto basata su una delimitazione geometrica ricostruita su dati analitici e idrogeologici in continuo aggiornamento e priva ancora di una validazione geostatistica e di modellistica numerica. La matrice ambientale più colpita risulta essere quella delle acque sotterranee, con valori di contaminazione maggiori o uguali a 100 ng/l in 21 comuni, dei quali 15 in provincia di Vicenza, 3 in provincia di Verona e 3 in provincia di Padova.

Nel caso specifico del sito industriale seguito da AECOM, un primo valore di PFAS misurato nel 2013 da ARPA riportava un totale di poco superiore a 10.000 ng/l, mentre i valori più recenti, tra il 2015 e il 2016 (Figura 3), evidenziano un dimezzamento dell'impatto, su valori attorno a 5.000 ng/l.

A causa poi di mutui e vicendevoli rapporti di scambio con le acque sotterranee, anche le acque superficiali della zona recano una contaminazione diffusa ed estesa da PFAS.

2.2 Impianto normativo internazionale e limiti di riferimento italiani

Il confronto tra i riferimenti normativi definiti a livello di ogni singolo stato a livello mondiale, e l'evoluzione che ancora pervade l'identificazione dei limiti da applicare, è importante ed essenziale per comprendere l'importanza del fenomeno in atto. A tal riguardo, AECOM Corporate, con il ruolo principale della sede Italiana, ha messo in campo un'apposita ricerca, estesa a tutti i continenti e a un totale di quaranta stati, che ha evidenziato come le prese di posizione sui PFAS stanno evolvendo e sono guidate dall'industria e dalla ricerca. La ricerca è focalizzata sulla diffusione dei PFAS nell'ambiente, la stima dell'esposizione umana, la creazione di soglie tossicologiche e la definizione di linee guida per concentrazioni accettabili nelle matrici ambientali (in particolare l'acqua potabile). La ricerca si sta espandendo anche nello studio dei precursori del PFOS e degli acidi perfluorocarbossilici come PFOA e ai po-

tenziali telomeri precursori. Oltre all'attività di ricerca, l'inserimento di PFAS in regolamenti POP ¹ specifici per ogni paese e la revisione del NIP ² per incorporare gli emendamenti del COP4 ³ sono in sospenso per un certo numero di paesi considerati. Nel complesso, è evidente che il grado di sviluppo dell'attività di ricerca e della politica di regolamentazione è altamente variabile nei vari paesi valutati, tanto che è possibile prevedere che nel breve e medio periodo continueranno a permanere significative discrepanze nei regolamenti e nelle linee guida.

È evidente che i regolatori stanno monitorando gli sviluppi della comprensione scientifica e della politica di ordinamento su base stati, comunità/confederazioni e globale, sviluppando o procedendo con programmi preesistenti. Il livello di preoccupazione per i PFAS, e per PFOS e AFFF in particolare, è da ricondurre al livello di ricerca e/o sviluppo politico di regolamentazione di ciascuno stato, comanche alla percezione delle sostanze chimiche rispetto ad altre priorità normative.

A livello Italiano, la legislazione segue gli orientamenti sviluppati dai paesi europei e riflette in gran parte i requisiti stabiliti nelle direttive e nei regolamenti dell'Unione Europea, e sebbene resistano inevitabili differenze nell'applicazione tra i diversi paesi, è indubbio il netto vantaggio nella considerazione e nell'attuazione delle pratiche regolamentari.

Per le acque sotterranee sono stati fissati valori soglia per alcuni composti perfluoroalchilici con il D.M. 6 luglio 2016 "Recepimento della direttiva 2014/80/UE della Commissione del 20 giugno 2014 che modifica l'allegato II della direttiva 2006/118/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento". Tale norma sostituisce la lettera B, «Buono stato chimico delle acque sotterranee» della parte A dell'allegato 1 della parte terza del D.Lgs 152/2006, n. 152 aggiornandone i valori soglia di riferimento.

2.3 Ciclo d'uso dell'acqua nel processo produttivo della realtà industriale locale

Le acque necessarie nel processo produttivo di stabilimento sono storicamente approvvigionate dalla falda, attraverso l'emungimento da n.2 pozzi industriali realizzati in aree interne alla proprietà. Una volta sollevate dal sottosuolo, le acque sono indirizzate, senza soluzione di continuità e senza pretrattamento, verso le utenze di stabilimento e in parte sono utilizzate ad uso irriguo per le aree verdi. Negli ultimi anni, la ricerca analitica di laboratorio è stata integrata per i PFAS e i risultati ottenuti hanno permesso di escludere, tra l'ingresso al ciclo produttivo e l'uscita dal depuratore, contributi in PFAS. Ciò, ad avvalorare i risultati delle verifiche già eseguite per i composti chimici impiegati nel ciclo produttivo di stabilimento, prive di sostanze perfluoro alchiliche.

sostanza	Valore soglia	
	acque sotterranee µg/l	interazione acque superficiali (*) µg/l
PFOS	0,03	6,5 10-4
PFPeA	3	-
PFHxA	1	-
PFBS	3	-
PFOA	0,5	0.1

(*) Tali valori sono cautelativi anche per gli ecosistemi acquatici e si applicano ai corpi idrici sotterranei che alimentano i corpi idrici superficiali e gli ecosistemi terrestri dipendenti. Le regioni, sulla base di una conoscenza approfondita del sistema idrologico superficiale e sotterraneo, possono applicare ai valori di cui alla colonna (*) fattori di attenuazione o diluizione. In assenza di tale conoscenza, si applicano i valori di cui alla medesima colonna.

Fig. 2 – Valori soglia identificati per alcuni PFAS (Azioni ARPAV, giugno 2013-giugno 2017 [1])

¹ Persistent Organic Pollutants

² National Implementation Plan

³ Conference of the Parties

2.4 Ciclo d'uso dell'acqua nel processo produttivo della realtà industriale locale

Le acque necessarie nel processo produttivo di stabilimento sono storicamente approvvigionate dalla falda, attraverso l'emungimento da n.2 pozzi industriali realizzati in aree interne alla proprietà. Una volta sollevate dal sottosuolo, le acque sono indirizzate, senza soluzione di continuità e senza pretrattamento, verso le utenze di stabilimento e in parte sono utilizzate ad uso irriguo per le aree verdi. Negli ultimi anni, la ricerca analitica di laboratorio è stata integrata per i PFAS e i risultati ottenuti hanno permesso di escludere, tra l'ingresso al ciclo produttivo e l'uscita dal depuratore, contributi in PFAS. Ciò, ad avvalorare i risultati delle verifiche già eseguite per i composti chimici impiegati nel ciclo produttivo di stabilimento, prive di sostanze perfluoro alchiliche.

COMPOSTI	DATA	EMUNGIMENTO FALDA - POZZO DITTA			SCARICO DEPURATORE DITTA		LIMITI ISS-2014 ng/l
		ARPAV	ARPAV	ARPAV	ADC	DITTA	
		25/11/15	07/03/16	23/06/16	05/10/16	07/10/16	
PFAS							
PFBA	ng/l	495	475	513	285	480	250
PFPeA	ng/l	244	188	180	223	188	-
PFBS	ng/l	1255	1251	1045	641	840	250
PFHxA	ng/l	382	303	301	217	370	-
PFHpA	ng/l	149	185	121	72	90	-
PFHxS	ng/l	62	53	42	25	40	-
PFOA	ng/l	2417	2810	2060	1842	2330	500
PFNA	ng/l	<10	<10	<10	<10	<10	-
PFDeA	ng/l	33	34	25	10	<10	-
PFOS	ng/l	506	400	329	119	264	30
PFUnA	ng/l	<10	<10	<10	<10	<10	-
PFDoA	ng/l	<10	<10	<10	<10	<10	-
Somma PFAS	ng/l	5543	5699	4616	3434	4602	-
Somma di PFOA, PFOS e rispettivi derivati	ng/l	-	-	2389	-	-	-
Somma PFAS esclusi PFOA, PFOS, PFBA e PFBS	ng/l	869	763	669	547	688	500
Somma PFAS esclusi PFOA e PFOS	ng/l	2620	2489	2227	1473	2008	-
Carbonio organico totale	mg/l	-	-	0,6	-	-	-

Fig. 3 – Risultati analitici dei PFAS in ingresso e uscita a ciclo produttivo di stabilimento

Le concentrazioni dei PFAS per le acque d'ingresso al ciclo produttivo hanno contato sul contraddittorio di ARPA Veneto, tra novembre 2015 e giugno 2016, mentre per lo scarico del depuratore, si è potuto contare sui dati della Ditta e del Gestore fognario. I risultati, riportati in forma tabellare in Figura 3 e grafica in Figura 4, sono distinti per i principali composti marker della contaminazione, quindi i PFAS totali e i composti PFOA e PFOS.

È evidente una generale equivalenza dei valori in ingresso e uscita dal ciclo produttivo, senza contributi della ditta alla contaminazione da PFAS; piuttosto, è la ditta a essere parte lesa, perché diffidata allo scarico da A.Ri.C.A. a causa del procedimento prescrittivo emanato dalla Regione Veneto. Di rilievo, inoltre, la constatazione circa l'effettiva persistenza di PFAS, in alcun modo intaccato dal processo produttivo (sgrassaggio, verniciatura in cataforesi) e poi depurativi.

2.5 Valutazione di soluzioni alternative/integrative al ciclo idrico di stabilimento

2.5.1 Soluzione con derivazione acque dall'acquedotto pubblico

Questa soluzione è quella che garantirebbe un pressoché immediato rispetto dei limiti allo scarico imposti da A.Ri.C.A.; ma a quale prezzo in termini di sostenibilità ambientale ed economica? L'ente gestore del servizio idrico-potabile fornirebbe acqua per il ciclo produttivo di stabilimento già conforme ai limiti di concentrazione previsti per il successivo scarico del depuratore in pubblica fognatura, detto che, come espresso ai capitoli precedenti, la ditta non contribuisce alla contaminazione da PFAS.

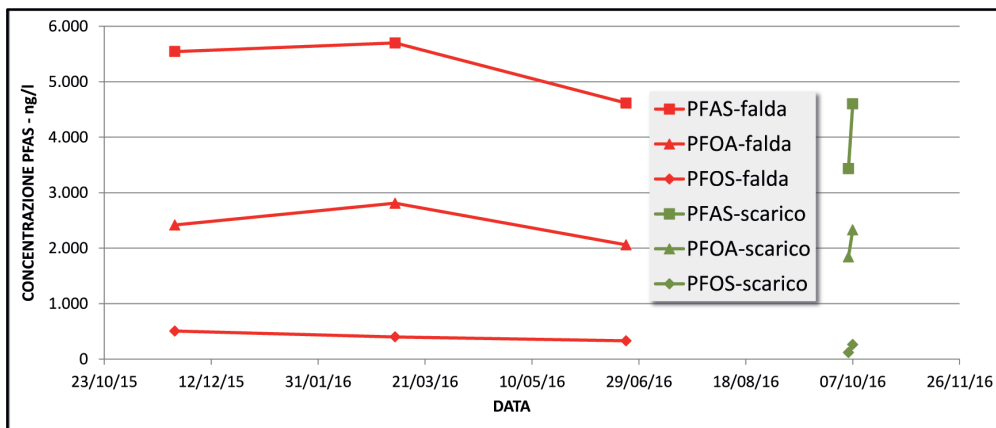


Fig. 4 – Grafico con le curve di raffronto tra PFAS, PFOA e PFOS

Di contro però, la ditta resterebbe vulnerabile rispetto a possibili interruzioni o riduzioni sotto la soglia di portata richiesta dal ciclo produttivo da parte dell'ente gestore (cosa molto probabile se tutte le realtà industriali della zona scegliessero la stessa soluzione).

Inoltre, si avrebbe una contraddizione sostanziale circa l'utilizzo di acqua potabile in un ciclo industriale, con tutte le ricadute del caso sia in termini ambientali sia di costo. Tra queste vi è lo spreco della risorsa acqua potabile, non legata al consumo umano, ma anche ai maggiori e ingiustificati consumi energetici dovuti al trattamento di potabilizzazione dell'acqua.

I costi in più che la ditta si troverebbe ad affrontare, invece, riguarderebbero due aspetti:

- Costi d'investimento, per la realizzazione di un nuovo e specifico allaccio all'acquedotto pubblico e la posa di una tubazione dedicata a servizio del ciclo produttivo di stabilimento;
- Costi d'esercizio, di fornitura e adeguamento prevalenza dell'acqua potabile.

2.5.2 Stato dell'arte delle tecnologie di trattamento dei PFAS

Le sostanze perfluoro alchiliche (PFAS) hanno trovato vasto impiego in svariati campi industriali e nella produzione commerciali sin dagli anni 60 grazie alle loro proprietà tensioattive. Tra le loro applicazioni rientrano la produzione di composti anti macchia per tessuti, produzione di fluoropolimeri, rivestimenti impermeabilizzanti e schiume antincendio (Aqueous Film Forming Foams, AFFF). Solo nel 2009, però, i PFAS furono inseriti nell'Annesso B della Convenzione di Stoccolma sui componenti organici persistenti (POPs), nonostante già a partire dalla fine dagli anni 90 iniziò a crescere la consapevolezza degli effetti ambientali di tali composti.

La famiglia delle sostanze perfluorate comprende svariati composti con comportamenti e caratteristiche molto differenti tra loro. In particolare essi differiscono fortemente per il loro comportamento ambientale, ripartizione e concentrazione nelle matrici ambientali. Alcune sostanze, infatti, sono relativamente volatili mentre altre evidenziano una volatilizzazione trascurabile (per appunto PFOS e PFOA). Inoltre, a causa dei complessi fattori che controllano le interazioni tra queste sostanze e la matrice solida, diventa molto difficile la modellazione del fenomeno di dispersione e trasporto in falda.

Tra le sostanze perfluoro alchiliche, si ritrovano con maggiore abbondanza il perfluorotano sulfonato (PFOS) e l'acido perfluorooctanoico (PFOA), entrambi composti a catena lunga (con più di 8 atomi di carbonio), noti altresì per essere inquinanti persistenti, bioaccumulabili e tossici. Stante la ridotta tensione di vapore, che li rende sostanze scarsamente volatili, e considerati anche i bassi valori di K_{oc} (coefficiente che ne misura la ripartizione tra carbonio

organico dei terreni e l'acqua), i PFAS si diffondono primariamente nelle acque, per questo di effetto sia sulle acque sotterranee sia per le acque superficiali. PFOS e PFOA sono, infatti, largamente distribuiti in ambiente a scala globale grazie alla loro elevata solubilità in acqua, basso adsorbimento ai terreni e sedimenti e resistenza a degradazione biologica e chimica. In particolare, la struttura chimica di queste sostanze a catena lunga conferisce loro elevata resistenza alla degradazione biologica, foto ossidazione atmosferica, fotolisi diretta e idrolisi poiché i legami carbonio-fluoro richiedono molta energia per essere rotti. Le comprovate caratteristiche di stabilità chimica e resistenza ai processi di biodegradazione, riducono notevolmente i metodi chimici conosciuti in grado di garantirne un'ossidazione completa e limitano fortemente la possibilità di un trattamento biologico presso impianti di depurazione.

In particolare in merito alle tecniche di trattamento a oggi disponibili, è necessario premettere che, sebbene numerosi studi riguardino il trattamento di PFAS in acque potabili e reflue, risulta ridotta la casistica disponibile per il comparto acque sotterranee, per questo intendendo veri e propri trattamenti in situ.

Le tecnologie di bonifica propriamente dette, che investono trattamenti direttamente in situ per la matrice acque sotterranee consistono nella chemical oxidation (ISCO), piuttosto che trattamenti termici e stabilizzazione/solidificazione. Per quest'ultima tecnologia esistono già prodotti commerciali iniettabili nel sottosuolo, ma in generale la maturità di queste tecnologie, in rapporto alla specifica contaminazione da PFAS, è ancora limitata. Ancor più nel caso di realizzazione di barriere fisiche reattive, per cui la misura di maturità, efficienza e costi è ancora troppo aleatoria. Anche per l'unico caso preso ad esempio per il trattamento dei terreni insaturi, il soil flushing, sono evidenti le incertezze legate alla effettiva applicabilità della tecnologia. Questo perché diventa preminente la corretta ricostruzione del modello concettuale di sito, nel quale si identificano con esattezza le vie di migrazione dei contaminanti nel sottosuolo e il conseguente impatto sui terreni insaturi dove esercitare l'azione del soil flushing. Al momento, quindi, anche per le necessità della ditta (emungimento a fini produttivi), l'obiettivo non è quello di bonifica, piuttosto di trattamento delle acque emunte. In questo senso, la tecnologia di bonifica ex situ del pump&treat diventa di conseguenza la soluzione ideale per traguardare gli obiettivi sito specifici. Al contrario, il fattore limitante diventa l'identificazione e la scelta del tipo di trattamento, per cui, stante l'attributo di "contaminante emergente" e la bassa affinità verso la matrice solida, sono pochi sia i casi studio disponibili, sia i materiali a oggi sperimentalmente testati a scala pilota e quindi di full scale.

Il metodo di pompaggio e trattamento ex situ ha da sempre impiegato principalmente carboni attivi per rimuovere i contaminati, e anche in questo caso sono diversi i casi applicativi nel trattamento specifico dei PFAS. In tutti questi casi, i fattori limitanti sono stati sempre le basse concentrazioni in ingresso, i lunghi tempi di residenza, e gli equilibri dinamici di adsorbimento, per cui le sostanze a catena corta di carbonio (con bassa cinetica e minore adsorbimento), risultano sfavorevolmente trattenuti allorché si riducono i tempi di contatto e i letti fissi d'adsorbimento si saturano. Tuttavia, l'esperienza maturata a livello mondiale, dimostra che l'efficienza dell'adsorbimento a carboni attivi può variare notevolmente, anche favorevolmente, premettendo specifici test in colonna per la scelta del tipo di carbone maggiormente indicato alla contaminazione sito specifica.

Più recentemente e in alternativa al carbone attivo, sono state promosse diverse ricerche sulle resine a scambio ionico, non ultime quelle dell'Università di Padova e proprio per testarne l'efficienza sia a scala di laboratorio che di prova pilota, nel trattamento di acque reflue e di potabilizzazione del territorio vicentino contaminate da PFAS. I risultati ottenuti sono confortanti, con valori sensibilmente maggiori sia di efficienza sia della cinetica di adsorbimento rispetto ai carboni attivi, per cui a oggi sono già diversi i casi applicativi realizzati.

Sia i carboni attivi sia le resine a scambio ionico possono inoltre essere, se conveniente, rigenerate. Normalmente, la rigenerazione per i carboni attivi avviene per desorbimento termico

fuori dal sito presso impianti terzi autorizzati, mentre per le resine la rigenerazione avviene per solventi direttamente in sito e la brina risultante smaltita, per incenerimento, fuori dal sito presso impianti autorizzati.

Altri trattamenti comprendono la filtrazione a membrana oppure l'ossidazione, comanche la chiariflocculazione, processo che porta alla rimozione di solidi colloidali e sospesi e delle sostanze su questi adsorbiti. Quest'ultima ha un'efficacia compresa tra il 30% e il 90% per la rimozione di PFOA e PFOS, quando, però presenti in concentrazioni elevate, ossia da qualche mg/l fino a mg/l. La filtrazione a membrana è a oggi una tecnologia ancora poco valutata, tanto che se ne trova l'utilizzo solo in alcuni impianti di potabilizzazione e solo come trattamento di finissaggio, cioè dopo di quello preliminare a carboni attivi e con resine a scambio ionico. Anche l'ossidazione, da sola, non trova a oggi ancora impiego, se non in una logica di "treatment train" a precedere quella di filtrazione su carboni attivi e resine a scambio ionico.

Soluzione di pretrattamento sviluppate per il sito

Le soluzioni di pretrattamento sviluppate per l'utilizzo delle acque sotterranee del sito hanno previsto dunque un approccio conservativo, basate sulle tecnologie maggiormente consolidate del:

- Trattamento a carboni attivi,
- Trattamento a resine a scambio ionico;

con la possibilità di interscambio e/o utilizzo combinato di entrambi i materiali. Per le necessità espositive del presente articolo, la parte relativa al dimensionamento del sistema è omesso. Sarà possibile comunque richiedere ulteriori informazioni allo scrivente.

Il dimensionamento ha considerato il seguente fabbisogno idrico:

- Fabbisogno idrico attuale (proiezione 2016 – vedere anche Figura 5)
 - o Totale 65.000 m³/anno
 - o Portata media/massima 7,5/15 (nei mesi estivi) m³/h

- Concentrazione dei PFAS nelle acque di falda sotto al sito, Figura 3 nel testo
- Limiti per i PFAS imposti allo scarico in pubblica fognatura, Figura 2 nel testo

Altri dati caratteristici utilizzati, tipici però del carbone attivo, sono invece:

- Tempi di contatto, EBCT, fino a 20-30 minuti
- Tipologia di carbone, GAC minerale e PAC vegetale
- Rendimento di adsorbimento, 0,5% (anche inferiore per PFAS a catena corta)

Mentre per le resine a scambio ionico, sono:

- Tempi di contatto, EBCT, fino a 10-20 minuti
- Tipologia di resine, matrice polistirenica macro-porosa con ammonio quaternario e gruppo trietile
- Rendimento di adsorbimento, 1,5% (anche inferiore per PFAS a catena corta)

Le soluzioni concepite saranno, in ipotesi, in grado di rimuovere da 0,25 a 0,5 kg di PFAS in un anno secondo i volumi effettivamente emunti da pozzo, in questo abbattendo i valori di concentrazione al di sotto dei limiti allo scarico.

3. Conclusioni

Di rimando dalle sezioni precedenti, sono state valutate (Figura 6), secondo un criterio combinato costi e benefici, le tre diverse soluzioni d'intervento per il trattamento dei PFAS delle acque di falda. Sono stati distinti i costi d'investimento (capex) per adeguare e/o integrare l'attuale sistema di approvvigionamento idrico industriale, dai costi strettamente connessi all'esercizio e gestione (opex) dei sistemi per un arco temporale fino a dieci anni, quindi di breve e medio termine.

Dal confronto si evince come la soluzione dell'allaccio all'acquedotto pubblico sia di gran lunga quella più costosa, perché ai costi di scarico del depuratore, invariati rispetto a quelli per le due soluzioni di pretrattamento, si sommano quelli di fornitura dell'acqua potabile. Ciò,

nonostante iniziali minori costi capitali. Dal punto di vista dell'efficacia, l'allaccio all'acquedotto rimane indiscutibilmente la soluzione migliore, in quanto fornirebbe all'origine acqua già conforme ai limiti per i PFAS. Al contrario, però, rimane la contraddizione sostanziale di una scarsa sostenibilità ambientale, circa lo spreco di acqua potabile per uso industriale.

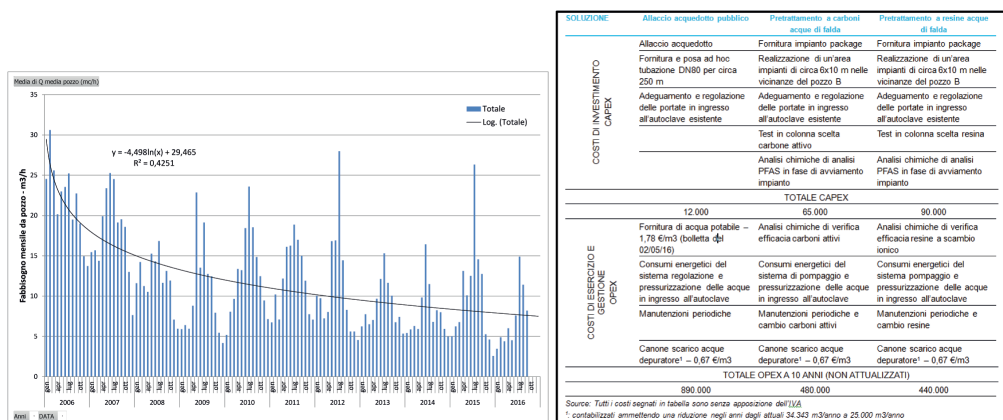


Fig. 5 – Fabbisogno mensile dal pozzo B Fig. 6 – Costi d'investimento e operativi

Sono invece tra loro comparabili le due soluzioni di pretrattamento, con la possibilità ulteriore di adottare soluzioni miste di intervento, ossia a massimizzare l'efficacia del trattamento mediante l'impiego di entrambi i materiali adsorbenti, evidentemente riarrangiabili nella sequenza e successione di filtrazione. Ciò detto, appare tecnicamente possibile impostare un pretrattamento delle acque di falda, e per questo, il ricorso a resine a scambio ionico, anche per la specifica attività di ricerca in corso sul territorio vicentino in collaborazione con università, enti gestori e produttori, sembrerebbe essere la soluzione con maggiori garanzie. Di fatto, però, sarà necessario uno specifico presidio ambientale dell'impianto atto a verificare, prima in fase di commissioning, e poi durante la conduzione, l'effettiva qualità degli effluenti nei diversi stadi di filtrazione del sistema, con particolare riferimento alle sostanze perfluoroalchiliche a minore adsorbenza – quelle a catena corta di carbonio – PFBA e PFBS. Ciò permetterebbe di eseguire quegli adeguamenti e ottimizzazione del sistema tali da rendere più efficace l'intero percorso multistadio di adsorbimento.

Lo scenario di costi prospettato, interpretabile con un margine di incertezza di $\pm 20\%$, potrà trovare maggiori riscontri in fase di progettazione esecutiva, conseguente ai preliminari test in colonna e a più approfondite indagini di mercato.

È invece indubbio e quantificabile il danno che la ditta si vede costretta a sopportare per l'impossibilità di usufruire del diritto già acquisito di utilizzo delle acque sotterranee. Questo, in conseguenza di una contaminazione diffusa da PFAS estranea allo stabilimento, che imporrebbe alla ditta, per continuare a produrre, extra costi fino a 300.000 € – non attualizzati – sul breve medio periodo di dieci anni.

Bibliografia

[1] ARPAV, Regione Veneto – “Contaminazione da PFAS, Periodo di riferimento: dal 14 giugno 2013 al 30 giugno 2017” RIASSUNTO DELLE ATTIVITÀ

L'applicazione della Water Footprint nel settore siderurgico in Sicilia

Ernesto Cocomero [1] ernesto.cocomero@gmail.com, Valeria Cristaldi [1], Arianna Di Bella [1],
Francesco Ventura [1], Guadagnuolo Vincenzo [2].

[1] Department Economic and Business, University of Catania, Catania (Italy)

[2] Acciaierie di Sicilia S.p.A., Catania, Italy

Riassunto

Il seguente paper analizza l'azienda Acciaierie di Sicilia S.p.A., leader nel settore siderurgico. L'azienda è l'unica in Sicilia ad avere ottenuto la certificazione volontaria SustSteel, la quale viene rilasciata esclusivamente alle società attive nella produzione di tondo per cemento armato. L'azienda sviluppa un modello di Green Economy teso a ridurre l'impatto ambientale mediante provvedimenti in favore dello sviluppo sostenibile, come l'uso di energie rinnovabili, la riduzione dei consumi e il monitoraggio dei corpi idrici. Quest'ultimo viene effettuato poiché la domanda di risorsa idrica negli ultimi anni è in drastico aumento. Al fine di quantificare la risorsa idrica consumata, è stato sviluppato il Water Footprint. Implementando questo strumento è possibile fornire un'indicazione sulla sostenibilità della risorsa acqua utilizzata.

Summary

This paper analyzes the company Acciaierie di Sicilia S.p.A., leader in the steel industry. The company is the only one in Sicily that has obtained the voluntary certification "Sust-Steel", which is issued exclusively to active companies in the production of reinforcing bars for buildings. The company develops a Green Economy model aimed at reducing the environmental impact through measures, which promote sustainable development, such as the use of renewable energies, the reduction of consumption and the monitoring of water bodies. The latter is carried out since the demand for water resources in recent years is drastically increasing. In order to quantify the water resource consumed, the "Water Footprint" was developed. By implementing this tool, it is possible to provide a sustainability index of the water resource used.

1. Introduzione

La scarsità di risorse idriche e le criticità riscontrate per la sua gestione, oggi, rappresentano una delle preoccupazioni più importanti a livello mondiale. Il problema della scarsità d'acqua, infatti, è divenuto un problema centrale all'interno del dibattito mondiale non solo economico ma anche istituzionale, politico e sociale. Per la riduzione dei consumi delle risorse idriche è necessario che si intervenga con:

- l'adozione di modelli e strumenti che permettono di favorire la gestione integrata dell'acqua, attraverso delle politiche che massimizzano in maniera efficiente le problematiche legate alle risorse idriche;
- l'implementazione di tecnologie, pratiche e know-how, che consentano di incrementare la

produttività dell'acqua al fine di spezzare la correlazione esistente tra la crescita economica, l'aumento demografico e l'incremento di consumo di acqua;

- l'attuazione di politiche di Water Neutrality, che consentirà di ottenere una riduzione del consumo di acqua utilizzata e la compensazione delle esternalità derivanti dallo sfruttamento della risorsa. Tale strumento permetterà, in concreto, la promozione di un impiego più efficiente dell'acqua;
- l'utilizzo di strumenti che consentiranno di internalizzare il costo dell'acqua nel prezzo dei prodotti. Questo potrà avvenire attraverso una valorizzazione economica delle risorse idriche, che permetterà di comprendere il corretto funzionamento dei mercati sui quali l'acqua viene scambiata, caratterizzati da un uso efficace ed efficiente dell'acqua, in grado di definirne con precisione il valore economico.

In ogni azienda, l'acqua rappresenta uno dei principali input di produzione, ma sul mercato esistono diverse tipologie di aziende che differiscono per il loro ciclo produttivo e per il maggiore utilizzo d'acqua, come nel caso delle aziende appartenenti al settore siderurgico. La risorsa idrica ha, infatti, un grande valore nel ciclo produttivo dell'acciaio, per il suo impiego nel raffreddamento dei macchinari e nel raffreddamento/condizionamento di materie prime, prodotti della lavorazione e materiali di scarto. Il ciclo di lavorazione non necessita, però, di un'elevata qualità di acqua, pertanto, i prelievi che vengono effettuati dagli acquedotti sono molto limitati e circoscritti essenzialmente agli usi civili. Inoltre è importante considerare che una parte dell'acqua prelevata, impiegata come fluido freddo negli scambiatori termici (raffreddamento indiretto), viene restituita all'ambiente senza avere subito di fatto nessuna contaminazione. L'altra acqua utilizzata nei siti, viene rilasciata nell'ambiente sotto forma di vapore, ottenuto dai diversi e opportuni trattamenti chimico-fisici. La scelta delle fonti di approvvigionamento e delle migliori soluzioni tecniche per i sistemi di raffreddamento è influenzata in modo significativo dalla localizzazione e dalle condizioni climatiche dei siti. Ad esempio impianti a ciclo integrale, situati in zone costiere, attingono direttamente dal mare e quindi le acque vengono impiegate per il raffreddamento indiretto degli impianti. Invece, gli impianti a forno elettrico, tipicamente situati in zone interne del territorio, usufruiscono delle acque prelevate principalmente da corpi idrici superficiali. Negli ultimi anni è cresciuta la responsabilità delle azioni antropiche sui sistemi naturali, e attraverso indicatori ambientali è possibile misurare il livello di sostenibilità. Attraverso lo studio dell'impronta idrica (Water Footprint) è possibile quantificare il volume totale annuo di acqua dolce, utilizzata per produrre beni e servizi. Per migliorare e sviluppare un modello di Green Economy, teso a ridurre l'impatto ambientale e lo spreco di risorsa idrica, bisogna focalizzare l'attenzione su un tipo di economia incentrata sullo sviluppo sostenibile. L'obiettivo di questo paper, nell'ottica di sviluppare un'economia verde, è quello di proporre l'utilizzo dell'indicatore Water Footprint all'azienda leader nel settore della produzione di acciaio in Sicilia, Acciaierie di Sicilia S.p.A, al fine di apporre un controllo puntuale dei corpi idrici, calcolando il volume di acqua dolce utilizzata per l'intero ciclo produttivo. Tale strumento consentirà all'impresa di conseguire importanti vantaggi: il miglioramento dell'immagine nei confronti dei clienti e un ridotto impatto ambientale.

2. Il settore siderurgico e la Water Footprint

La "Water Footprint" (WF, dall'inglese: "impronta idrica") è un indicatore del consumo di acqua dolce che include sia l'uso diretto che indiretto di acqua da parte di un consumatore o di un produttore. L'impronta idrica di un singolo, una comunità o di un'azienda è definita come il volume totale di acqua dolce utilizzata per produrre beni e servizi, misurata in termini di volumi d'acqua consumati (evaporati o incorporati in un prodotto) e inquinati per unità di tempo [1] Qualunque cosa usiamo, indossiamo, compriamo e mangiamo ha bisogno di acqua per essere realizzata. L'impronta idrica può essere misurata per un singolo processo,

un prodotto, o anche per un'intera azienda multinazionale. La Water Footprint può, inoltre, indicare quanta risorsa idrica viene consumata da uno specifico paese, da un bacino fluviale o da una falda acquifera [2]. La sua applicazione consente di sapere quali sono le attività che consumano troppe risorse ed individuare delle strategie volte a ridurre gli impatti ambientali. Nel "Water Assessment Manual" [3] viene presentato un metodo rigoroso per comprendere l'impatto sulle risorse idriche da parte di un'azienda, utilizzando uno standard globale al fine di valutare singoli processi produttivi, prodotti, imprese o nazioni. In particolare, secondo il manuale, l'impronta idrica viene calcolata al fine di comprendere come le risorse idriche vengono attribuite ai vari scopi, per definire il rischio ambientale, per ridurre l'impronta idrica e per ottenere una certificazione ambientale. L'impatto che si ha sull'ambiente dipende da dove viene presa la risorsa idrica e quando. Se proviene da un luogo in cui l'acqua è già scarsa, le conseguenze possono essere disastrose e richiedono provvedimenti. La Water Footprint prende in considerazione sia l'uso diretto che l'uso indiretto dell'acqua e include il consumo e l'inquinamento idrico attraverso tutto il ciclo della produzione, a partire dalla catena di distribuzione fino al consumatore finale.

La Water Footprint è data dalla somma di tre componenti: Green WF (acqua verde), Blue WF (acqua blu) e Grey WF (acqua grigia). L'acqua verde è il volume di acqua piovana che non contribuisce al ruscellamento superficiale e si riferisce principalmente all'acqua evapo-traspirata per un utilizzo agricolo. L'acqua blu si riferisce al prelievo di acque superficiali e sotterranee destinate ad un utilizzo per scopi agricoli, domestici e industriali. È la quantità di acqua dolce che non torna a valle del processo produttivo nel medesimo punto in cui è stata prelevata o vi torna, ma in tempi diversi. Infine, l'acqua grigia rappresenta il volume di acqua inquinata, quantificata come il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti al punto che la qualità delle acque torni al di sopra degli standard di qualità. Suddividere l'acqua consumata in queste tre categorie è utile al fine di monitorare ed individuare gli eventuali danni che ne potrebbero scaturire. Negli anni si è cercato di emanare delle norme per la misurazione e la standardizzazione della Water Footprint, come per esempio la ISO 14046[4] del 2014, la quale fornisce requisiti e linee guida per la valutazione dell'impronta idrica. Applicando la Water Footprint all'oggetto di analisi, il settore siderurgico, è possibile monitorare e valutare la qualità dell'acqua in entrata ed in uscita dell'azienda.

Oggigiorno, il calcolo del Water Footprint nelle industrie siderurgiche è ancora alle fasi iniziali. Per il calcolo del WF, difatti, non esiste una metodologia univoca pertanto si è progettato un modello che fosse in grado di valutare l'impatto ambientale dei consumi idrici. Naturalmente, l'utilizzo della risorsa idrica cambia al mutare del settore merceologico considerato. «Tre settori manifatturieri esercitano una elevata domanda di acqua, utilizzando da soli un terzo del volume totale nazionale. Il primo di questi – dettaglia l'Istat – è il settore Chimica e dei prodotti chimici (681 milioni di metri cubi), seguito dal settore Gomma e materie plastiche (645 milioni di metri cubi) e dal settore Siderurgia e metalli di base (552 milioni di metri cubi)». I consumi di acqua dell'industria siderurgica sono tra i più alti di tutte le attività secondarie: l'acqua viene impiegata per la produzione di ghisa, di acciaio ed operazioni di laminazione e finitura dell'acciaio stesso. Solo per laminare a freddo e ridurre in tubi una tonnellata di acciaio occorrono dagli 80.000 ai 100.000 litri di acqua. Per un'industria siderurgica con circa 5.000 addetti, la richiesta di acqua equivale al fabbisogno di una città con una popolazione di circa 420.000 abitanti[5]. Inoltre, l'indicatore denominato "intensità d'uso dell'acqua" (Water use intensity indicator – Wui) offre un ulteriore livello d'indagine, fornendo una misura del volume di acqua necessario per generare un'unità di valore della produzione per settore manifatturiero: in dettaglio, calcola il rapporto fra la quantità d'acqua utilizzata e il valore della produzione venduta nell'anno, in euro[6]. Per quanto riguarda il concetto di impronta idrica, oltre all'autorevole lavoro concettuale e teorico, il Water Footprint Network ha inoltre fornito il metodo di calcolo ufficiale con l'obiettivo di ottenere una standardizzazione dei dati

e consentire quindi l'applicazione globale. Il Water Footprint Network ha fornito un'equazione standardizzata per il calcolo di ciascuna delle tre componenti qualitative dell'impronta idrica (WF): acqua blu (WF_b), grigia (WF_g) e verde (WF_v).

$$WF = WF_b + WF_g + WF_v$$

Per quanto riguarda il calcolo dell'impronta idrica di un paese (WFP, l'anno), questa è pari al volume totale di acqua utilizzata, direttamente o indirettamente, per produrre i beni e i servizi consumati dagli abitanti di quel paese. L'impronta idrica di una nazione ha due componenti: l'impronta idrica interna (IWFP) e l'impronta idrica esterna (EWFP), come segue[7]:

$$WFP = IWFP + EWFP$$

3. Acciaierie di Sicilia S.p.A.

Acciaierie di Sicilia, creata nel 1973 ma entrata a far parte del gruppo Alfa Acciai dal 1998, dedicata alla produzione di tondo per cemento armato in barre o rotoli, costituisce l'unica acciaieria presente sul territorio siciliano. Ubicata nella zona industriale di Catania, essa rappresenta per il gruppo Alfa Acciai un importante riferimento per quanto riguarda il mercato dell'Italia meridionale. Inoltre, è visibile la sensibilità che acciaierie di Sicilia mostra verso l'ambiente e il territorio circostante; infatti, grazie alla sua attività di riciclaggio dei rottami ferrosi ed a un sofisticato impianto di abbattimento fumi, essa riesce a minimizzare l'impatto sull'ambiente rendendo il sogno di una industria sostenibile realtà. L'obiettivo dell'ecosostenibilità viene confermato anche dalle molteplici certificazioni "ambientali" tra cui EN ISO 14021[8], ISO 14025[9] EPD e LCA [10]. Oltre a ciò Acciaieria di Sicilia è una delle prime aziende ad aver ottenuto la certificazione volontaria SustSteel, un marchio che ha come fine quello di promuovere la sostenibilità all'interno del settore siderurgico.

È evidente che Acciaieria di Sicilia punta al miglioramento continuo, difatti, recentemente il sistema di abbattimento fumi, già all'avanguardia, viene da poco implementato con un nuovo impianto di abbattimento ai carboni attivi che riesce a dare prestazioni migliori in termini di impatti atmosferici. Durante il processo produttivo vengono effettuati accurati controlli, a partire dall'entrata dei rottami nel processo; essi vengono analizzati, attraverso controlli radiometrici, per verificare la presenza di materiali radioattivi. In seguito si effettua la fusione dei rottami in un forno ad arco voltaico. Il raffreddamento dei prodotti viene effettuato con acqua proveniente da un ciclo chiuso; difatti il 97% dell'acqua utilizzata è riciclata, la sola acqua non riciclata è quella che evapora. L'acciaio liquido del forno verrà poi spostata in colata continua per ottenere il semiprodotto denominato billette. Su queste vengono effettuati controlli di tipo visivo per verificare che non vi siano deformazioni nel prodotto finale.

Il successivo passaggio nel reparto di laminazione a caldo permetterà di ottenere tondo per cemento armato in barre o rotoli di diversi diametri, il prodotto finale dell'azienda.

La diversificazione del prodotto è dovuta alle diverse caratteristiche presentate dai manufatti, in grado di rispondere alle esigenze del consumatore.

Prima dell'immissione sul mercato, si effettueranno le prove di trazione sul prodotto finito per verificare il rispetto delle norme. Il prodotto finale è costituito per il 98% di materiale riciclato, una percentuale altissima rispetto a molti altri materiali per costruzioni.

4. Implementazione e Vantaggi della Water Footprint

Una delle più importanti risorse fornite dall'ambiente è l'acqua, utilizzata all'interno della filiera a diversi livelli: produzione, trasformazione, commercializzazione. Per misurare la quantità di acqua utilizzata nei vari passaggi è essenziale riferirsi a quella che, nella metodologia di calcolo della Water Footprint, viene chiamata Blue Water, vale a dire l'acqua dolce di superficie o di falda utilizzata per produrre beni e servizi [11].

Le opportunità connesse all'applicazione della Water Footprint, metodologia legata al risparmio idrico nelle aziende, dipendono dalle strategie per la minimizzazione del consumo di

acqua che vengono adottate. L'azienda che adotta un monitoraggio dell'acqua ha come obiettivo quello di ottimizzare l'utilizzo della risorsa idrica, nella consapevolezza che un risparmio idrico comporta un risparmio economico. Il risparmio idrico in azienda si traduce in benefici economici legati a:

- Minori costi di approvvigionamento idrico;
- Minori costi per il trattamento e lo scarico in fognatura delle acque reflue (volumi più ridotti che affluiscono agli impianti di trattamento o che sono scaricati in fognatura);
- Minori costi energetici (più bassi volumi di acqua all'interno dell'impianto);
- Riduzione delle sostanze chimiche da utilizzare nei processi.

Per poter implementare il concetto di Water Footprint bisogna che venga adottato un manuale "The Water Footprint Assessment Manual". Tale manuale presenta un metodo scientificamente rigoroso per aiutare l'azienda a comprendere il loro impatto sulle risorse idriche e mostra come vengono calcolate le impronte del singolo processo produttivo e dell'azienda. Per un'azienda, il calcolo del Water Footprint può essere effettuato al fine di ottenere diversi obiettivi: valutare come le risorse idriche sono attribuite ai vari scopi; individuare dove l'impronta idrica viola i requisiti locali della qualità ambientale delle acque; ridurre l'impronta idrica; definire il rischio ambientale; inserire i dati nell'etichettatura dei prodotti.

L'azienda Acciaieria di Sicilia si pone in maniera positiva nei confronti dell'ambiente, ponendo particolare attenzione all'analisi delle proprie acque di scarico e di processo, dei rifiuti e dell'emissioni in aria. L'azienda si avvale di un laboratorio, Sias s.r.l, che fornisce servizi di analisi chimica e di consulenza, dove i tecnici di prelievo eseguono dei campionamenti su le matrici ambientali.

Nella tabella sono riportati i dati ottenuti dalle analisi condotte dall'azienda Sias s.r.l, e vengono espressi i parametri per il campionamento, i valori e le soglie limite.

In questa tabella, l'esame è stato effettuato per le acque di scarico industriale, per la presenza di particelle in sospensione, incolore e inodore, che sono espressi in mg/L.

Il metodo di analisi è APAT CNR IRSA 1030 e la temperatura di conservazione è di 21,8 °C.

<i>Parametro</i>	<i>VALORE</i>	<i>DL</i>	<i>U.M</i>	<i>LIMITE</i>	<i>METODO</i>
TEMPERATURA	21,8	–	*C	–	APAT CNR IRSA 2100
Ph	7,9	–	UNITA'	5,5/9,5	APAT CNR IRSA 2060
SOLIDI SOSPENSIONE TOTALI	<1	1	mg/l	80	APAT CNR IRSA 2090

Tab.1 – Fonte: Acciaierie di Sicilia S.p.A.

Lo sviluppo futuro dei prodotti in acciaio sarà sempre più orientato alla sostenibilità economica, sociale e ambientale, utilizzando come strumento cardine le metodologie per l'analisi del ciclo di vita dei materiali (produzione, utilizzo, fine vita).

5. Conclusioni

La sostenibilità dell'acciaio non può, tuttavia, essere valutata con riferimento solo agli impatti associati ai processi produttivi, ma anche e soprattutto al ruolo fondamentale che i prodotti siderurgici rivestono nella società, attraverso i loro molteplici utilizzi. Nell'analisi del ciclo di vita e dell'impatto sociale dei materiali, l'acciaio ha un ruolo da protagonista legato agli infiniti campi di applicazione dei prodotti.

Implementando la Water Footprint si può trarre solamente utilità, poiché consente di aumentare l'efficienza dei processi produttivi, in termini di risparmio energetico, di risorse idriche

e di mezzi tecnici utilizzati, sia di conquistare nuove fette di mercato, attirando i clienti e i consumatori più sensibili alla qualità ambientale.

Bibliografia

- [1] <http://www.minambiente.it/pagina/cose-la-water-footprint>
- [2] <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>
- [3] Hoekstra A. - Chapagain A. - Aldaya M. - Mekonnen M., *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*, Earthscan, Londra, 2011.
- [4] ISO 14046:2014, Environmental management - water footprint - principles, requirements and guidelines.
- [5] <http://xoomer.virgilio.it/pgitl/acqua4.html>
- [6] https://www.istat.it/it/files/2016/03/Focus_acqua_2016.pdf?title=Le+statistiche+del+1%E2%80%99Istat+sull%E2%80%99acqua++21%2Fmar%2F2016++Testo+integrale+e+nota+metodologica.pdf
- [7] Antonelli M. - Greco F. - Consalvo C. - Sartori M. - Tavernini S., *L'impronta idrica dell'Italia*, WWF, Italia, 2014.
- [8] EN ISO 14021:2016 Environmental labels and declarations -- Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling).
- [9] ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures.
- [10] <http://www.alfaacciai.it/il-gruppo/storia>
- [11] Cicatiello C. - Pancino B. - Franco S., *Un modello per la valutazione della sostenibilità territoriale delle filiere agroalimentari: struttura e applicazione alla sfera ambientale*, Viterbo, 2012

Contaminazioni da PFAS: Proposta per un quadro di indagini specifico, basato su casi studio ed esperienze dirette

*Stefano Marconetto stefano.marconetto@golder.com, Jean Pierre Davit, Anna De Fina
Golder Associates Ltd., Ottawa, Canada*

Riassunto

Le sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) sono diventate uno dei principali focus emergenti di pubblico dominio, soprattutto a causa della loro presenza diffusa, della loro persistenza, del potenziale bio accumulativo e della loro tossicità. A causa del loro uso molto diffuso, si prevede che molti siti possano avere bisogno di essere indagati (e procedure di bonifica riaperte) per affrontare i potenziali rischi associati ad impatti da PFAS. Golder ha, pertanto, sviluppato un modello di indagine sequenziale specifico per i PFAS. L'approccio all'indagine PFAS è, infatti, unico in considerazione delle loro proprietà, differenti rispetto ai più comuni contaminanti, e considerando il gran numero di Acidi Perfluoroalchili (PFAA), di precursori e prodotti di ripartizione, in un contesto normativo in evoluzione. Il modello di indagine proposto è stato basato su esperienze dirette e raccoglie le diverse lezioni apprese e gli aspetti critici da considerare nelle diverse fasi di indagine, con l'obiettivo di costituire una guida o best practice per indagini PFAS.

Summary

Per and poly-fluorinated compounds (PFASs) have become one of the major emerging public domain focus areas, mainly due to their widespread presence, persistence, bioaccumulative potential and toxicity. Due to their widespread use in a variety of products and compounds, many sites may need to be investigated (and remediation procedures reopened) to address the potential risks associated with PFAS impacts and this class of pollutants may be critical for Site closure. Golder has therefore developed a PFAS-specific Site Investigation framework. The approach to PFASs investigations is, in fact, unique because of their properties, different from the most common contaminants, and considering the large number of Perfluoroalkyl Acids (PFAAs), precursors and breakdown products, in an evolving regulatory environment. The proposed Site Investigation framework is based on lessons learned from case studies and direct experiences with the aim of providing guidance or best practices for PFAS investigations.

1. Introduzione

Le sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS), incluso l'acido perfluoroottanico (PFOA) e l'acido perfluorottansolfonico (PFOS), sono composti chimici di sintesi usati dal 1940 in diverse applicazioni industriali e prodotti di consumo. Hanno proprietà versatili di resistenza all'olio, all'acqua ed al calore e sono stati utilizzati in diversi campi dalle schiume anti-incendio ai tessuti di abbigliamento, dalle pentole da cucina ai contenitori per alimenti, dai prodotti per la pulizia agli insetticidi. A causa dei numerosi impegni dei PFAS in diversi settori dell'economia, del loro utilizzo prolungato, ed in considerazione della loro elevata stabilità, scar-

sa biodegradabilità e potenziale bio-accumulativo, i PFAS rappresentano oggi contaminanti ubiquitari nell'ambiente, soprattutto quello idrico, e sono diventati uno dei principali focus emergenti di pubblico dominio [1,2,3].

Anche a livello normativo si registra un crescente interesse per i PFAS e numerose nazioni hanno aggiornato le relative direttive ambientali, includendo concentrazioni guida per alcuni PFAS, tra cui Regno Unito, Germania, Danimarca, Svezia, Olanda, Norvegia, Stati Uniti d'America [4,5], Canada e Australia. Anche in Italia l'Istituto Superiore di Sanità ha emesso un parere indicando delle concentrazioni obiettivo per le acque destinate al consumo umano [6].

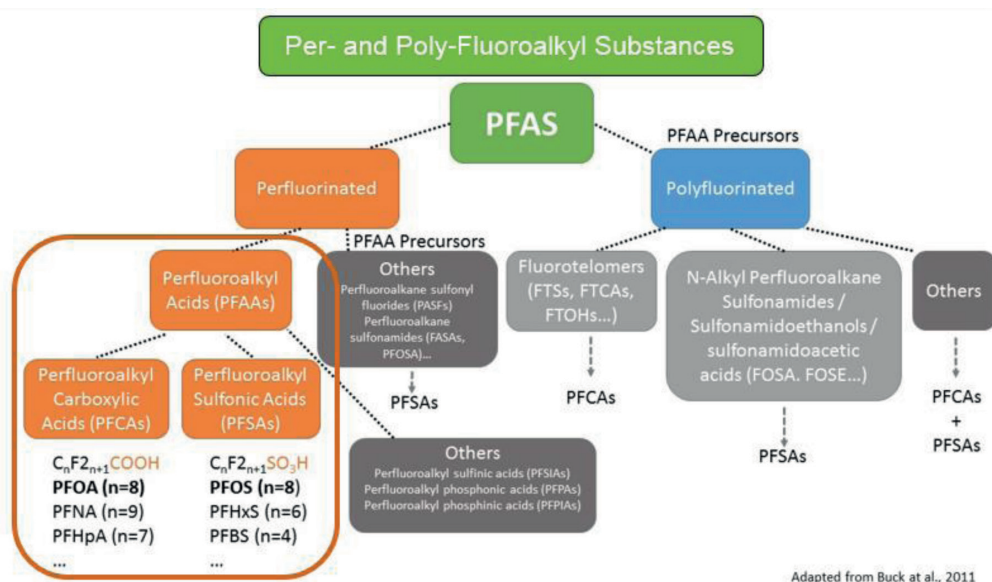


Fig. 1 – Famiglia dei composti PFAS

Tuttavia, affrontare contaminazioni da PFAS rappresenta una sfida, in tutto il mondo, sia per le Autorità che per i privati, proprietari di Siti, a causa della limitata esperienza, dei pochi riferimenti normativi e criteri metodologici, e delle peculiari caratteristiche di questi contaminanti, in grado di generare pennacchi di contaminazione molto estesi, sia nelle acque superficiali che in quelle di falda, potenzialmente tossici per l'uomo (a certe concentrazioni).

Golder ha, pertanto, sviluppato un modello sequenziale specifico per indagare i PFAS, basato su diverse esperienze dirette e sulle lezioni apprese in casi studio reali. Il quadro di indagine sequenziale proposto è descritto nel seguito e vuole rappresentare una guida o best practice per caratterizzare i PFAS, sulla base di metodi affidabili ma pratici ed aggiornato sulle ultime conoscenze in merito a questi contaminanti emergenti.

2. Relazione

Il modello di indagine sequenziale specifico per indagare i PFAS, sviluppato da Golder, prevede i seguenti sei step successivi:

1. Selezione e individuazione dei Siti prioritari da investigare
2. Analisi e revisione dei dati storici disponibili per il Sito
3. Sviluppo di un Modello Concettuale preliminare per il Sito

4. Progettazione ed esecuzione di indagini preliminari
5. Aggiornamento del Modello Concettuale del Sito
6. Progettazione ed esecuzione di indagini di dettaglio.

2.1 Selezione ed individuazione dei Siti prioritari da investigare

I PFAS sono composti ormai ubiquitari nell'ambiente e sono stati impiegati in numerose applicazioni industriali e prodotti di consumo. La scelta dei siti da investigare per i PFAS deve, quindi, passare da un processo di screening che permetta di individuare i Siti prioritari e potenzialmente critici, sulla base dei seguenti criteri:

- utilizzo in passato di PFAS e potenziali sorgenti primarie;
- tipo di Sito in relazione al potenziale utilizzo di PFAS (discariche, aree di esercitazione antincendio e stabilimenti con lavorazioni superficiali);
- vulnerabilità idrogeologica associata alla potenziale migrazione dei contaminanti;
- presenza di recettori sensibili (pozzi ad uso idropotabile, acque superficiali, etc)
- coinvolgimento e rilevanza per la comunità.

2.2 Analisi dei dati storici disponibili per il Sito

Una volta selezionati i Siti da caratterizzare prioritariamente per i PFAS è necessario analizzare e rivedere tutte le informazioni storiche ed attuali sul Sito per la successiva costruzione del Modello Concettuale preliminare. Sulla base dell'esperienza pregressa e delle lezioni apprese su diversi casi studio si suggerisce di:

- fare un inventario di tutte le sostanze utilizzate ed acquistate in passato con attenta analisi alle schede di sicurezza dei prodotti ed a potenziali sversamenti pregressi registrati (anche attraverso l'analisi di foto aeree ed interviste al personale di Sito);
- prendere nota delle date, poiché la composizione dei PFAS è variata nel tempo e le sorgenti possono essere attive anche decenni dopo l'ultimo utilizzo di PFAS; la composizione dei PFAS nelle matrici ambientali, inoltre, può essere diversa dalla composizione della sorgente primaria a causa delle diverse proprietà chimico-fisiche degli isomeri individuali;
- includere nell'analisi anche le attività di bonifica eventualmente eseguite sul Sito per altri contaminanti. Tecnologie quali Pump&Treat, ISCO, biopile, landfarming ed enhanced bioremediation hanno un potenziale effetto anche sulla composizione dei PFAS e sulla loro distribuzione (possono modificare la composizione dei PFAS e potenzialmente aumentarne la mobilità).

2.3 Sviluppo del Modello Concettuale preliminare per il Sito

Il terzo step prevede lo sviluppo di un modello concettuale preliminare per il Sito (CSM) sulla base delle informazioni raccolte ed analizzate durante lo Step 2. In questa fase è necessario identificare le potenziali sorgenti, le vie di migrazione, i bersagli potenzialmente esposti ed eventuali lacune del CSM da sviluppare con il successivo piano di indagine. Per alcuni Siti tipici, contaminati da PFAS, nel seguito si riportano alcune considerazioni utili per lo sviluppo del CSM

- Aree di esercitazione antincendio: contaminate prevalentemente da PFAS C6-C8, le concentrazioni diminuiscono rapidamente nei suoli con la profondità, compresenza di contaminazioni da idrocarburi/solventi, zona sorgente anaerobica, bonifica on-site di suoli contaminati da idrocarburi può costituire sorgente secondaria.
- Discariche: percolato è la principale sorgente di PFAS, con elevate concentrazioni di PFAS a catena corta, compresenza di altri contaminanti, zona sorgente anaerobica, trattamento del biogas e trattamento del percolato possono costituire sorgenti secondarie con elevate concentrazioni di PFAS.

- Industria galvanica: tipicamente PFOS e PFSA C4-C6, sorgente primaria dallo scarico dell'impianto trattamento acque e dallo smaltimento dei fanghi. Emissioni in atmosfera costituiscono sorgente secondaria.
- Processi di trattamento superficiale: impianti di trattamento acqua, emissione in atmosfera e smaltimento dei rifiuti sono le sorgenti primarie. PFCA sono i contaminanti prevalente, potenzialmente compresenti con idrocarburi/solventi. Il processo di trattamento dell'acqua può incrementare la concentrazione di PFAA allo scarico. PFAS assorbite sui materiali ed attrezzature può agire come sorgente secondaria per molto tempo.

2.4 Progettazione ed esecuzione di indagini preliminari

Questo step consiste nello sviluppo di un piano di investigazione dove i punti di indagine e le matrici sono selezionati sulla base delle caratteristiche del Sito e gli obiettivi del progetto. I punti di campionamento dovrebbero fornire informazioni sulle potenziali vie di migrazione dei contaminanti con particolare attenzione ad eventuali bersagli (acque superficiali e punti di captazione di acqua potabile). Considerando i bassi limiti di rilevabilità analitica e le basse concentrazioni limite, previste dalla normativa internazionale, il piano di campionamento per i PFAS necessita di precauzioni aggiuntive per ridurre il potenziale di contaminazioni incrociate e falsi risultati positivi. Alcuni accorgimenti, sulla base dell'esperienza pregressa sono riportate nel seguito:

- Lavare le attrezzature con acqua di acquedotto o da tanica, che sia stata preventivamente analizzata per PFAS
- Utilizzare attrezzature ed abbigliamento in polietilene, vinile o PVC
- Usare creme solari e repellenti per insetti fatti con soli ingredienti naturali
- Implementare un rigoroso programma QA/QC con campioni di bianco (Field, trip, equipment) e prelievo di campioni di background
- Analizzare come screening iniziale la massa totale di PFAS per misurare l'entità della contaminazione (nel macro gruppo PFAS sono inclusi centinaia di precursori che possono trasformarsi in PFSA e PFCA e quindi costituire una criticità).
- Selezionare gli analiti da determinare sulla base della sorgente primaria, anche se non normali, poiché possono fornire importanti elementi per il modello di trasporto dei contaminanti, l'analisi di rischio e la possibile bonifica

2.5 Aggiornamento del Modello Concettuale del Sito

Gli esiti dell'investigazione preliminare sono utilizzati per aggiornare il Modello Concettuale del Sito, con individuazione delle sorgente primarie e loro composizione, entità della contaminazione, vie di migrazione e potenziali bersagli esposti. Per facilitare il processo di analisi dei dati si suggerisce di confrontare le concentrazioni di PFAA con la massa totale di PFAS per una quantificazione della massa potenziale dei precursori (cioè le sostanze che possono successivamente trasformarsi in PFAA). L'utilizzo di grafici radar può anche essere un utile strumento per verificare le concentrazioni relative di PFAA nella stessa matrice e tra matrici diverse, per facilitare la differenziazione tra sorgente primaria e plume. In aggiunta ad altre tecniche specifiche, i grafici radar sono anche estremamente utili per identificare, caratterizzare e separare sorgenti e plumes di origine diversa.

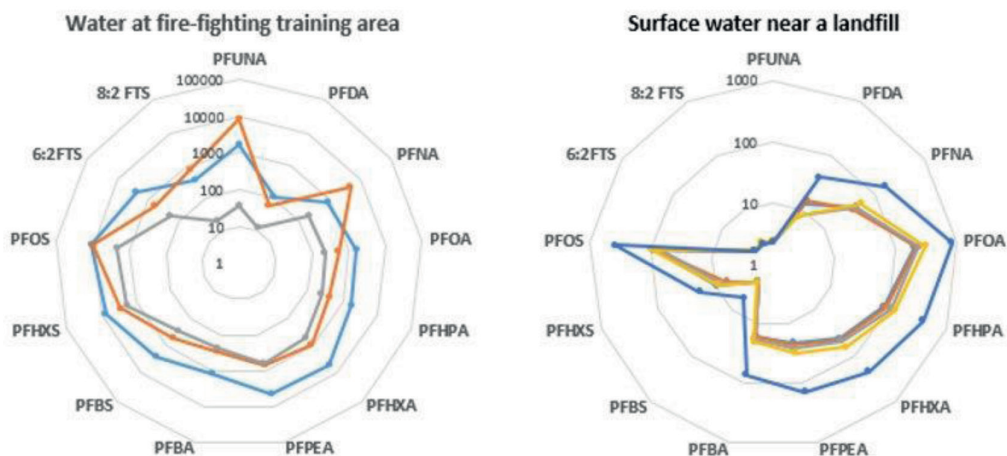


Fig. 2 – Grafici radar per interpretazione dei risultati delle analisi PFAS

2.6 Progettazione ed esecuzione di indagini di dettaglio

In questa fase si approfondisce la conoscenza delle sorgenti, le relative vie di migrazione e gli scenari di esposizione attuali e futuri con valutazione delle passività ambientali. L'analisi della composizione delle sorgenti primarie e secondarie e del pennacchio di contaminazione rappresenta uno strumento utile per la valutazione dei meccanismi di migrazione e l'individuazione di potenziali altre sorgenti di contaminazione. Si suggerisce di ricercare la massa totale di PFAS usando strumenti analitici come il Total Oxydizable Precursor (TOP) Assay, il rapporto tra PFAA e PFAS totale, gli isomeri ramificati vs quelli lineari, l'analisi quantitativa di selezionati precursori e l'analisi geochimica di altri componenti specifici.

Nella fase di indagini di dettaglio si suggerisce di valutare il contributo delle sorgenti nel lungo periodo, quale la potenziale lisciviazione da suolo e sedimenti, attraverso analisi specifiche, ed il campionamento del biota, per la valutazione della tossicità per la conduzione di analisi di rischio sito specifiche.

I dati ottenuti grazie a questo modello sequenziale specifico sono la base per una corretta ed efficiente caratterizzazione di siti contaminati da PFAS e sono la base essenziale da cui partire per sviluppare piani di bonifica.

3. Conclusioni

L'evoluzione nel quadro scientifico e normativo per PFAS è molto rapida. Si prevede che saranno sviluppati nuovi strumenti per la caratterizzazione dei Siti e i PFAS verranno introdotti nella normativa, anche per i composti attualmente non regolamentati o non analizzati (cioè C2-C3 PFAA e alcuni precursori). Golder ha pertanto sviluppato un modello sequenziale specifico per la caratterizzazione dei PFAS in siti potenzialmente contaminati. Le lezioni apprese da esperienze pregresse dirette sono state raccolte da Golder per indicare gli aspetti critici da considerare in fase di indagine e sviluppo del modello concettuale, in modo da produrre una sorta di linea guida o best practice da applicare in altri contesti e successivamente adattare, sulla base dei futuri sviluppi in materia.

Bibliografia

- [1] **Yingling, V.**, 2015. *Minnesota Megaplume Illustrates the Extreme Persistence and Mobility of Perfluoroalkyl Acids (PFAAs) in the Environment*. Poster.
- [2] **ASTSWMO**, 2015 “*Perfluorinated Chemicals (PFCs): Perfluorooctanoic Acid (PFOA) & Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) Information paper*”.
- [3] **Rodriguez-Jorquera I.A., Toor G.S.**, 2015 “*Contaminants in the Urban Environment: Perfluoroalkyl Substances*”.
- [4] **United States Environmental Protection Agency (USEPA)**, 2016a. *Final Drinking Water Health Advisory for Perfluorooctanoic Acid (PFOA)*.
- [5] **United States Environmental Protection Agency (USEPA)**, 2016. *Final Drinking Water Health Advisory for Perfluorooctane Sulfonate (PFOS)*.
- [6] **Istituto Superiore di Sanità**, Prot. 0001584 del 16/01/2014 “*Acqua destinata al consumo umano contenente sostanze perfluorate nella provincia di Vicenza e comuni limitrofi*”.

WATER CYCLE MANAGEMENT AND EXPLOITATION

DESALINIZZAZIONE E RISORSE IDRICHE ALTERNATIVE, RIUTILIZZO E USI MULTIPLI DELL'ACQUA PER RIDURRE IL CONSUMO IDRICO A LIVELLO DELLE CITTÀ O DEI BACINI

La scarsità dell'acqua riguarda attualmente l'11% del territorio Europeo e si prevede che detta percentuale aumenti al 30% nel 2030. La disponibilità e la qualità delle acque saranno influenzate sempre più dai seguenti fattori: l'introduzione dell'acqua marina nelle falde acquifere costiere, un più rapido esaurimento dell'ossigeno a causa delle temperature più elevate dell'acqua e un maggior contenuto di inquinanti che confluiscono nei corpi idrici dopo eventi pluviali intensi. Serve quindi ridurre il corrente impatto sulle risorse idriche naturali ed avere una gestione intelligente dell'acqua. La disponibilità di "acque multiple" a integrazione delle sorgenti di acqua dolce rappresenta una strategia importante a questo fine; l'adozione dell'economia circolare nel settore concorrerà al raggiungimento degli stessi obiettivi. Questo capitolo è dedicato alle strategie comunitarie e nazionali, come l'*Innovation Deal*", per affrontare tematiche quali il riutilizzo delle acque reflue urbane dopo il loro trattamento, la desalinizzazione dell'acqua di mare, l'efficienza dell'acqua e il suo riutilizzo negli edifici, nonché altre soluzioni in loco e decentrate pronte per essere lanciate sul mercato.

A cura di: **Università Politecnica delle Marche, Università di Verona, IRSA-CNR, Utilitalia, Confagricoltura, ISS, EU WssTP, IWA Italia e Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Andrea Rubini, *Piattaforma europea per la fornitura di servizi idrico-fognari (WssTP)*
- Tonino Bernabè, *Romagna Acque, Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo*
- Francesco Fatone, *Università Politecnica delle Marche, Consorzio SMART-Plant H2020 della UE, Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo*

LIFE ReQpro - Modello di recupero e riutilizzo delle acque reflue per produzioni vegetali di qualità

*Mantovi Paolo p.mantovi@crpa.it, Ligabue Marco – Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA, Reggio Emilia
Parabita Cosimo, Guglielmi Lorena – IRETI S.p.A., Reggio Emilia
Zanetti Paola, Panizzi Stefano – Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, Reggio Emilia
Moroni Fernanda, Monticelli Marina – Autorità di Bacino del Fiume Po, Parma*

Riassunto

Nel periodo 2014-2016 è stato attivato un modello di recupero e riuso ai fini irrigui delle acque di depurazione urbane in provincia di Reggio Emilia. Gli obiettivi tecnici del progetto condotto sono stati: i. la valutazione dell'efficienza del trattamento terziario, ii. la verifica degli effetti agronomici e ambientali derivanti dall'uso irriguo delle acque depurate, iii. la valutazione dei costi/benefici connessi a tale trattamento e dell'accettabilità sociale dell'uso delle acque trattate sulle coltivazioni. A questo scopo è stata condotta una campagna di rilevamento della qualità delle acque in uscita dall'impianto e lungo la rete dei canali irrigui, e un articolato lavoro di monitoraggio delle colture e dei suoli che ha consentito di appurare che il riuso irriguo delle acque reflue trattate non ha causato impatti negativi sulla qualità delle colture e sui suoli. Anche la ricaduta economica e sociale del modello di recupero e riuso è risultata positiva.

Summary

A model to reclaim and reuse wastewater for crop irrigation has been implemented in the 2014-2016 period in province of Reggio Emilia. The technical objectives are as follows: i. to verify the efficiency of the tertiary treatment, ii. to test the agricultural and environmental effects due to the wastewater reuse for crop irrigation, iii. to quantify the costs and assess the social acceptability of the implementation of the proposed practice. For this purpose the quality of the treated wastewater has been tested both on exit from the plant and down to the canals and the irrigated crops and soils have been monitored too. The agricultural reuse of treated wastewater did not cause any negative impact on the crops and soils quality. Also from the economic and social point of view, the proposed model showed positive results.

1. Introduzione

Il recupero e riuso delle acque reflue è una misura strategica per il territorio italiano, con la duplice funzione di riciclare ai fini produttivi una risorsa altrimenti non utilizzata e migliorare la qualità delle acque superficiali. Il recupero ai fini irrigui impone tuttavia un trattamento depurativo adeguato (trattamento terziario), in grado di restituire un effluente con standard di qualità elevati.

La materia è regolata dal Decreto Ministeriale n. 185 del 12 giugno 2003. In Emilia-Romagna il Piano di Tutela delle Acque (PTA) pone il riutilizzo delle acque reflue recuperate

come misura prioritaria per la tutela quantitativa delle acque dolci interne. Lo stesso piano contiene un elenco di impianti su cui avviare, prioritariamente, il riutilizzo delle acque reflue depurate. L'impianto di depurazione di Mancasale, che tratta le acque urbane della città di Reggio Emilia, è il primo in regione ad essere dotato di trattamento terziario finalizzato al recupero ai fini irrigui. Le acque vengono destinate ad un comprensorio irriguo a nord della città, di circa 2.000 ettari con le coltivazioni tipiche dell'area, che si caratterizza principalmente per le produzioni di formaggio Parmigiano-Reggiano e vino Lambrusco.

2. Relazione

2.1 Il Progetto LIFE

Finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Life Plus Ambiente, il progetto ReQpro – *A model to Reclaim and reuse wastewater for Quality crop production* ha dimostrato come contribuire alla protezione delle risorse idriche attraverso il trattamento e il recupero ai fini irrigui delle acque reflue di depurazione civile.

Gli obiettivi del progetto sono stati raggiunti attraverso l'attivazione di un modello che vede interagire tra loro, attraverso gli enti preposti ed i loro sistemi di comunicazione: un impianto di trattamento terziario delle acque reflue, la rete di canali per la distribuzione delle acque trattate nel bacino irriguo e un pool di aziende agricole che utilizzano tali acque per l'irrigazione delle colture.

Gli interventi sono stati realizzati a Reggio Emilia nel periodo 2014 – 2016. Gli attori del progetto, coordinato dal Centro Ricerche Produzioni Animali - CRPA S.p.A. sono stati l'Azienda multiservizi IRETI, che ha realizzato e avviato l'impianto di trattamento terziario, il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che gestisce la distribuzione delle acque irrigue, e l'Autorità di Bacino del fiume Po, responsabile della valutazione delle ricadute del modello testato. I cofinanziatori del progetto sono stati, oltre alla Commissione Europea, Iren Acqua Gas e la Provincia di Reggio Emilia.

ReQpro propone un tipico schema di economia circolare, i cui obiettivi sono:

- valutare l'efficienza e i costi di gestione di un impianto di trattamento terziario delle acque reflue, finalizzato al raggiungimento degli standard di qualità per il riuso irriguo;
- verificare gli effetti agronomici e ambientali dovuti alle acque reflue recuperate e distribuite in un bacino irriguo coltivato con colture di pregio;
- ottenere informazioni sulle buone pratiche relative al riuso, utili per supportare l'implementazione del piano di gestione del bacino del Po;
- estendere alla scala di bacino gli effetti ambientali ed economici delle pratiche di riuso proposte;
- accrescere la consapevolezza degli agricoltori sull'uso delle acque trattate.

2.2 Il trattamento terziario delle acque reflue

La stazione di trattamento terziario di Mancasale è alimentata dalle acque preventivamente trattate dall'impianto di depurazione municipale di Reggio Emilia. Le acque vengono sottoposte ad un processo combinato articolato nelle fasi di filtrazione su letto granulare multistrato, per la rimozione dei solidi sospesi, e ossidazione chimica con perossido di idrogeno seguita da irraggiamento a basso dosaggio UV. Questa seconda fase del trattamento, che è la parte innovativa dell'impianto, è stata scelta per ridurre/abbattere i residui di sostanze inquinanti e la carica batterica.

L'impianto ha una portata di circa 1.700 m³/ora ed è in grado quindi di trattare 6.000.000 di m³ di acque reflue nel corso della stagione irrigua, che si sviluppa di norma per circa 150 giorni, nel periodo aprile-settembre. Nel corso del 2016 sono stati recuperati ed avviati al

riuso 3.500.000 m³, su 5.500.000 m³ trattati. Anche nel corso del 2017 sono stati ampiamente superati i 5.000.000 di m³ trattati, praticamente tutti indirizzati al riuso irriguo.

2.3 La distribuzione delle acque irrigue

Il bacino irriguo servito dall'impianto è situato nella pianura a nord del depuratore urbano, ha una superficie agricola utilizzabile (SAU) di circa 2.000 ettari, serviti da più di 80 km di canali, potenzialmente interessati all'immissione delle acque depurate. Le colture irrigue prevalenti sono le tipiche primaverili-estive come mais, sorgo e pomodoro, le foraggere poliennali come erba medica e prato stabile, la vigna e alcune orticole (melone e anguria).

Il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che si occupa della gestione dell'irrigazione, prende in carico le acque reflue depurate, che entrano in circolo nella rete dei canali, miscelate con acque di superficie del fiume Po e del torrente Secchia in proporzioni variabili in funzione della stagione e della richiesta irrigua. Il Consorzio ha messo in atto una serie di azioni atte a tenere traccia e documentare le quantità di acque reflue distribuite e consegnate alle aziende. In particolare è stato implementato, testato e utilizzato un software per la gestione delle richieste irrigue in grado di rilevare le informazioni sugli appezzamenti serviti dal depuratore (coltura, tipo suolo, metodo irriguo, estensione dell'appezzamento), le informazioni sui proprietari dei terreni e dei relativi conduttori, sulla rete di distribuzione (canali e impianti necessari per servire ciascun appezzamento) e sulla fonte idrica (Fiume Po, Torrente Secchia, acque recuperate dal depuratore).

2.4 La qualità delle acque

Il monitoraggio periodico dell'impianto ha riguardato 60 parametri. I dati sono stati confrontati con i valori limite indicati dall'Accordo di programma stipulato tra le parti per la corretta gestione dell'impianto e delle acque reflue: durante il 2016 non si sono mai verificati sforamenti dei valori limite, a testimonianza del funzionamento corretto e costante del sistema di trattamento:

- la filtrazione a sabbia, insieme a UV/H₂O₂, ha consentito di abbattere solidi in sospensione e carica microbiologica (ad es. Salmonella, coliformi totali, *Escherichia coli*);
- anche gli inquinanti di natura chimica più critici, ad es. tensioattivi e oli minerali, vengono abbattuti con il trattamento combinato;
- anche gli altri parametri monitorati sono sempre risultati al di sotto del limite consistito;
- la combinazione dei due trattamenti ha evidenziato un buon risultato tecnico e economico e, quindi, applicabilità su scala reale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i valori rilevati per alcuni dei parametri monitorati sulle acque in uscita dall'impianto, confrontati con i valori limite.

PARAMETRI	U.M.	VALORE MEDIO	VALORE MINIMO	VALORE MASSIMO	Limite Accordo di Programma
E-coli IN	MPN/100 ml	44167	4568	240030	-
E-coli OUT canale principale	MPN/100 ml	2	0	34	1000

PARAMETRI	U.M.	VALORE MEDIO	VALORE MINIMO	VALORE MASSIMO	Limite Accordo di Programma
Tensioattivi IN	mg/l	0,32	0,1	1,5	-
Tensioattivi OUT	mg/l	0,31	0,1	0,9	1
Oli minerali IN	mg/l	<0,01	<0,01	0,06	-
Oli minerali OUT	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,05

Parametri	U.m.	Valore medio Ingresso	Valore medio uscita	Limite accordo di programma
pH	u. pH	7,7	7,8	6-9,5
SST	mg/l	3	0,8	35
BOD	mg/l	2,4	1,5	20
COD	mg/l	22,7	20,6	100
NH4	mg/l	0,77	0,42	5
N tot	mg/l	6,3	6,2	35
P	mg/l	0,95	0,91	10

PARAMETRI	U.M.	VALORE MEDIO INGRESSO	VALORE MEDIO USCITA	Limite Accordo di Programma
Conducibilità	uS/cm	1471	1476	3000
Boro	mg/l	0,22	0,21	1
Cloruri	mg/l	205	219	500
Bicarbonati	mg/l	402,8	401,5	500
Solfati	mg/l	95,8	95,3	500
Indice di SAR	-	3,22	3,26	10
Sodio	mg/l	146,3	150,3	200
Calcio	mg/l	118,4	118,4	-
Magnesio	mg/l	21,9	21,7	-

Tab.1 – Qualità delle acque in ingresso (IN) e in uscita (OUT) dall'impianto di trattamento

2.5 Il monitoraggio nelle aziende agricole

Il controllo agronomico e ambientale ha preso in esame l'acqua irrigua, proveniente da fonti diverse tra le quali l'impianto di trattamento e recapitata alle aziende per mezzo della rete irrigua, i prodotti agricoli raccolti e i terreni su cui sono stati coltivati.

Nel biennio 2014-2015 è stato effettuato un monitoraggio ex-ante, in assenza delle acque reflue: sono state controllate 8 aziende, 14 appezzamenti indicatori e 9 colture; sono stati analizzati ogni anno 15 campioni di acqua, 42 di prodotti vegetali e 42 di terreno.

Nel 2016, con l'utilizzazione irrigua delle acque depurate, il lavoro, più puntuale, ha riguardato 10 aziende, 23 appezzamenti indicatori e 9 colture; sono stati analizzati 40 campioni di acqua, 80 di prodotti vegetali e 75 di terreno.

Sulle acque sono sempre stati determinati la conducibilità, i nitrati, l'azoto e il fosforo totali, *Escherichia coli*. Su alcuni campioni si è aggiunto un repertorio analitico più ampio, che il Consorzio di Bonifica effettua nell'ambito della propria attività istituzionale; sui terreni sono stati quantificati i nitrati, il fosforo assimilabile e la conducibilità, sui vegetali raccolti i nitrati e *Escherichia coli*.

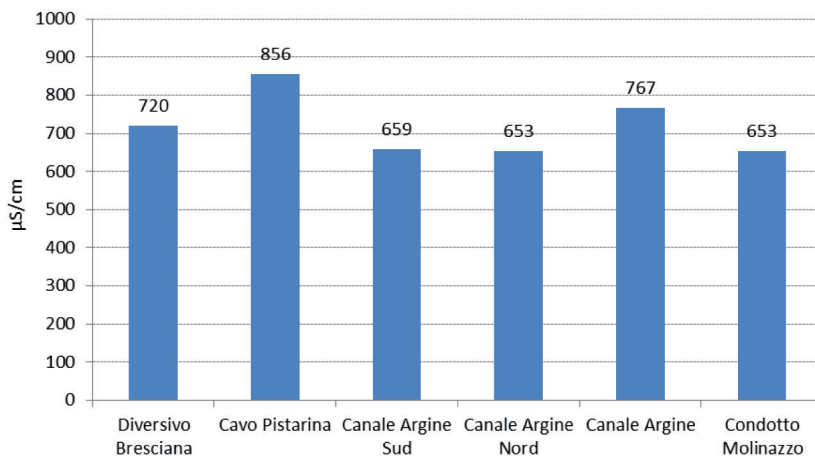


Fig. 1 – Conducibilità elettrica – valori medi 2016 in diversi canali del comprensorio

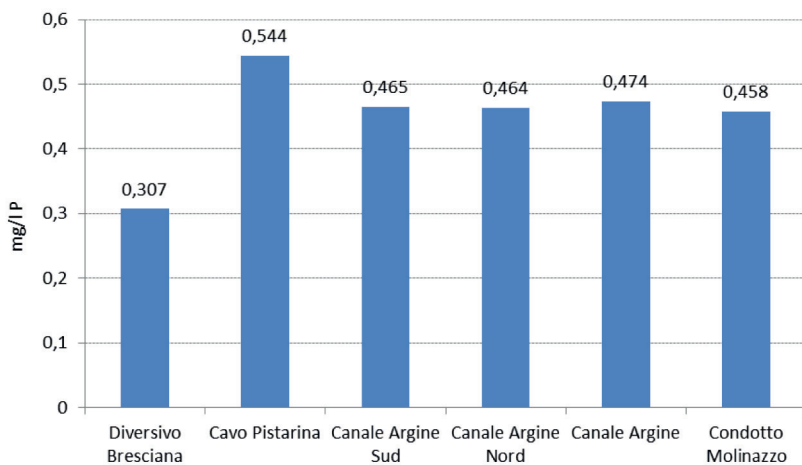


Fig. 2 – Fosforo totale – valori medi 2016 in diversi canali del comprensorio

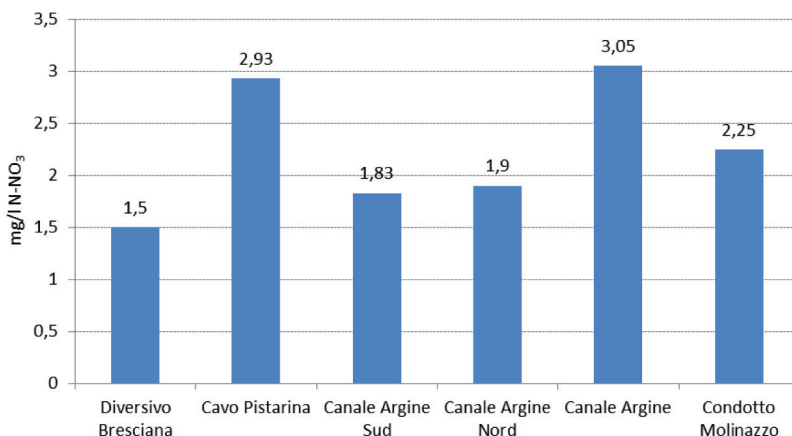


Fig. 3 – Azoto nitrico – valori medi 2016 in diversi canali del comprensorio

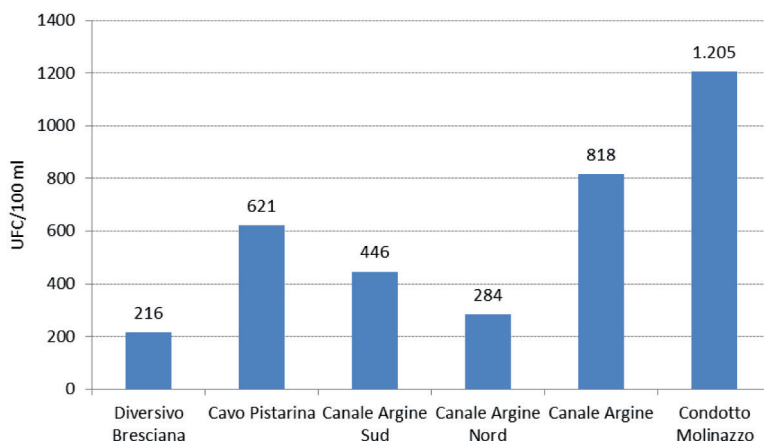


Fig. 4 – Escherichia coli – valori medi 2016 in diversi canali del comprensorio

Per quanto riguarda le acque la diluizione dovuta ad altre acque di superficie permette di raggiungere livelli di conducibilità elettrica che determinano «nessuna limitazione d'uso» delle acque (Fig. 1). Anche la concentrazione di fosforo risulta dimezzata a seguito di diluizione con acque superficiali (Fig.2). Nella norma i valori di nitrati e *Escherichia coli* (Figg. 3-4).

Il lavoro svolto su terreni e vegetali è scaturito in nessuna differenza tra la situazione ex-ante (2014 e 2015), in assenza delle acque trattate, rispetto a quella del 2016, nel corso della quale le acque trattate sono state presenti in proporzione variabile nel corso della stagione.

2.6 La validità economica e l'accettazione sociale

Ogni innovazione, ai fini di una sua applicazione su scala reale e estensione a contesti diversi, richiede un'attenta valutazione della sostenibilità economica e dell'accettabilità sociale.

Per quanto riguarda il primo aspetto è stata effettuata la classica analisi dei costi e benefici del modello di gestione in chiave sia finanziaria che economica, con un orizzonte temporale di 30 anni. Tra i principali costi figurano l'investimento iniziale legato alla costruzione dell'impianto

(~ 3M €) e la gestione dell'impianto stesso, i cui costi sono stati calcolati intorno a 0,065 €/m³); la stima dei costi di gestione non ha naturalmente considerato i costi legati al trattamento primario e secondario, cioè i costi dell'impianto di depurazione a monte del finissaggio.

Tra i benefici più rilevanti conseguenti al recupero delle acque reflue è stata considerata la diminuzione dei costi energetici legati alla minore necessità di sollevamento di acqua da Po e il diminuito impatto ambientale in termini di minore emissione di CO₂.

Tra le ricadute positive anche il miglioramento dello stato delle acque superficiali conseguente diretta del trattamento, anche se di non semplice quantificazione economica.

Il risultato finale dell'analisi economica indica che il VAN (Valore Attuale Netto), indice che rappresenta la ricchezza incrementale generata da un progetto, espressa come se fosse immediatamente disponibile, è positivo, superiore ai 2 milioni di euro.

Anche il REU, cioè il rapporto tra entrate ed uscite dell'investimento, è positivo poiché largamente superiore all'unità (1,8). Infine il tasso di rendimento dell'investimento, pari a 9,9%, è da considerarsi elevato, soprattutto in condizioni di scarsa dinamicità dell'economia come quelle attuali. Il beneficio economico dell'investimento è potenzialmente molto più alto in zone a maggiore scarsità idrica.

L'analisi dell'accettabilità sociale è stata realizzata per mezzo di oltre 50 questionari ad agricoltori e stakeholder della filiera agro-industriale.

In sintesi il 50% degli intervistati conosce il depuratore, il 56% pensa che il depuratore possa avere impatti negativi, legati in particolare agli odori, il 44% pensa che l'uso di reflui depurati abbia vantaggi e, infine, il 63% non percepisce nessun rischio legato al riuso delle acque trattate.

La conoscenza del depuratore è parziale, ma l'opinione è di sostanziale apertura e in larga parte guidata da ragionamenti tecnici, senza pregiudizi aprioristici. Il fatto che nel corso del primo anno di funzionamento dell'impianto non sia stata sollevata alcuna questione da parte degli agricoltori che hanno ricevuto le acque ne è testimonianza.

3. Conclusioni

L'impianto di trattamento terziario, che ha combinato la filtrazione a sabbia con il dosaggio di perossido di idrogeno e l'irraggiamento con raggi UV, ha consentito di abbattere in modo costante i solidi in sospensione e gli inquinanti di natura chimica e biologica presenti nelle acque in ingresso. Il sistema di distribuzione delle acque ha permesso di conoscere in tempo reale le quantità e l'origine dell'acqua distribuita alle aziende agricole; il riuso irriguo delle acque trattate, in miscela con acque di superficie, non ha avuto alcun impatto negativo sulla qualità delle colture e sui suoli. Anche la ricaduta economica del modello di recupero e riuso è risultata positiva, in ragione dei risparmi conseguenti al mancato sollevamento dal fiume Po e del miglioramento qualitativo delle acque irrigue dovuto al trattamento terziario messo in atto. Nel contempo è stato dimostrato che il depuratore, garantendo una quantità di acqua costante anche nei periodi di carenza idrica, contribuisce ad una gestione più efficiente delle acque disponibili nel comprensorio.

Stakeholders and cost-benefit analyses as valid tools for decision-making in water innovation

Andrea Rausa, a.rausa@ciaotech.com, Ciaotech s.r.l. (part of PNO Group) Via Napoleone Colajanni 4, 00191 Rome Italy

Riassunto

Quando si parla d'innovazione nel settore dell'acqua, sono necessari strumenti di supporto per aiutare decisori e amministratori a scegliere la migliore soluzione, tra le varie disponibili ed emergenti. Il presente articolo illustra i principali risultati di alcune attività degli ultimi 3 anni all'interno di progetti e iniziative Europee, durante le quali gli esperti di PNO hanno sviluppato e validato diverse metodologie per l'analisi degli stakeholder e l'analisi costi-benefici (CBA), che si sono dimostrati ottimi strumenti di valutazione e decisione sul livello di realizzabilità di nuove tecnologie e soluzioni per la disponibilità e la qualità dell'acqua in Europa e oltre.

Summary

When innovation in the water sector is concerned, supporting tools are needed to help decision makers to select the best solutions among many emerging for water availability and quality. The article presents the main results obtained during the last 3 years as part of water-related EU-funded projects and other initiatives, where PNO developed and validated specific methodologies for stakeholders analysis and cost-benefit analysis (CBA), which proved to be successful tools concerning the applicability and feasibility of water technologies and solutions in Europe and beyond.

Introduction

The recent WssTP Vision 2030 reaffirms the urgent need to solve emerging global water challenges, while confirming Europe's position in the global water-related economy (worth 63 Trillion Euro) [1]. Several water technologies and approaches to secure water availability and quality exist today in the market or are currently under development. However, deciding which one is the most environmentally, economically and socially appropriate for a specific context, application and market, can be often difficult. Decision-making support tools are needed to help decision makers and stakeholders on the ground to select the best solutions, also taking into account and negotiating among different approaches and needs, following the principle of "multiple waters for multiple uses" [1]. Previous studies revealed that, among other things, information on costs is a key gap in the support resources [2]. Economic analysis of different water technologies is often missing or out-of-date, while understanding implementation and maintenance costs is essential for decision making, as these costs often have implications for the long-term sustainability. To this end, techno-economic assessments (e.g. Cost-Benefit Analysis, Cost-Effectiveness Analysis, Multi-Criteria Analysis, business case, market or risk analysis, etc.) have been proposed and developed as useful tools to support

decision making in water innovation. On the other hand, the assessment, categorization and effective involvement of all stakeholders in the value chain(s) according to their interest to the project or the water solution, allows revealing and taking into account all the different points of view and needs, at the same time understanding the framework in which the water solutions will be eventually deployed.

1. Innovation stakeholders mapping and engagement

1.1. Stakeholders analysis

The traditional, definition of a stakeholder is “any group or individual who can affect or is affected by the achievement of the firm’s objectives” [3]. More recently, this concept has been extended within the paradigm of open innovation, and stakeholders can be considered “those individuals or groups who depend on the project to fulfill their goals and on whom, in turn, the project depends” [4]. In recent years, the mapping and management of stakeholder involvement within innovation projects is a task of growing importance [5]. The addition of stakeholder engagement to the open innovation model allows for greater understanding and easier acceptance of the risks inherent in the open innovation process [6], helping removing the barriers for their deployment.

To this end, a **stakeholders analysis** aims at the identification and categorization of the main players in a specific market segment or value chain, their role and their contribution to innovations, inventions or business. If effectively categorized, stakeholders can then be engaged by appropriate actions, using targeted channels, languages and tools, so as to support the innovation process, lowering the risks and maximizing the acceptance of the innovation.

1.2. PNO methodology for stakeholders mapping and engagement

In the last 3 years, PNO has developed and fine-tuned its own methodology for stakeholders analysis which can be used to answer the question “who is doing what” in a specific domain. The methodology has been applied and validated in several EU-funded projects (i.e. FP7-SPLASH [7], H2020-REE4EU [8], H2020-MEMERE [9], among many others) and commercial assignments with different type of organizations (large corporations, industries, associations of categories, research centres, etc..). PNO methodology is based on different modules that can be combined/adapted, i.e:

- **Mapping**, including both primary and secondary stakeholders [10];
- **Categorization**, according to their ‘position’ towards the project, using a set of pre-defined criteria such as: *knowledge base, attitude, influence, interest, criteria to assess the project, network* (example of categorization in Fig. 1)
- Setting up a **stakeholder list**;
- Conceiving and conducting a **survey** to receive feedback from stakeholders and involve them in the innovation process.

In order to perform the above-mentioned activities, PNO applies a mix of desktop research, brainstorming with project partners and also the use of specific proprietary IT tools, i.e. **InnovationPlace** [11], **Wheesbee** [12], embedding advanced semantic searching engines, and relevant innovation databases (e.g. EU CORDIS database, EU and international patent databases, Open Access Papers and Journals, etc..). PNO

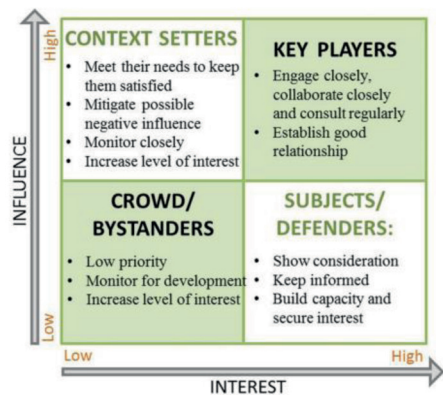


Fig. 1 – Stakeholder grid based on influence and interest (Source: PNO)

methodology has proven to be effective in different domains and sectors, and has been validated for different uses, therefore making it valid also for water innovation projects. To this end, part of it (i.e. the “categorization”) has been recently applied also in water innovation project, i.e. MADFORWATER [13].

2. Techno-economic assessment as supporting tool for decision making in water projects

Innovations can be disruptive in terms of novelty and performances, but if not sustained by an adequate techno-economic assessment (TEA) and related business plan they can fail to reach the market or effectively be deployed as expected. There are several types of TEAs for innovation projects, including Cost-Benefit Analysis, Cost-Effectiveness Analysis, Multi-Criteria Analysis, business case, market or risk analysis, etc.

TEAs support the assessment of parameters that link the technical performance of a new technology to its costs. Usually all costs are detailed and assessed in terms of capital (CAPEX) and operational costs (OPEX), and relevant metrics are developed, so as to allow for comparison of different technologies and applications. Comparison with final costs expected by technology providers, main client categories, and market actors in general are also carried out. These assessments are usually used for tasks such as [14]:

- Evaluate the economic feasibility of a specific project,
- Investigate cash flows (e.g. financing problems) over the lifetime,
- Evaluate the likelihood of different technology scales and applications,
- Compare economies of different technology applications providing the same service.

As declared by WsTTP in its SIRA 2030, there is a need of innovative business models for the water sector, aligning economic, financial, environmental, and social issues (customer centered business model) [15]. To this end, relevant TEAs are needed of mature and emerging water innovation solutions to select the best ones not only in terms of technical performances, but also (equally important) in terms of their readiness for market deployment, also taking into consideration (and thus ‘internalizing’) environmental and social aspects.

2.1. Cost Benefit Analysis (CBA) in water innovation projects

Cost-Benefit Analysis (CBA) is a method for economic assessment of a project, which quantifies in monetary terms all consequences of the project to all members of society [16]. It is used to support decision-making, by providing an overview of all costs and benefits of different alternatives. The method is widely used amongst national governments, but can also be used by other organizations to compare different projects. When applied to the context of water innovation, CBA could be a very useful method to provide insight into the costs and benefits of a water solution for society. However, in the assessment of, e.g. water reuse projects nowadays, economic feasibility is often the least studied component. In part, this is because external impacts of wastewater reuse, such as environmental benefits, are difficult to monetize. Nevertheless, interest for economic valuation of environmental impacts is growing [17]. The **main advantages** of CBA are [18]:

- **Overview of all effects, pros and cons** – insight is provided on the order of magnitude and the nature of the effects. It also forces to think in a concrete way about all the costs and benefits and when they occur, thereby providing information on the financeability of a project and the overall business case.
- **Enhanced comparability of alternative projects** – by expressing effects in the same units, thus helping in selecting the best solution to the problem.
- **Help in identifying who gets the benefits, thus improving the planning process and optimization of projects** - Especially if the outcome of the CBA is negative, this can provide insights on how the project can be improved or prevent the realization of projects that don’t benefit society.

Other identified advantages include: prevention of projects that don't benefit society; clarification of relevant stakeholders/citizen's interests; enhanced objectivity; facilitates alternative ways of thinking; technology developers think about implementation.

On the other hand, the **main identified disadvantages** of CBA are:

- **Risk of simplification:** like every model, CBA is a simplification of reality, and rely very much on the assumptions.

- **Monetization of externalities** is sometimes difficult (especially for environmental and health impacts).

- **Dependency on data from others and political context** – In order to conduct a CBA, data is needed about the project and the context in which it is implemented. This makes the outcome very dependent on the input from the stakeholders and the political context.

To overcome these problems, depending on the context in which is applied, CBA can be complemented by other analyses, i.e. considering also the environmental performance and the applicability in the local context (e.g. LCA, LCCA, social LCA, etc.).

A CBA generally consists of the following steps:

- Problem analysis,
- Definition of the project and the reference case,
- Estimation of costs and benefits,
- Monetization,
- Discounting future effects,
- Sensitivity analysis.

If we consider the status of development of a specific innovation over time, it is very important to perform CBA at the right moment. It is advisable that technologies under study have reached a certain level of maturity (TRL5-6) to be able to assess costs and other economic parameters, based on more precise assumptions and references. Main uncertainties about the technologies should have been solved.

A very important part of the methodology for CBA is the definition of main criteria of assessment that allow the comparison of different technologies: clear indicators and indexes should be developed for the context of the innovation project so as to guide the whole assessment and provide with useful metrics for evaluation and decision-making.

2.2. Case study: CBA in the MADFORWATER project

A tailored CBA is being applied by PNO within the framework of the on-going European H2020 project MADFORWATER [13], which aims at developing solutions to enhance wastewater treatment, treated wastewater reuse for irrigation and water efficiency in Morocco, Tunisia and Egypt.

A total of 10 “technology packages” for waste water treatment (WP2) and irrigation (WP3) have been selected and are currently under investigation in the project. For each of these packages a specific CBA is being developed by partners, complemented by Life Cycle Assessment (LCA). CBAs provide insight into the economic

WP	No.	WW / crop	Location	Criteria
Technologies WP2: wastewater treatment				
WP2	1	Municipal WW	To be decided	Cost-effectiveness
	2	Drainage canal WW	Manzala (Egypt)	Eco. justifiability
	3	Olive mill WW	Mnihla (Tunisia)	Cost-effectiveness
	4	Fruit & Veg. Packaging WW	Tarondant (Morocco)	Eco. justifiability
	5	Textile WW	Nabuel (Tunisia)	Cost-effectiveness
Technologies WP3: irrigation				
WP3	6	Tomato, watermelon, wheat or pepper	Morocco or Tunisia	Eco. justifiability
	7	To be decided	To be decided	Eco. justifiability
	8	Olive or citrus	Morocco or Tunisia	Eco. justifiability
	9	Tomato, watermelon, wheat or pepper	Morocco or Tunisia	Eco. justifiability
	10	Cotton, sugar or rice	Egypt	Eco. justifiability

Fig. 2 – MADFORWATER technologies and CBA criteria

performance of the different technologies for the field pilots. (see also Fig. 2). The CBAs for MADFORWATER are conducted in accordance with the EC CBA guidelines [19]. The **main costs** that need to be taken into account are investment costs (including construction, transportation, equipment and land costs) and operational expenses (including energy, resources, labour and maintenance costs). The benefits may include avoided costs (for water abstraction, transmission, treatment or distribution), cost savings (from saving on fertilizer, energy, labour or maintenance) or additional income (from produced energy or resources). Indirect benefits may also occur (effects on other markets, such as the labour market, real estate or tourism). External effects are the unintended impacts of the project on third parties, such as CO₂ emissions related to construction. These environmental impacts are then further analysed in the complementary LCA. **Monetization** (expressing the value of an effect in monetary terms) is based on the concept of willingness to pay (the maximum price a person is willing to pay for a good or service). Willingness to pay is often deducted from market prices, however for some effects that are not directly for sale this can be difficult. Therefore some effects of the MADFORWATER projects were chosen not to be monetized, but to be indicated as positive (+) or negative (-) in the CBA results. In order to make current and future costs and benefits comparable, future effects are discounted to obtain their present value (PV). Finally, Sensitivity analysis is used to assess the robustness of the project alternatives: by varying the assumptions on which the calculations are based, the effects of uncertainties on the CBA results are evaluated [20]. The CBA is currently on going in MADFORWATER. PNO is currently collecting data from all partners and analysing them. Final report is foreseen to be completed by Jan 2018.

Conclusions

The present article describes the importance of specific supporting tools for the assessment, selection and decision making on innovative water technologies, taking into consideration also the peculiarities of the application sector and/or location. In particular, the benefits of applying stakeholders analysis as a powerful tool for innovation assessment and market intelligence are reported, as well as for enabling stakeholders engagement early in the innovation process. This approach has proved to be successful in several studies and initiatives, as stakeholders can often contribute to remove barriers to an innovation. On the other hand, the importance of tailored techno-economic assessments (TEAs) is described, with a focus on Cost-Benefit Analysis (CBA) for water innovation projects. For both tools, the article reports the main results of several activities carried out by PNO in the framework of water-related EU-funded projects. To this end, PNO developed and validated specific methodologies that proved successful in evaluating the level of innovation and prepare the ground for market deployment of water innovations and solutions in Europe and beyond.

Bibliography

- [1] WssTP Vision 2030 - The Value Of Water, WssTP, Giu 2016
- [2] Palaniappan, et al., A Review of Decision-Making Support Tools in the Water, Sanitation, and Hygiene Sector. Pacific Institute, 2008
- [3] Freeman, R.E., Strategic Management: A Stakeholder Approach. Pitman, 1984
- [4] Bryson, J.M., What To Do When Stakeholders Matter: Stakeholder Identification and Analysis Techniques, Public Management Review, Vol. 6, Issue 1, 2004
- [5] Vos J. F.J., et al., Stakeholder identification in innovation projects: Going beyond classification, European Journal of Innovation Management, 2006
- [6] Gould, R.W., Open Innovation and Stakeholder Engagement, Journal of Technology Management & Innovation, 2012
- [7] <http://eu-splash.eu/>
- [8] <http://www.ree4eu.eu/>

- [9] <https://www.spire2030.eu/memere>
- [10] Gilmour, J., et al., Stakeholder mapping for effective risk assessment and communication, Australian Centre of Excellence for Risk Analysis, April 2007
- [11] <https://www.innovationplace.eu/>
- [12] <https://www.wheesbee.eu/wheesbee-web/>
- [13] <http://www.madforwater.eu/>
- [14] Lauer, M., Methodology guideline on techno economic assessment, IEE, Aug 2008
- [15] WssTP SIRA 2030- Strategic Innovation and Research Agenda, WssTP, Jan 2017
- [16] Boardman, A.E., et al., Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice, 4th International Edition, Pearson, 2011
- [17] Molinos, M., et al. Cost-benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 2011
- [18] Läkamp R., Cost-Benefit Analysis for decision-making in water innovation projects, Master Thesis, Leiden University and TU Delft, August 2018
- [19] EC, Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, December 2014
- [20] MADFORWATER - Report on the LCA and CBA qualitative elements, May 2017

MONITORING & CONTROL

EMISSIONI ODORIGENE: DALLE TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO ALLE NUOVE STRATEGIE DI CONTROLLO

Il convegno sulle emissioni odorigene di Ecomondo, giunto alla settima edizione, rappresenta un evento di riferimento per la comunità degli operatori del settore. La ricerca scientifica, i produttori di tecnologie, le politiche della pubblica amministrazione e le esperienze degli enti di controllo si confrontano e si contaminano su un tema che sta assumendo sempre maggior rilevanza nella programmazione ambientale degli insediamenti industriali. La sessione presenta lo stato dell'arte sulle metodologie di monitoraggio e controllo, le buone pratiche per la mitigazione del fenomeno e le novità normative nazionali ed internazionali.

A cura di: **CTS Ecomondo, ISPRA, Società Chimica Italiana, Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali, Società Italiana di Medicina Ambientale**

Presidenti di sessione:

- Gianluigi de Gennaro, *Università degli Studi di Bari*
- Rosanna Laraia, *ISPRA*
- Lucia Muto, *ISPRA*

Emissioni odorigene da discarica: simulazione della dispersione con il modello avanzato MicroSpray, al fine di valutare l'effetto di confinamento dell'odore determinato dalla morfologia della discarica e da una barriera arborea

Alice Mantovani alice.mantovani@osmotech.it, Maurizio Benzo -
OSMOTECH S.r.l., via Marzolo, 9 - 35100 Padova, Italy

Riassunto

Le discariche generano spesso un impatto olfattivo critico, poiché le caratteristiche dei cumuli di rifiuti (classificati “sorgenti areali diffuse” dalla D.g.r. 3018/2012) sfavoriscono la dispersione dell'odore, specialmente nelle discariche “in rilevato” o “in pendio”. Nelle discariche “in trincea”, invece, i rifiuti sono posati in una depressione orografica, che può avere l'effetto di ridurre la concentrazione dell'odore percepito ai ricettori.

Con il modello MicroSpray (Arianet S.r.l.), applicato con risoluzione molto accurata (5m) a una discarica in trincea, abbiamo dimostrato che nella fase “iniziale” di coltivazione della discarica, in cui i rifiuti sono deposti su una superficie a -21 m dal piano campagna, la discarica produce minore impatto rispetto alla fase “intermedia”, in cui i rifiuti sono deposti a -3 m. Con il modello abbiamo dimostrato anche l'effetto di riduzione dell'impatto olfattivo ottenuto posizionando (scenario ipotetico) una barriera arborea al confine dell'impianto, tra le sorgenti e le abitazioni.

Summary

Landfill sites often have a critical olfactive impact, as the characteristics of the heaps of waste (classified as “diffuse areal sources” by D.g.r. 3018/2012) disadvantage the dispersion of odour, specially for landfills with configuration “above ground landfill” or “slope landfill”. In “trench” landfills, on the opposite, waste is placed in a orographic depression, which may have the effect of reducing the odour concentration perceived at receptors.

With the model MicroSpray (Arianet S.r.l.), applied with very accurate resolution (5m) to a “trench” landfill, we have demonstrated that at the “initial stage” of landfill cultivation, when waste is deposited on a surface -21 m from the ground level, the landfill produces less impact than the “intermediate” phase, when the waste is deposited at -3 m. With the model, we also demonstrated the effect of reducing the olfactory impact obtained placing (hypothetical scenario) a tree barrier at the boundary of the plant, between the sources and the houses.

1. Introduzione

Le discariche causano spesso un impatto olfattivo critico: dalle simulazioni con i modelli matematici, che valutano l'impatto in termini di 98° percentile annuale delle concentrazioni di odore orarie di picco (secondo la normativa di riferimento D.g.r. n. IX/ 3018 del 2012 della Regione Lombardia [1]), risulta in molti casi che alcuni ricettori sono esposti a concentrazioni di odore superiori alle soglie di $3 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ e $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$, che corrispondono alla percezione dell'odore rispettivamente dal 85% e dal 90-95% della popolazione.

La concentrazione di odore percepita ai ricettori è influenzata dalla meteorologia (vento e turbolenza atmosferica), dall'orografia, dalla presenza di ostacoli nel territorio (terrapieni, edifici, alberi), dalle caratteristiche dell'emissione. Le caratteristiche dell'emissione includono:

- il flusso di inquinante (definito in ou_E/s , dalla concentrazione misurata con olfattometria dinamica secondo la norma UNI [2])
- le proprietà fisiche dell'effluente (velocità, temperatura di emissione)
- le proprietà geometriche della sorgente (forma, estensione della superficie, quota di emissione).

Ai fini di una corretta valutazione modellistica della dispersione degli odori, è quindi necessario applicare modelli che possano simulare correttamente l'influenza di tutte queste variabili: il modello Lagrangiano a particelle "MicroSpray" di Arianet [3] [4] permette di riprodurre le caratteristiche dell'emissione, la fluidodinamica del campo di vento attorno agli ostacoli e calcolare le mappe di concentrazione a varie quote dal suolo.

Obiettivo del presente studio è indagare l'impatto olfattivo prodotto da una discarica esistente con il modello MicroSpray, applicato a MicroScala, che permette di valutare la dispersione con un'accurata risoluzione (5 metri in orizzontale e sulla verticale), e permette di valutare l'effetto di differenti configurazioni geometriche della sorgente di odore.

2. Relazione

Le principali sorgenti di odore nelle discariche sono le superfici dei cumuli di rifiuti, che rilasciano un grande flusso di odore per secondo (OER, espresso in $[\text{ou}_E/\text{s}]$), a una bassa quota di emissione, a bassa velocità e bassa temperatura. Queste caratteristiche non favoriscono la risalita dell'odore nell'atmosfera, che quindi si disperde vicino al suolo. I residenti nell'intorno di una discarica sono esposti a grandi concentrazioni di odore in occasione di calma di vento ($< 0.5 \text{ m/s}$) o in caso di atmosfera stabile con scarsa turbolenza convettiva: entrambe le condizioni determinano una stagnazione dell'odore. I ricettori lontani dalla discarica sono esposti quando sono sottovento, e percepiscono un odore intenso quando a intervalli di calma seguono eventi di raffiche di vento, che trasportano l'odore "accumulato".

L'emissione di odore è causata quando l'aria esterna permea attraverso il corpo discarica ed esce dalla sua superficie, trasportando le sostanze odorigene che derivano dalla degradazione dei rifiuti, e che si sviluppano nel percolato e nel biogas: pertanto le operazioni di aspirazione del biogas e di drenaggio del percolato, eseguite con opportune modalità ed efficienza, possono contribuire a ridurre l'impatto olfattivo.

Un'altra azione che permette di limitare le emissioni odorigene consiste nel ridurre le superfici esposte al vento, coprendo i rifiuti con teli di protezione o con strati di materiali inerti: secondo la D.g.r. n. IX/ 3018 del 2012, la portata di odore (OER) da sorgenti areali diffuse è calcolata come prodotto tra la superficie emissiva e il flusso specifico di odore emesso per unità di area (SOER). I cumuli di rifiuti sono classificati come sorgenti areali diffuse (passive): poiché non hanno un flusso di aria uscente, l'unico flusso presente è quello dovuto al trasferimento di materia dalla superficie all'aria sovrastante. Infatti, secondo l'Allegato 2 delle Linee Guida di Reg. Lombardia, "il limite fra sorgenti areali attive e passive è fissato per convenzione ad un flusso volumetrico specifico pari a $50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ ", secondo l'Allegato 1 "Per le sorgenti areali o

volumetriche il momentum rise è normalmente da considerare nullo, ed è quindi da disattivare nel modello di dispersione l'algoritmo che calcola tale innalzamento".

2.1 Caratterizzazione delle emissioni odorigene del caso studio

Nel presente caso studio si valuta l'impatto olfattivo determinato dall'ampliamento di una discarica, con il conferimento dei rifiuti nella terza vasca, che consiste in un'ex-cava: si tratta quindi di un bacino in depressione rispetto al piano campagna circostante. La superficie della discarica a quota piano campagna, al termine dell'intervento in progetto, risulterà circa 74'000 m².

Visto l'obiettivo, si è ritenuto opportuno applicare il modello MicroSpray (Arianet S.r.l.), che è vantaggioso per riprodurre la dispersione atmosferica in siti con orografia complessa, con l'accuratezza idonea alle applicazioni di microscala (celle di pochi metri, dominio con lato 1-2 km), nel breve periodo.

Si sono differenziate varie superfici emissive in base al piano di coltivazione della discarica, quindi il flusso emissivo è stato valutato considerando che il potenziale odorigeno decresce all'aumentare dell'età dei rifiuti deposti, e varia secondo il tipo di materiale di copertura dei rifiuti. Per ognuna delle superfici si è misurato il SOER con LSWT e olfattometria dinamica (secondo le procedure regolate da Linee Guida della Regione Lombardia [1] e da UNI EN13725:2004 [2]), e si è calcolato l'OER moltiplicando l'area per il relativo SOER.

Nel presente studio si è approfondito l'impatto prodotto nel secondo anno di coltivazione della discarica, in cui si è completata la coltivazione delle vasche 1 e 2.

Si sono differenziate sette superfici emissive della discarica, in base al piano di coltivazione:

- s9 = superficie con capping definitivo (vasca 3, lotto 8)
- s10 = superficie con capping definitivo (vasca 3, lotto 9)
- s11 = superficie con copertura provvisoria (nella vasca 3)
- s12 = superficie con copertura giornaliera (nella vasca 3)
- s13 = superficie in coltivazione (fronte discarica)
- s14 = superficie da coltivare
- s15 = superficie con capping definitivo (vasche 1 e 2)

Man mano che la coltivazione del fronte avanza, si ricoprono i rifiuti con la copertura giornaliera che consiste in uno strato di inerte (materiale poroso), poi con la copertura provvisoria che consiste in uno strato di inerte di maggiore spessore (terra compattata), e infine con il capping (telo + terra compattata).

Nella discarica si è adottata una modalità gestionale che prevede di minimizzare la superficie dei rifiuti esposta all'aria, al fine di contenere le emissioni odorigene:

- nelle superfici s9, s10, s11, s12, s15 i rifiuti sono coperti
- nella superficie s13, i rifiuti sono conferiti in una piccola area (350 m²), che viene scoperta soltanto durante le ore di lavoro (ore 8-17) e poi viene coperta con uno strato di copertura giornaliera
- nella superficie s14 i rifiuti non sono coperti (non è un'area di deposizione e conferimento dei rifiuti, ma vi sono rifiuti deposti in precedenza, negli strati sottostanti).

Per la sorgente s13, negli orari in cui i rifiuti sono scoperti, è sistematica la dipendenza della portata di odore dalla velocità del vento, così come definito nella norma regionale [1]; poiché il SOER dipende dalla velocità dell'aria che lambisce la superficie, nelle simulazioni si è tenuto conto che la portata di odore varia in funzione della velocità del vento, quindi l'OER va calcolato tramite la seguente equazione:

$$OER_s = OER_R * ((v_s/v_R)^{0,5})$$

con:

OER_s alla velocità dell'aria v_s , calcolata dalla velocità del vento

OER_R alla velocità di riferimento v_R (di campionamento).

Per tutte le altre emissioni diffuse, si è scelto di utilizzare un valore di OER stazionario nel tempo (definito nelle condizioni di vento non favorevole), poiché la superficie dei rifiuti non è direttamente esposta al vento ma è protetta da uno strato di copertura.

Calcolando l'OER per ognuna delle sorgenti, si osserva che la sorgente s15 risulta quella con il maggiore OER, a causa della grande superficie.

Tutte le altre sorgenti hanno un'emissione variabile, poiché la lavorazione avviene per strati (i rifiuti sono abbancati su strati di 1-2 metri) e poiché la superficie aumenta dal fondo della vasca 3 fino al piano campagna, l'OER di ognuna delle sorgenti della vasca 3 aumenta procedendo con la coltivazione della discarica, all'aumentare del livello dal fondo del bacino.

Tra le sorgenti della vasca 3, risultano quelle con il maggiore OER: le sorgenti s9, s10 (a causa della loro grande superficie) e la sorgente s13 a causa della sua variabilità con la velocità del vento. La figura 1 mostra la ricostruzione in 3D con il software Google Earth: la discarica è in grigio (ricostruita "per strati" con poligoni di altezza 2 m), gli edifici sono in rosso, in verde la barriera arborea (presente solo nello scenario ipotetico, non presente nella realtà).

2.2 Sperimentazione - applicazione del modello MicroSpray

Con il modello MicroSpray si è calcolata la dispersione sul territorio delle sostanze odorogene, in due scenari emissivi, per tre condizioni meteo più sfavorevoli per l'abitazione indicata come "receptor" nella figura 1: classe di stabilità di Pasquill-Gifford D ("turbolenza neutra"), vento proveniente da SudEst, rispettivamente a 0.5 m/s, 1.5 m/s, 2.5 m/s (negli scenari M1, M2, M3).

Eseguendo le simulazioni abbiamo calcolato la distribuzione della concentrazione di odore a varie quote presso i ricettori, e abbiamo confrontato i risultati, focalizzandoci in particolare sulle concentrazioni calcolate presso l'abitazione "receptor".

La meteorologia è stata caratterizzata mediante il modello Swift, utilizzato per simulare il campo di vento attorno ai rilievi, alla depressione del terreno e agli ostacoli: si sono inseriti nel modello dati meteorologici medi orari (direzione e velocità del vento, temperatura dell'aria, classe di stabilità atmosferica) e dati territoriali ad alta risoluzione (orografia ricostruita con una risoluzione di 5 m). I risultati della simulazione sono espressi come mappe di concentrazione di odore oraria di picco (in ou_E/m^3), nel dominio spaziale di 1000 m x 1000 m; come richiesto dalle Linee Guida Lombardia, nelle mappe sono riportate le isoplete di concentrazione corrispondenti alle soglie di 1, 3, 5 ou_E/m^3 che indicano zone esposte a impatto olfattivo di diversa entità. I risultati dei vari scenari sono rappresentati come sezioni orizzontali a varie quote dal suolo e come sezioni verticali orientate secondo la direttrice del vento, passanti per il camino e per i ricettori sensibili.

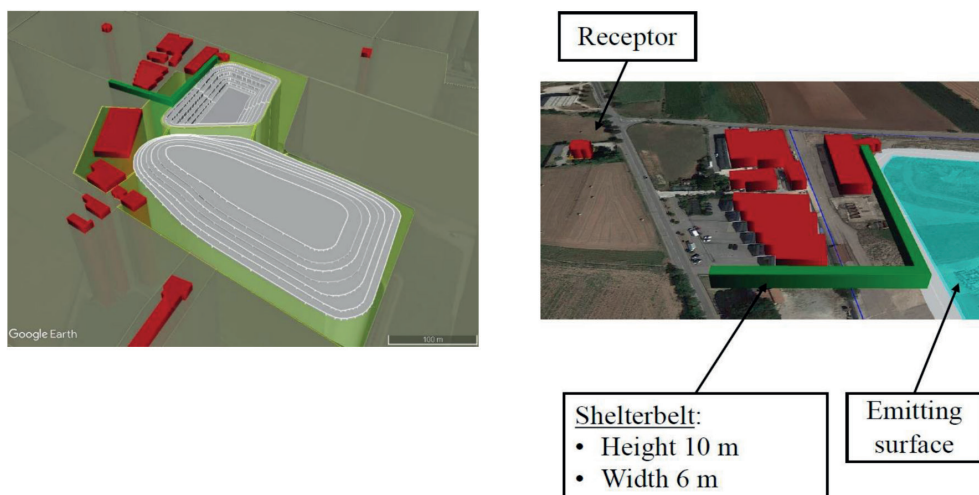


Fig. 1 – Ricostruzione della discarica in 3D con Google Earth Pro. In rosso sono rappresentati gli edifici, in verde la barriera arborea inserita nello scenario ipotetico

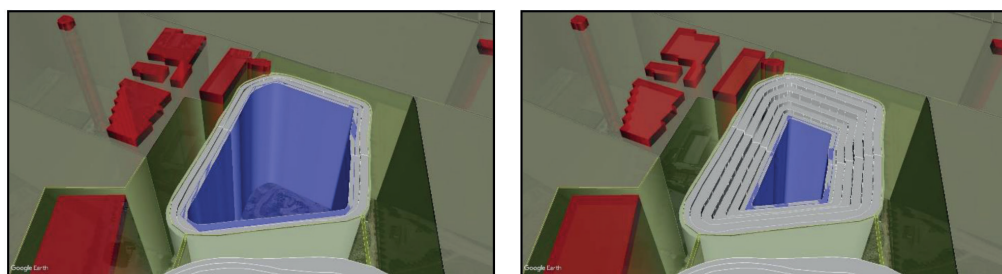


Fig. 2 – Ricostruzione orografica della discarica utilizzando due configurazioni diverse. Sorgenti a -3 m dal suolo (a sinistra), sorgenti -21 m dal suolo (a destra)

Con le simulazioni abbiamo dimostrato che in tutte le situazioni meteo (M1, M2, M3) il ricettore è esposto a un minore impatto olfattivo nel caso in cui l'emissione si trova alla quota di -21 m dal piano campagna (rispetto a -3m), per un effetto combinato della quota di emissione e della superficie delle sorgenti: come si vede dalla figura 2, a quote più profonde, la superficie totale è minore, e di conseguenza l'OER è inferiore.

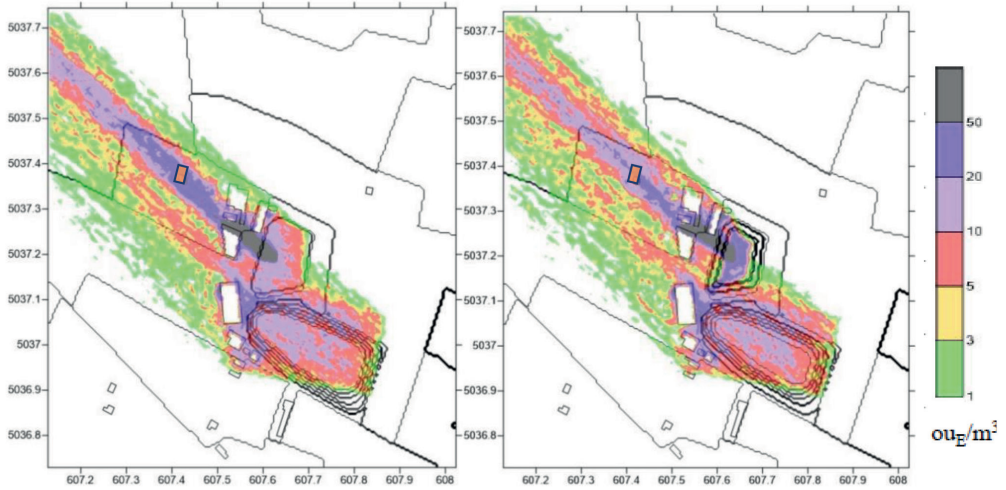


Fig. 3 – Elaborazione di Microspray nello scenario meteo M3, con sorgenti a -3 m dal suolo (a sinistra, scenario s5), sorgenti -21 m dal suolo (a destra, scenario s6). Al variare della quota di emissione, varia anche la superficie e quindi l'OER

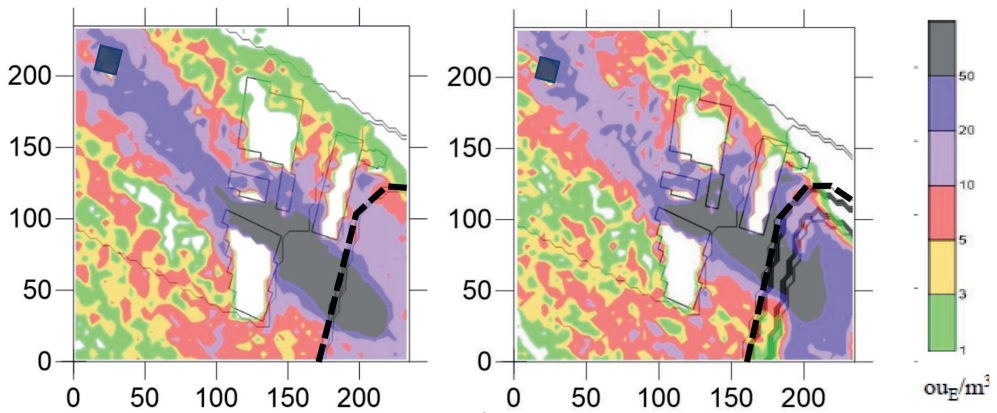


Fig. 4 – Elaborazione di Microspray nello scenario meteo M2, con sorgenti a -3 m dal suolo (a sinistra), sorgenti -21 m dal suolo (a destra). Al variare della quota di emissione, non varia anche la superficie e quindi l'OER è costante

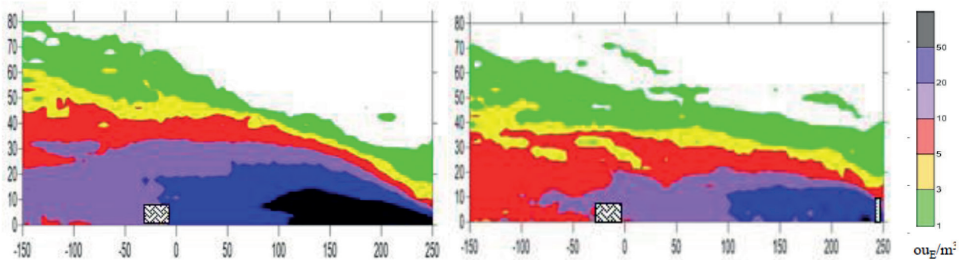


Fig. 5 – Elaborazione di Microspray nello scenario meteo M2, con sorgenti a -3 m dal suolo, nella realtà (a sinistra), e in uno scenario ipotetico (con una barriera arborea, a destra).

Per valutare separatamente l'effetto dei due fattori "quota di emissione" e "superficie", si è eseguita un'analisi più approfondita, eseguendo una simulazione in cui si modifica soltanto la quota di emissione e si mantiene costante la superficie emissiva, e quindi OER costante (figura 4): anche in questo caso si è verificato che il ricettore è esposto a un minore impatto olfattivo nel caso in cui l'emissione si trova alla quota di -21 m dal piano campagna (rispetto a -3m), tuttavia la differenza di concentrazione percepita al ricettore nei due scenari emissivi è minore nel caso in cui varia solo la quota, rispetto al caso in cui varia anche la superficie. Inoltre, si ha un minore impatto al ricettore nel caso in cui la barriera arborea è localizzata tra le sorgenti e il ricettore (figura 5, in cui il solido a sinistra è il "receptor", il solido a destra è la barriera).

3. Conclusioni

Dal seguente studio si è dimostrato che, con un'opportuna progettazione e gestione delle grandi superfici su cui sono depositati i rifiuti, è possibile il controllo delle emissioni odorigene rilasciate dalle discariche, pertanto è possibile confinare l'impatto olfattivo in un'area di minore estensione sul territorio, a parità di concentrazione di odore.

Per esempio, a parità di meteo, l'impatto olfattivo avrà un'estensione differente, a parità di volume di rifiuti depositi, se la discarica ha una morfologia di tipo "in trincea" o "in rilevato" o "in pendio", poiché varia la superficie emissiva, e di conseguenza varia l'OER. Infatti, secondo la D.g.r. 3018/2012, *"l'area della superficie emissiva esposta all'atmosfera per le sorgenti solide, è l'area della superficie effettivamente esposta all'atmosfera; per esempio, nel caso di cumuli di materiale l'area esposta è maggiore dell'area occupata dal cumulo in planimetria"*, poiché include le scarpate del cumulo.

I modelli di dispersione sono strumenti utili per definire gli scenari emissivi ottimali (che producono un minore impatto), quindi è conveniente utilizzarli nella fase di progettazione. Attualmente i modelli sono utilizzati per la valutazione dell'impatto olfattivo di scenari esistenti o progettuali, quindi sono utilizzati come strumento di valutazione per Studi d'Impatto Ambientale (SIA), come richiesto dalla normativa nazionale. Alcuni modelli come MicroSpray permettono stime robuste anche in scenari emissivi molto complessi e possono considerare l'effetto di rilievi orografici e ostacoli, è quindi auspicabile che in futuro siano utilizzati anche come strumento a supporto della progettazione.

Bibliografia

- [1] Regione Lombardia, **Deliberazione Giunta regionale 15 febbraio 2012 - n. IX/3018**, *"Linee guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno"*
- [2] **Norme UNI sull'olfattometria dinamica**, UNI EN 13725:2004 *"Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica"*
- [3] **Moussafir J., Oldrini O., Tinarelli G., Sontowski J., Dougherty C. (2004)**: *"A new operational approach to deal with dispersion around obstacles : the MSS (Micro-Swift-Spray) software suite"*, 9th International Conference HARMO 2004
- [4] **Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D.**, *Comparison between the results of a Monte Carlo atmospheric diffusion model and tracer experiments*, Atmospheric Environment 23, 1263-1280

MONITORING & CONTROL

LA QUALITÀ DELL'ARIA *INDOOR*: I PRINCIPALI INQUINANTI, IL RUOLO DELLE SORGENTI, I MATERIALI DA COSTRUZIONE, ARREDO E DI LARGO CONSUMO, LA VENTILAZIONE MECCANICA E NATURALE, I PARAMETRI MICROCLIMATICI, LA LEGISLAZIONE, IL CONTROLLO E LA PREVENZIONE

Questi ultimi anni sono stati caratterizzati da una forte e crescente attenzione da parte delle istituzioni, dell'industria, della ricerca, della progettazione, della consulenza e dell'opinione pubblica alle problematiche inerenti la qualità dell'aria *indoor*. Essa rappresenta una delle principali problematiche che il legislatore europeo e nazionale deve affrontare visto il forte impatto sulla salute della popolazione. È un tema 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 dalla Commissione Europea e da WHO. La sessione pone l'accento su quanto si sta facendo sia a livello legislativo che tecnico in Italia e in Europa sulla tematica degli ambienti *indoor*.

A cura di: **ISS – Istituto Superiore di Sanità e Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Gaetano Settimo, *Istituto Superiore di Sanità*
- Stefano Capolongo, *Politecnico di Milano*

Inquinanti organici nelle scuole: il contributo del CNR al Progetto Treno Verde 2017

Angelo Cecinato angelo.cecinato@iia.cnr.it, Paola Romagnoli, Catia Balducci, Lucia Paciucci, Massimiliano Frattoni, Mattia Perilli; Istituto Inquinamento Atmosferico CNR, Montelibretti RM

Riassunto

Le concentrazioni d'idrocarburi aromatici gassosi (BTEX) e di contaminanti organici delle polveri sedimentabili (idrocarburi policiclici aromatici IPA, ftalati e DEET (Autan®) sono state determinate in 11 scuole d'altrettante città italiane nell'ambito del Programma Treno Verde 2017. I BTEX risultavano simili a quelli registrati da altri Autori in ambienti interni italiani (scuole, case, uffici), con concentrazioni di benzene solitamente inferiori al limite di legge ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Gli IPA delle polveri superficiali erano in prevalenza composti semi-volatili (3-4 anelli aromatici), relativamente poco tossici; più importante risultava la presenza di ftalati (fino a $\sim 1800 \mu\text{g}/\text{m}^2$); essendo noti interferenti endocrini, lo studio del loro comportamento in ambienti indoor può chiarire l'esposizione e suggerire vie per ridurre l'impatto sanitario.

Summary

The concentrations of volatile aromatic hydrocarbons (BTEX) and organic contaminants of surface dusts (polycyclic aromatic hydrocarbons PAHs, phthalate esters and DEET (Autan®) were investigated in 11 schools of 11 Italian cities in the frame of Treno Verde 2017 Program. BTEX resulted similar to those found by other Authors in indoor locations of Italy (schools, homes and offices), with benzene loads usually lesser than the limit fixed by normative (i.e., $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). PAHs associated to surface dusts were overall semi-volatile compounds (3-4 aromatic rings), relatively poorly toxic; on the other hand, the occurrence of phthalates seemed of more concern (up to $1,800 \mu\text{g}/\text{m}^2$); as phthalates are endocrine disruptors, the knowledge of their behavior in indoor environments can elucidate exposure and suggest ways to reduce health risk for humans.

1. Introduzione

Una ricca letteratura scientifica conferma che tutti gli ambienti interni nei quali viviamo sono contaminati per la presenza di sostanze nocive sia nell'aria (specie gassose e particolate sospese), sia sulle superfici e sul suolo (sostanze adsorbite e polveri sedimentabili). Non solo, ma gli inquinanti *indoor* sono qualitativamente e quantitativamente distinti da quelli tipici dell'ambiente esterno e le vie d'esposizione e assunzione (intake) pesano in misura differente. La letteratura scientifica ha stabilito l'importanza primaria degli ambienti di vita (non specifici di lavoro) e i segmenti di popolazione più suscettibili agli effetti dell'inquinamento *indoor* (bambini e anziani, categorie a rischio). Perciò, le scuole dell'infanzia e primarie costituiscono un oggetto privilegiato d'indagine. L'attenzione è generalmente posta sugli inquinanti regolamentati presenti nell'ambiente in fase gassosa (ossidi d'azoto e di carbonio, idrocarburi

benzenici e sulle polveri sospese (concentrazione di massa polveri respirabili, fini e ultrafini; concentrazione numerica). Di converso, minore attenzione è stata data ai micro-contaminanti (metalli, composti organici semi-volatili, idrocarburi gassosi alogenati e carbonilici). Tuttavia, la realizzazione di ripetute campagne di monitoraggio che hanno coinvolto i cittadini e l'attenzione all'informazione hanno accresciuto la sensibilità della popolazione verso la "qualità" e "salubrità" degli ambienti indoor. In tale contesto, l'opera del programma Trenoverde, condotto da Legambiente insieme alle Ferrovie dello Stato fin dal 1988, svolge in Italia un ruolo importante. Infatti, una struttura itinerante attraversa la penisola facendo tappa nelle maggiori stazioni del Paese e, in collaborazione con Istituti del posto, compie sia monitoraggi ambientali, sia opera d'informazione.

2. Relazione

2.1. Oggetto e luoghi di monitoraggio e metodologie applicate

Nel 2017 (febbraio-aprile) Trenoverde ha compiuto undici tappe in altrettante città: Asti, Bari, Bologna, Catania, Fabriano (PE), Milano, Paola (CS), Pescara, Potenza, Salerno e Vicenza. In ogni città era scelta una scuola campione, dove il CNR, come partner di Progetto, ha effettuato una serie di campionamenti con l'obiettivo non soltanto di valutare la qualità degli ambienti *indoor*, ma anche di comprendere se i contaminanti *indoor* fossero prevalentemente generati in situ o provenissero dall'esterno.

Nell'ambito del Progetto, in ogni scuola sono stati esaminati due o tre ambienti *indoor* (aule, mense o uffici), dove sono stati misurati gli idrocarburi aromatici gassosi benzene, toluene, etilbenzene e xileni. Misure comparative sono state effettuate all'esterno delle scuole. Contestualmente, in uno o più ambienti *indoor* sono state esaminate le polveri di sedimentabili per il contenuto d'idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e di esteri ftalici. Infatti, gli IPA sono riconosciuti cancerogeni e la normativa ambientale fissa un limite di 1,0 ng/m³ concentrazione media annua di benzo[a]pirene nel PM₁₀ (l'IPA più importante in termini di tossicità). Quantunque la composizione delle polveri sedimentabili sia diversa da quella delle polveri sospese, perché assai più ricche di ftalati e plastificanti, ritardanti di fiamma, antiossidanti, grassi e tensioattivi, tuttavia la conoscenza della loro composizione costituisce una prima importante premessa alla caratterizzazione chimica di queste ultime. Inoltre, pur essendo più grossolane e non classificabili come fini, tuttavia in ambienti *indoor* sono facilmente risollevate da correnti d'aria e attività umane, diventando adatte ad essere inalate. Ancora, gli ftalati sono i più importanti e diffusi interferenti endocrini tra i contaminanti ambientali, essendo componenti fondamentali di plastiche, gomme, vernici, colle, polimeri e prodotti d'uso comune, mentre composti carbonilici si formano ogniqualvolta del materiale organico viene bruciato e idrocarburi benzenici sono rilasciati insieme al fumo di tabacco. Perciò, le polveri sedimentabili sono un importante veicolo d'esposizione umana a sostanze nocive, soprattutto per contatto e ingestione, mentre le polveri sospese colpisce l'organismo specialmente per inalazione. Infine, nelle polveri sedimentabili era valutato il contenuto del 2-etilesil-adipato DEHA (altro plastificante ubiquitario) e N,N-dietil-m-toluammide DEET (conosciuta come Autan, repellente per insetti).

Per il monitoraggio dell'aria (*indoor* e *outdoor*), gli idrocarburi gassosi erano prelevati mediante campionatori diffusionali (tipo Analyst BTEX) [1]. Questi erano esposti all'aria per un periodo mediamente compreso tra 10 e 15 gg. Dopo il ritiro, i dispositivi erano sigillati, conservati al buio e inviati quanto prima al laboratorio d'analisi, ove erano estratti con CS₂ contenente bromobenzene come riferimento interno. Allo scopo, 2 mL di solvente erano direttamente trasferiti nel bicchierino dell'adsorbente; si sigillava e attendeva 2 h; un'aliquota di 4 µL era processata per GC-FID, iniettando l'estratto (in modalità split) in una colonna ca-

pillare di tipo DB₅ (prodotta da J&W Agilent, CPS Analitica, Cernusco sul Naviglio MI). Per l'identificazione si faceva ricorso ai tempi di ritenzione assoluti e relativi, mentre la quantificazione era effettuata applicando il metodo dello standard interno. Le analisi erano effettuate in duplicato e si operava la sottrazione dei bianchi, calcolati analizzando dispositivi collocati in parallelo ma non esposti all'aria [1].

Le polveri sedimentabili erano meccanicamente asportate con un filtro in fibra di quarzo, precedentemente lavato con diclorometano e lasciato asciugare in cappa chimica, da una superficie pari a 0,5 m², posta orizzontalmente a 1.8-2.0 m di altezza. Le superfici erano preventivamente pulite con batuffoli di cotone puliti, al momento della collocazione dei dispositivi Analyst di cui sopra, e passate due volte con filtri in quarzo contestualmente al ritiro di questi, al fine di stabilire il periodo d'esposizione/raccolta di polveri sedimentabili. Le analisi chimiche degli IPA e degli ftalati erano eseguite con procedure e metodi strumentali consolidati, sviluppati in istituto [2, 3], basati sull'estrazione in bagno ultrasonico con solvente (diclorometano e acetone, 4:1), purificazione-frazionamento per cromatografia su colonna d'allumina e analisi chimica strumentale per GC-MSD, applicando rispettivamente una colonna capillare di tipo EU-PAH e una di DB₅. Per le identificazioni si usavano gli spettri di massa e i tempi di ritenzione, per le quantificazioni si applicava il metodo dello standard interno. Isomeri deuterati erano usati come riferimenti interno per gli IPA, dipropilftalato e difenilftalato (assenti dai campioni ambientali) per gli ftalati, il DEHA e il DEET. I composti esaminati erano: gli IPA a 3-5 anelli aromatici con peso molecolare compreso tra 178 (fenantrene) e 278 (dibenz[a,h]antracene); i seguenti ftalati: dietile, di-n-butile, diisobutile, di-2-etile, di-n-ottile, diisononile.

2.2. Risultati e discussione

Idrocarburi volatili

Le concentrazioni (medie *indoor* e *outdoor*) di benzene e degli altri idrocarburi aromatici totali registrate nelle undici città sono riportate in Figura 1. Nei locali interni delle scuole si registravano alti valori di benzene a Catania (10.9 µg/m³) e Pescara (12.6 µg/m³); negli altri casi, la sua concentrazione era pari a 3.3±0.9 µg/m³. Quanto ai siti *indoor*, ampie differenze di concentrazione si osservavano tra le mense e le aule; a Asti e Vicenza le concentrazioni erano decisamente superiori nelle mense, altrove erano grossomodo simili mentre a Milano erano maggiori nell'aula. I BTEX, anch'essi assai variabili, erano pari a 12.6±6.4 µg/m³, con l'eccezione importante di Potenza, dove toccavano 43.2 µg/m³.

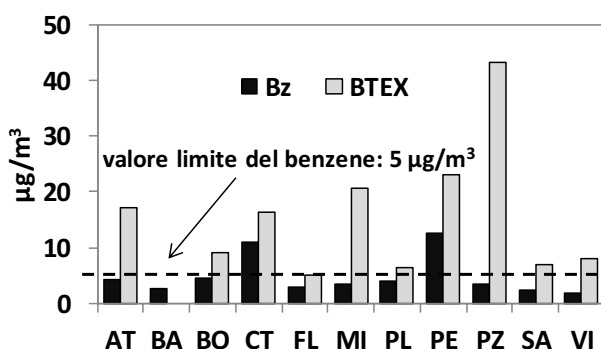


Fig. 1 – Concentrazioni d'idrocarburi aromatici gassosi nelle scuole. Simboli: Bz = benzene; BTEX = benzene + toluene + etilbenzene + m/p-xilene + p-xilene. AT = Asti, BA = Bari, BO = Bologna, CT = Catania, FL = Foligno, MI = Milano, PL = Paola, PE = Pescara, PZ = Potenza, SA = Salerno, VI = Vicenza

Il confronto delle concentrazioni rivela che i siti *indoor* erano altrettanto o più inquinati di BTEX rispetto all'aria esterna (Figura 2); le uniche eccezioni importanti erano Salerno e Vicenza per il benzene ($R_{in/out} \sim 0.49$), Salerno per i BTEX ($R_{in/out} \sim 0.62$).

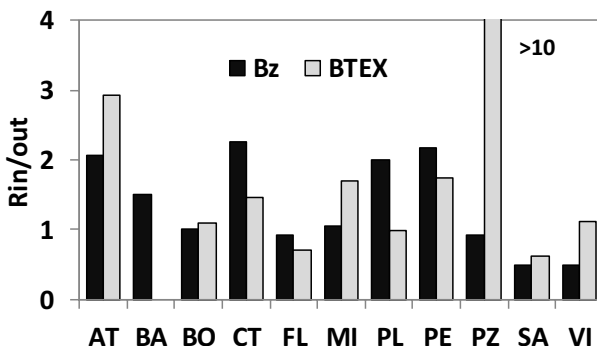


Fig. 2 – Rapporti tra le concentrazioni indoor e outdoor degli idrocarburi aromatici gassosi nelle scuole esaminate. Simboli: vedi Figura 1.

Anche le concentrazioni relative dei BTEX mostravano ampie variazioni da città a città e da sito a sito. Sono stati esaminati i rapporti di concentrazione toluene/benzene $R_{t/b}$ e (benzene+toluene)/ (etilbenzene+xileni) $R_{bt/ex}$; il primo è un indicatore del fumo di tabacco e/o dell'invecchiamento della particella d'aria (ossia, se l'emissione è fresca e se c'è un buon ricambio d'aria o se l'aria è stagnante), mentre il secondo evidenzia l'uso di solventi e vernici o di prodotti per la pulizia della casa. I valori medi di $R_{t/b}$ e $R_{bt/ex}$ per tutti i siti interni erano eguali a $0,88 \pm 0,65$ e $2,1 \pm 1,3$, tuttavia si distinguevano per ciascun rapporto due sotto-gruppi di siti. Per $R_{bt/ex}$: ad Asti, Bari, Milano e Vicenza (mensa) era pari a $1,72 \pm 0,42$, per gli altri *indoor* era pari a $0,54 \pm 0,27$; per $R_{t/b}$ era uguale a $2,60 \pm 1,02$ a Asti (mensa), Bari, Bologna, Catania, Foligno, Paola, Pescara, Salerno e Vicenza, a $0,63 \pm 0,52$ a Asti (aula), Milano e Potenza. Contestualmente, nell'aria esterna delle undici città $R_{t/b}$ e $R_{bt/ex}$ erano uguali a $0,71 \pm 0,38$ e $2,52 \pm 0,72$. I rapporti di concentrazione esaminati convergevano nell'indicare che ad Asti, Milano, Potenza e Vicenza la composizione di BTEX era modificata, rispetto all'aria esterna, per la presenza di fonti interne e che queste ultime erano diverse dal fumo di sigaretta.

Polveri sedimentabili

La procedura applicata e l'esiguità delle polveri non consentivano di calcolare le quantità assolute di campione, né le rispettive concentrazioni per unità di massa. Conseguentemente, le quantità di contaminanti registrate sono state riferite all'unità di superficie di raccolta. Figura 3 mostra le concentrazioni di IPA totali e di "IPA cancerogeni" (BaA, BbF, BkF, BjF, BaP, IP, DBahA: vedi legenda in Figura) nelle undici scuole. Gli IPA totali erano compresi tra 170 e 1800 ng/m², con il minimo osservato a Milano e il massimo a Bari e Paola. Il gruppo era composto per oltre il 90% da IPA a 3-4 anelli (dal fenantrene al pirene), con le eccezioni di Catania (~40%) e Milano (~56%); al contrario indeno[1,2,3-cd]pirene, benzo[ghi]perilene e dibenz[a,h]antracene erano assenti in molti campioni. Tuttavia, gli IPA cancerogeni (< 40 ng/m² a Bari) raggiungevano 163 ng/m² a Foligno. Il benzo[a]pirene era presente in piccole concentrazioni, non superando mai 23 ng/m².

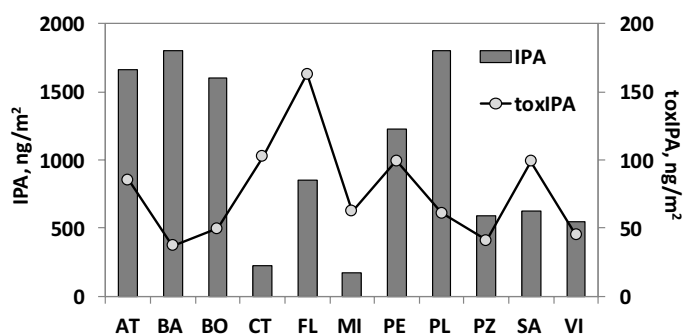


Fig. 3 – Concentrazioni di IPA totali (A) e IPA cancerogeni toxIPA (B) registrate nelle undici città. Simboli: IPA = somma degli IPA esaminati; toxIPA = benz[a]antracene (BaA) + benzo[b]fluorantene (BbF) + benzo[k]fluorantene (BkF) + benzo[a]pirene (BaP) + indeno[1,2,3-cd]pirene (IP) + dibenz[a,h]antracene (DBA). Per le città, vedi Figura 1.

Il confronto con altri dati di letteratura [3, 4] è alquanto limitato, poiché i numeri ivi riportati sono riferiti alla quantità di polvere esaminata e non alla superficie interessata. Tuttavia, prendendo a riferimento le concentrazioni superficiali di toxIPA registrate ad Ouargla (Algeria), Fiumicino e Roma (Tabella 1), i valori delle undici scuole sono medio-alti.

città	sito	tox-IPA (ng/m ²)	ftalati (µg/m ²)
Ouargla (Algeria)	università	17,8±2,7	12,3±3,3
	ospedale	22,8±10,1	0,62±0,42
	scuola	15,0±3,6	13,2±9,4
	appartamento	89±32	28±18
Roma (Italia)	appartamenti	20±14	63±45
	aeroporto Fiumicino	60±30	non valutati

Tab. 1 – Concentrazioni medie di tox-IPA (BaA+BbF+BjF+BkF+BaP+IP+DBaA) e di ftalati registrate a Ouargla (Algeria) e Roma (città e aeroporto).

Il computo dei rapporti di concentrazione FA/(FA+PY) e BaA/(Ba+CH), che la letteratura scientifica propone come diagnostici per l'identificazione delle sorgenti d'inquinamento [5], ha fornito i risultati riportati in Tabella 2.

città	FA/(FA+PY)	BaA/(Ba+CH)	BaP/(BeP+BaP)
Asti	0,61	0,36	0,56
Bari	0,66	0,49	0,13
Bologna	0,71	0,40	0,37
Catania	0,58	0,10	0,24
Foligno	0,64	0,48	0,14
Milano	0,53	0,44	0,20
Pescara	0,68	0,48	0,42
Paola	0,66	0,48	0,17
Potenza	0,54	0,40	0,18
Salerno	0,69	0,25	0,25
Vicenza	0,72	0,46	0,12

Tab. 2 – Rapporti di concentrazione tra IPA, calcolati per le polveri sedimentabili delle 11 scuole esaminate.

Il rapporto FA/(FA+PY) era simile in tutti i siti ($0,64\pm 0,07$), mentre maggiore variabilità ($0,40\pm 0,12$) mostrava BaA/(BaA+CH). Il primo indicava come probabile sorgente il riscaldamento domestico a gasolio ($R = 0,64\pm 0,03$), l'altro, la polvere di strada risospesa ($R = 0,35\pm 0,10$).

Il rapporto BaP/(BeP+BaP), indice dell'intensità di degradazione del campione e del suo contenuto organico [5], risultava $<0,25$ in tutte le scuole tranne a Asti, Bologna e Pescara, dove si poteva ipotizzare un continuo ingresso o rilascio di IPA; viceversa altrove le polveri avevano subito un processo d'invecchiamento (decomposizione delle specie più reattive).

I campioni erano ricchi di ftalati (PEs), ma contenevano anche di-2-etilesil-adipato (Figura 4). Gli ftalati si confermavano tra i principali componenti delle polveri, ma in concentrazioni variabili sia in valori assoluti ($44\text{-}270 \mu\text{g}/\text{m}^2$), sia in percentuali. In media i componenti più importanti erano diisobutilftalato (DiBuP) (47%), di-2-etilesilftalato (DEHP) e diisonilftalato (DiNoP). Tuttavia, ad Asti e Catania il primo rappresentava il 19% del totale, mentre il DiNoP raggiungeva rispettivamente il 49% e il 30%. Escludendo il dato di Foligno ($\sim 7,8\%$), il DEHA era meno del 3% degli ftalati. La diversa composizione suggerisce che comunque i materiali e prodotti che rilasciano ftalati e DEHA siano distinti per le città indagate.

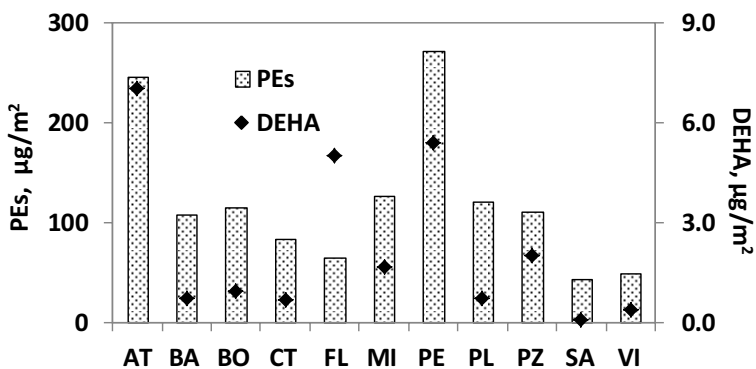


Fig. 4 – Concentrazioni medie di ftalati totali (A) e di-2-etilesiladipato (B) nelle polveri delle scuole. Simboli: PEs = ftalati (somma); DEHA = di-2-etilesiladipato. Per le città, vedi Figura 1.

Confrontando le concentrazioni superficiali con quelle riscontrate ad Algeri e Roma (vedi Tabella 1), si può affermare che anche per gli ftalati i valori erano nella categoria medio-alta ($\text{PEs} > 40 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

Poiché la quantità di contaminanti depositata sulle superfici dipende dalla frequenza di rimozione delle polveri mentre l'esposizione è funzione del carico superficiale sia per quanto attiene al contatto, sia per l'inalazione della polvere risospesa, incrementando gli interventi di pulizia si ridurrebbe l'impatto sanitario sia degli IPA, sia degli ftalati.

Infine, il DEET è stato positivamente identificato in tutte le scuole, eccetto a Pescara (problemi d'interferenze analitiche), in concentrazioni superficiali comprese tra $\sim 0,1$ e $\sim 0,6 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (vedi Figura 5). Il DEET è una sostanza relativamente instabile in aria e volatile, perciò il suo ritrovamento in concentrazioni dell'ordine della frazione di microgrammo suggerisce un uso continuato e importante del prodotto.

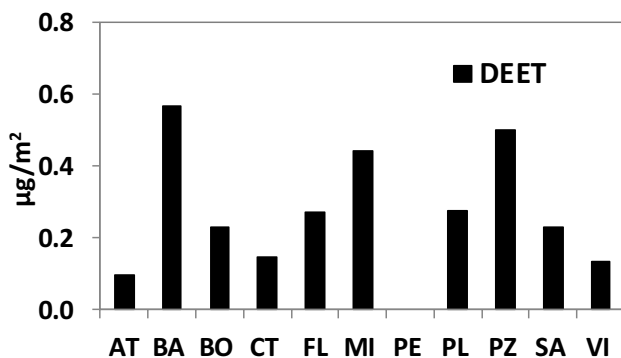


Fig. 5 – Carichi superficiali di *N,N*-dietil-*m*-toluammide nelle scuole delle undici città esaminate. Simboli: *N,N*-dietil-*m*-toluammide = DEET. Per le città, vedi Figura 2.

3. Conclusioni

Le indagini effettuate nelle scuole hanno confermato per i BTEX: che generalmente il benzene *indoor* è inferiore a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ma si possono osservare valori decisamente superiori (p.es., Catania e Pescara); la presenza di sorgenti interne quali detergenti, solventi e prodotti per la casa (riconoscibile per il cambio di composizione percentuale del gruppo) e la scarsa areazione fanno sì che i BTEX *indoor* (soprattutto toluene e xileni) possano superare le concentrazioni *outdoor*.

Quantunque non esaustivo per valutare la tossicità associata agli IPA (essi vanno determinati nella frazione PM_{10} delle polveri sospese), lo studio delle concentrazioni nelle polveri sedimentabili indica che il rischio sanitario associato non è significativo; al contrario, degna d'interesse sembra la presenza di ftalati, caratterizzati da alte concentrazioni (fin oltre $1 \text{ mg}/\text{m}^2$) e proprietà nocive per la salute.

Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare Legambiente, in particolare il suo Ufficio Scientifico, che ha effettuato la raccolta dei campioni ambientali gassosi e delle polveri nelle scuole d'indagine.

Bibliografia

- [1] Vichi F., Frattoni M., Imperiali A., Balducci C., Cecinato A., Perilli M., Romagnoli P., 2016. Civil aviation impacts on local air quality: A survey inside two international airports in central Italy. *Atmospheric Environment* 142, 393-405.
- [2] Romagnoli P., Balducci C., Perilli M., Vichi F., Imperiali A., Cecinato A., 2016. Indoor air quality at life and work environments in Rome, Italy. *Environmental Science and Pollution Research* 23, 3503-3516.
- [3] Boudehane A., Lounas A., Moussaoui Y., Balducci C., Cecinato A., 2016. Levels of organic compounds in interiors (school, home, university and hospital) of Ouargla city, Algeria. *Atmospheric Environment* 144, 266-273.
- [4] Cecinato A., Romagnoli P., Perilli M., Balducci C., 2017. Psychotropic substances in house dusts: a preliminary assessment. *Environmental Science and Pollution Research* 24, 21256-21261.
- [5] Cecinato A., Guerriero E., Balducci C., Muto V., 2014. Use of the PAH fingerprints for identifying pollution sources. *Urban Climate* 10, 630-643.

Contaminazione fungina aerodispersa in ambienti confinati a differente uso

Paola Margherita Bianca Gucci paola.gucci@iss.it, Rossella Briancesco, Anna Maria Coccia, Ines Lacchetti, Giuseppina La Rosa, Lucia Bonadonna
Istituto Superiore di Sanità, Roma

Riassunto

Nel lavoro vengono presentati i risultati preliminari relativi a una indagine sulla contaminazione fungina presente nell'aria dei locali di un plesso scolastico adibiti a differente uso.

*In tutti gli ambienti monitorati sono state evidenziate moderate, nonché confrontabili, concentrazioni fungine con valori massimi dell'ordine di 10^2 UFC/m³. *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Penicillium*, sono stati i generi fungini isolati più frequentemente.*

I dati ottenuti riguardo le condizioni microclimatiche e igienico-sanitarie della struttura scolastica serviranno come background per studi successivi e pur non consentendo valutazioni in termini di rischio per la salute, data la complessità multifattoriale dell'esposizione umana, rendono tuttavia possibili eventuali interventi mirati in un'ottica di prevenzione.

Summary

A preliminary investigation on the indoor air mould contamination of differently end used school environments has carried out and results are shown below.

*In all the monitored environments moderate and comparable mould densities have been found with the maximum value of 10^2 CFU/m³. *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Penicillium* were the most frequently isolated fungal genera. The data obtained about the microclimatic and sanitary conditions of the investigated school building will serve as a background for subsequent studies and while not allowing health risk assessment because of the multifactorial complexity of human exposure, however, make possible any interventions aimed at a prevention perspective.*

1. Introduzione

Il concetto di contaminazione *indoor*, sebbene richiami fortemente l'attenzione sulla presenza di inquinanti chimici in un ambiente di vita, si estende, tuttavia, anche agli effetti negativi sulla salute umana dovuti a una grande varietà di particelle biologiche inalabili e/o respirabili (bioaerosol) in grado di provocare patologie di natura infettiva, allergica o tossigena [1].

Bambini, anziani e soggetti affetti da patologie croniche (per esempio malattie cardiache, respiratorie e allergiche), poiché costretti a trascorrere più tempo in luoghi confinati, vengono a costituire quella parte più suscettibile della popolazione maggiormente a rischio.

Tra gli agenti biologici, i funghi filamentosi (muffe) rivestono particolare importanza poiché, oltre a costituire un indice rilevante di qualità ambientale, in quanto correlabili ad una elevata umidità, polverosità e ridotta ventilazione, possono essere responsabili di reazioni di ipersensibilità, sintomi respiratori allergici e patologie infettive. L'esposizione alle muffe negli ambienti confinati è, infatti, associata in modo significativo a disturbi dell'apparato respiratorio, asma, aumentata sensibilità alle sostanze chimiche e alle allergie [2]. Alcune muffe, inoltre, producono micotossine che hanno effetti cancerogeni, teratogeni e proprietà neurotossiche [2, 3].

Relativamente alle patologie di natura allergica, dal Congresso Internazionale sulle allergie pediatriche – tenutosi a Milano nel febbraio 2012 – è emerso che, negli ultimi venti anni, in Italia la percentuale dei bambini allergici è aumentata dal 7 al 25%. Sulla base di studi epidemiologici si è potuto stimare che nei bambini in età scolare l'esposizione a muffe in ambiente *indoor* può aumentare il rischio di contrarre asma fino a cinque volte [4]; nelle scuole elementari e superiori è stato visto, infatti, che l'asma è la principale causa di assenze scolastiche [5]. In Italia, l'asma e la rinite allergica sono tra le patologie croniche più diffuse nell'infanzia e nell'adolescenza [6]. Si calcola che circa il 15-20% della popolazione italiana soffre di allergie, fenomeno in crescita, soprattutto tra i più giovani e le donne (<http://www.epicentro.iss.it/problemi/asma/asma-epi.asp>).

Numerose evidenze dimostrano che la rimozione degli allergeni *indoor* determina una riduzione dei sintomi nei pazienti allergici. Nelle scuole è stato anche dimostrato che le misure volte a migliorare la qualità dell'aria, pur non evitando l'insorgenza di malattie respiratorie o allergiche, contribuiscono ad attenuarne i sintomi e a prevenire forme acute anche gravi, migliorando la qualità di vita di tutti coloro che frequentano abitualmente la scuola per studio o per lavoro [7].

D'altra parte, che l'ambiente scolastico debba essere pulito, accogliente e sicuro è già stato stabilito nella Carta della Scuola in cui nella parte III vengono stabiliti i criteri di qualità ambientale nelle scuole [8].

La riduzione dei rischi di esposizione ad agenti chimici e biologici è stato, in Italia, uno degli obiettivi principali del Piano Nazionale della Prevenzione 2010/2012 che prevede la definizione di linee strategiche per migliorare i requisiti igienici della qualità dell'aria *indoor* (IAQ) con particolare attenzione a scuole e altri ambienti frequentati dai bambini. Ciò si è poi tradotto nell'emanazione di apposite linee guida per la prevenzione dei fattori di rischio *indoor* per allergie e asma in ambienti scolastici [9]. Pur rappresentando un utile riferimento normativo, la mancanza di specifiche regole su requisiti e standard igienico-sanitari, su procedure e compiti, nonché l'esistenza di modelli organizzativi diversi da Regione a Regione hanno tuttavia ostacolato la concreta applicazione delle linee guida.

Più recentemente il progetto europeo SINPHONIE ha sviluppato linee guida e raccomandazioni per un ambiente scolastico sano, costituendo, pertanto, un supporto informativo supplementare alle linee guida nazionali in vigore. Nel documento, che per gli aspetti metodologici fa riferimento alle norme ISO disponibili, vengono individuati indicatori fisici, chimici e biologici per la valutazione della IAQ nelle scuole europee e, tra i fattori di stress microbiologico, vengono indicati specifici gruppi fungini da monitorare [10].

In Italia il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento *Indoor* dell'Istituto Superiore di Sanità (costituito dal Presidente dell'ISS con nota 1° ottobre 2010) è tuttora impegnato nell'armonizzazione di procedure d'intervento sia sugli inquinanti biologici che chimici [11]. Nell'ambito di un programma di monitoraggio della qualità dell'aria *indoor* delle scuole presenti sul territorio nazionale, l'Istituto Superiore di Sanità in collaborazione con alcune aziende sanitarie locali, ha avviato un'indagine preliminare su un plesso scolastico di nuova costruzione, non associato a segnalazioni di tipo sanitario riconducibili alla qualità dell'aria, ai fini di acquisire dati di *background* sulle condizioni microclimatiche e igienico-sanitarie di edifici scolastici, da comparare nelle fasi successive dello studio, con le risultanze analitiche di contesti scolastici di altro tipo. A questo scopo è stata effettuata la valutazione qualitativa e quantitativa delle muffe presenti nell'aria dei locali di un plesso scolastico adibiti a differente uso.

2. Relazione

Il plesso scolastico oggetto dell'indagine è situato in un comune dell'Italia centrale ed è adibito a scuola dell'infanzia e a scuola primaria. La componente fungina aerodispersa è stata ricercata nel

bioaerosol dei seguenti ambienti: aule della scuola primaria (n. 5); uffici adibiti a segreteria (n. 5), abitazione privata del custode (n. 3 locali). I rilievi sono stati effettuati nella stagione invernale, a fine orario scolastico; i locali esaminati erano situati nell'area nord del plesso e privi di ventilazione artificiale. Sono stati considerati anche due punti di campionamento dell'aria *outdoor*.

2.1 Metodiche utilizzate

Per la captazione dell'aria è stato utilizzato il campionatore attivo ad impatto ortogonale aspirante monostadio *Surface Air System DUO SAS 360* (VWR International PBI, Milano), posizionato da terra ad una altezza pari a circa metri 1,5 (distanza media delle prime vie respiratorie umane) [11]. Il DUO SAS 360, mediante filtrazione a fessura, ha aspirato simultaneamente su doppia testata volumi prefissati di aria che sono stati convogliati direttamente su piastre Rodac, alloggiata nelle testate stesse e contenenti Sabouraud Dextrose Agar (Thermofisher, Milano), terreno specifico per il rilevamento delle muffe, addizionato con cloramfenicolo.

Le piastre sono state incubate a 25°C per 5-7 giorni e le colonie con micelio sono state enumerate ed isolate. L'identificazione a livello di genere delle colonie fungine sviluppatesi è stata effettuata tramite osservazione delle caratteristiche morfologiche e mediante esame al microscopio degli elementi strutturali, previa colorazione al blu di lattofenolo.

Per le muffe isolate dalle aule è stata confermata l'appartenenza al genere e sono state identificate le specie mediante tecniche molecolari di amplificazione (PCR) e sequenziamento. Le colonie fungine sono state frantumate meccanicamente mediante agitazione con beads di vetro e ripetuti cicli di congelamento scongelamento; il DNA è stato estratto utilizzando il kit NZY Tissue gDNA Isolation Kit (Nzytech, Lisboa). È stata amplificata la regione ITS utilizzando la coppia di primers universali ITS1- ITS4 [12]; i prodotti di PCR sono stati separati su gel di agarosio all'1,5%, purificati e sequenziati in entrambe le direzioni (Bio-Fab Research, Roma). Mediante il programma Blast, le sequenze ottenute sono state confrontate con quelle dei prototipi presenti nella banca dati di acidi nucleici Gene Bank.

In tutti gli ambienti indagati sono stati inoltre rilevati anche i valori di temperatura e umidità relativa mediante termometro ambientale digitale (TFA, Germany).

2.2 Risultati e discussione

In Tabella 1 sono riportate le concentrazioni fungine rilevate negli ambienti monitorati, i generi e le specie di muffe identificate.

I valori rilevati, in ordine di grandezza mai superiori a 10^2 UFC/m³ e variabili da $1,0 \times 10^1$ a $3,8 \times 10^2$ UFC/m³, erano pressoché confrontabili in tutti i locali, con densità di poco inferiori in alcune aule. Nell'insieme sono stati identificati sette generi fungini e l'analisi molecolare ha consentito, per alcuni campioni, l'identificazione di cinque distinte specie di muffe. I generi *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Penicillium*, ubiquitari e comuni miceti ambientali sono risultati costantemente e ripetutamente presenti. L'esposizione a queste muffe è associata in letteratura ad una varietà di esiti negativi per la salute tra cui disturbi del sistema respiratorio, ematologico, immunologico, neurologico [13].

La patogenicità del genere *Aspergillus*, responsabile di patologie a carico di soggetti immunodepressi e di infezioni secondarie, è riconducibile all'inalazione delle spore o delle tossine prodotte da determinate specie [14]. Tra quelle identificate in questa indagine, *A. ochraceus*, oltre a provocare malattie polmonari negli adulti e asma nei bambini a seguito di inalazione di spore, produce anche Ocratossina A, una micotossina che può contaminare gli alimenti e che, se ingerita, può causare effetti neurotossici, immunosoppressivi, genotossici, carcinogenici e teratogenici [15]. Per quanto le micotossine abbiano in generale una bassa volatilità e la loro inalazione a livelli significativi non sia molto probabile, non possono essere esclusi fenomeni patologici indotti in caso di massiva inalazione di spore/conidi e successiva colonizzazione dei tessuti da parte dei funghi [16].

Nel bioaerosol di alcune stanze adibite ad ufficio e nei locali dell'abitazione annessa, sono stati rilevati anche muffe appartenenti ai generi *Graphium*, *Rhizopus* e *Syncephalastrum*, peculiarmente degradatrici di materiale vegetale, che, pur non essendo associate a specifiche patologie umane, possono tuttavia fungere da *trigger* di manifestazioni allergiche a carico del sistema respiratorio.

Per una valutazione critica delle concentrazioni delle muffe aerodisperse rilevate, non potendo per questo parametro far riferimento a specifici valori soglia formulati sulla base di modelli di valutazione del rischio di esposizione per inalazione, sono stati presi in considerazione i valori pubblicati da diversi enti internazionali per gli ambienti confinati, anche se caratterizzati da una elevata variabilità da un Paese all'altro. In Brasile, Germania, Portogallo e Svizzera le massime concentrazioni fungine suggerite nel bioaerosol sono, rispettivamente, $7,5 \times 10^2$ UFC/m³, $1,0 \times 10^4$ UFC/m³, $5,0 \times 10^2$ UFC/m³ e $1,0 \times 10^3$ UFC/m³ [17-20]; se si facesse riferimento anche al più restrittivo di questi valori, le concentrazioni fungine rilevate nei campioni di aria esaminati, risulterebbero molto contenute. Il mancato superamento di questi ipotetici limiti, non esclude tuttavia che la presenza di spore all'interno della scuola possa costituire un importante fattore di sensibilizzazione del personale scolastico e in special modo dei bambini esposti, date le condizioni di maggiore sensibilità da parte di questa fascia di popolazione.

	Ambiente	Muffe (UFC/m ³)	Identificazione	
			Morfo-microscopica	Molecolare
Aula	A1	$2,5 \times 10^1$	<i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp	<i>Cladosporium cladosporioides</i>
	A2	$1,1 \times 10^2$	<i>Aspergillus</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp	<i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Aspergillus pseudoglaucos</i>
	A3	$1,0 \times 10^1$	<i>Penicillium</i> sp	<i>Penicillium expansum</i>
	A4	$2,4 \times 10^2$	<i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp	<i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Penicillium expansum</i>
	A5	$3,0 \times 10^1$	<i>Aspergillus</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Aspergillus Section Usti</i>
Ufficio	U1	$1,4 \times 10^2$	<i>Alternaria</i> sp <i>Penicillium</i> sp	–
	U2	$1,0 \times 10^2$	<i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp	–
	U3	$3,8 \times 10^2$	<i>Alternaria</i> sp <i>Aspergillus</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp	–
	U4	$2,6 \times 10^2$	<i>Cladosporium</i> sp <i>Graphium</i> sp <i>Penicillium</i> sp <i>Rhizopus</i> sp	–
	U5	$3,1 \times 10^2$	<i>Alternaria</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp <i>Syncephalastrum</i> sp	–

Stanza abitazione	S1	1,5 x 10 ²	<i>Aspergillus</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp	–
	S2	3,1 x 10 ²	<i>Alternaria</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp <i>Rhizopus</i> sp	–
	S3	2,8 x 10 ²	<i>Alternaria</i> sp <i>Aspergillus</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Penicillium</i> sp	–
Esterno	E1	3,0 x 10 ²	<i>Alternaria</i> sp <i>Cladosporium</i> sp	<i>Alternaria gaisen</i> <i>Alternaria tenuissima</i>
	E2	3,5 x 10 ²	<i>Alternaria</i> sp <i>Aspergillus</i> sp <i>Penicillium</i> sp	<i>Alternaria tenuissima</i>

Tab. 1 – Concentrazione di muffe rilevate nel bioaerosol degli ambienti indagati e specie fungine identificate

Nella Tabella 2 vengono riportati i valori di temperatura e umidità relativa registrati durante i campionamenti, sia *indoor* che *outdoor*.

Le temperature variavano da 16 a 24°C e l'umidità relativa dal 32 al 42%.

Ambiente		Temperatura (C°)	Umidità relativa (%)
Aula	A1	17,7	41,0
	A2	20,0	36,0
	A3	16,4	36,0
	A4	16,0	37,0
	A5	16,2	38,0
Ufficio	U1	19,6	36,7
	U2	24,0	34,3
	U3	23,2	42,4
	U4	23,9	32,4
	U5	21,3	34,0
Stanze abitazione	S1	22,6	36,4
	S2	20,4	34,8
	S3	23,3	38,1
Esterno	E1	15,9	38,0
	E2	16,6	42,2

Tab. 2 – Valori di temperatura e umidità relativa rilevati negli ambienti indagati

3. Conclusioni

In questa indagine le muffe sono risultate presenti in concentrazioni piuttosto uniformi e modeste, dell'ordine di 10^2 UFC/m³, valore che, come si evince dalla letteratura di settore, rappresenta una contaminazione di fondo, dato che anche in ambienti *indoor* ritenuti salubri la presenza di muffe è una costante. Pertanto il plesso scolastico preso in esame può essere considerato come *background* di riferimento per quanto riguarda le condizioni igienico-sanitarie di altri edifici scolastici e quindi utilizzabile nelle successive fasi di comparazione dello studio. Le modeste concentrazioni fungine rilevate sono risultate congrue con i valori riscontrati per i parametri microclimatici e anche coerenti con l'esame dei locali che, all'ispezione, sono risultati esenti da segni di deterioramento. L'aver riscontrato, tuttavia, presenza di specie patogene quali *Aspergillus ochraceus* e di generi notoriamente associati a patologie umane correlate all'ambiente *indoor* (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*), sia pur a basse concentrazioni, oltre a confermare l'ubiquitarità di queste muffe, sottolinea l'importanza di azioni di controllo mediante piani strategici di monitoraggio.

Bibliografia

- [1] Douwes J, Thorne P.S., Pearce N., Heederik D., *Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects*. Ann. Occup. Hyg., 47(3), 187-200 (2003).
- [2] World Health Organization, *Guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. WHO, Geneva (2009).
- [3] Didwania N., Joshi M., *Mycotoxins: A critical review on occurrence and significance*, Int. J. Pharm. Pharmaceutical Sci. 5, 1005-1110 (2013).
- [4] Immonen J., Meklin T., Taskinen T., Nevalainen A., Korppi M., *Skin Prick Test findings in students from moisture and mould damaged schools: A three-year follow – up study*, Pediatr. Allergy Immunol. 12, 87-94 (2001).
- [5] Bayer C.W., ASHRAE Looks at School IAQ. Western HVACR News (2001).
- [6] Galassi C., De Sario M., Biggeri A., Bisanti L., Chellini E., Ciccone G., Petronio M.G., Piffer S., Sestini P., Rusconi F., Viegi G., Forastiere F., *Changes in prevalence of asthma and allergies among children and adolescents in Italy: 1994-2002*. Pediatrics 117(1), 34-42 (2006).
- [7] Gruppo Lavoro GARD-I, *La qualità dell'aria nelle scuole e rischi per malattie respiratorie e allergiche. Quadro conoscitivo sulla situazione italiana e strategie di prevenzione*. Progetto n°1 "Programma di prevenzione per le scuole dei rischi *indoor* per malattie respiratorie e allergiche". GARD-I Italy Un mondo dove respirare liberamente. https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_1892_allegato.pdf.
- [8] Italia, Direttiva Ministeriale 21 luglio 1995, n. 254. Carta dei servizi scolastici. Ai sensi dell'art.2 del D.P.C.M.7 giugno 1995, pubblicato sulla G.U. n.138 del 15 giugno 1995.
- [9] Ministero della Salute, *Schema di linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie e asma*. Centro per la prevenzione e controllo delle malattie – Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria, Uff. II, Roma (2010).
- [10] Europa, *SINPHONIE Inquinamento Indoor nelle Scuole e Salute Osservatorio Europeo. Linee guida per un ambiente scolastico sano in Europa*. G.U. del 13 gennaio 2011 n. 9 serie generale. Centro Ambientale Regionale per l'Europa Centrale e Orientale (REC) 2000 Szentendre Ady Endre ut 9-11, Hungary Unione Europea (2014).
- [11] Bonadonna L., Briancesco R., Brunetto B., Coccia A.M., De Gironimo V., Della Libera S., Fuselli S., Gucci P.M.B., Iacovacci P., Lacchetti I., La Rosa G., Meloni P., Paradiso R., Pini C., Semproni M., *Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor*, Roma: Istituto Superiore di Sanità. Rapporti ISTISAN 13/37 (2013).
- [12] White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J.W., *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics*, in: Innis, M. A., Gelfand D. H., Sninsky J. J., White T. J. (Eds.), PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. Academic Press Inc., New York, pp. 315-322 (1990).
- [13] Schwab C.J., Strauss D.C., *The roles of Penicillium and Aspergillus in sick building syndrome*. Advances in Applied Microbiology, 55, 215-38 (2004).

- [14] Walsh T.J., Anaissie E.J., Denning D.W., Herbrecht R., Kontoyiannis D.P., Marr K A., Morrison V.A., Segal B.H., Steinbach W.J., Stevens D.A., van Burik J.A., Wingard J.R.,
- [15] Ravelo Abreu A., Rubio A.C., Gutiérrez F.A.J., De la Torr, H.A., *Ochratoxin A in foods for human consumption: review*. *Nutricion hospitalaria*, 26(6), 1215-26 (2010).
- [16] Flaherty D.K., Deck F.H., Cooper J., Bioshop K., Wintenburger P.A., Smith L.X., Bynum L., Witmer W.B., *Bacterial endotoxin isolated from a water spray air humidification system as putative agent of occupation-related disease*. *Infect. Immun.*, 43(1), 206-212 (1984).
- [17] De Aquino Neto F.R., de Góes Siqueira L.F., *Guidelines for indoor air quality in offices in Brazil*. *Proc. Healthy Build.* 4, 549–554 (2004).
- [18] **Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)**, *Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (#9430)*. Erich Schmidt Verlag, Berlin, Germany (2004).
- [19] Pegas P.N., Evtugina M.G., Alves C.A., *Outdoor/indoor air quality in primary schools in Lisbon: a preliminary study*. *Quim Nova* 33, 1145–1149 (2010).
- [20] SUVA, *Grenzwerte am Arbeitsplatz 2007*, Luzern, Switzerland (2007).

SITE REMEDIATION AND REQUALIFICATION

LE BONIFICHE NEL QUADRO DELLA “CIRCULAR ECONOMY”

La sessione RECLAIM EXPO offre un punto di incontro per tutti i soggetti interessati alla bonifica e riqualificazione di siti contaminati, dalle istituzioni (Ministeri, Regioni, Istituzioni e Agenzie Scientifiche Nazionali e Regionali) alle imprese, ivi inclusi i soggetti interessati e le imprese che offrono loro servizi e tecnologie. Dalla prima normativa di circa 20 anni fa in Italia molte aree contaminate sono state risanate e restituite all'uso, soprattutto per siti di interesse regionale e ciò ha contribuito ad aumentare l'esperienza nel settore dei siti contaminati. Tuttavia, le bonifiche sono risultate spesso lente e costose, ed è cresciuta la richiesta di una gestione sostenibile, in cui le esigenze di risanamento ambientale e di sicurezza igienico-sanitaria siano coniugate con costi accettabili e recupero economico delle aree bonificate. In questo senso, la bonifica dei siti contaminati diventa il tassello importante di uno sviluppo basato sui principi della *Circular Economy*, consentendo di recuperare servizi dagli ecosistemi e il riuso di porzioni di territorio a nuovi usi produttivi (industriali, ma anche commerciali e residenziali), diminuendo al contempo la richiesta *ex novo* di aree di maggior pregio. È evidente come ciò richieda una convergenza tra tutti gli elementi che possono concorrere a definire la strategia di bonifica (normativi, procedurali, tecnologici e economici). Molto di quanto menzionato è oggetto degli articoli che seguono.

A cura di: **Unione Petrolifera, Federchimica, Eni, Aidic, Ministero dell'Ambiente, Istituto Superiore di Sanità, ISPRA e Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Loredana Musmeci, *esperto ambientale/past direttore dip. Ambiente e salute Istituto Superiore di Sanità*
- Donatella Giacometti, *Unione Petrolifera*

Potenzialità di batteri foto sintetici nella rimozione di metalli pesanti da matrici contaminate

Francesco Cardellicchio, f.cardellicchio@gmail.com
Dipartimento di Chimica – Università di Bari, Bari

Riassunto

*L'inquinamento da metalli pesanti rappresenta un problema di rilevanza ambientale. La rimozione da reflui e suoli in siti contaminati è di grande attualità. I metodi tradizionali presentando numerosi svantaggi, tra bassa selettività, consumi energetici e di reagenti. Spesso si producono prodotti di rifiuto difficili da smaltire, con problemi d'inquinamento secondario. Approcci biotecnologici, con l'utilizzo di piante e/o microorganismi, hanno ricevuto attenzione nel campo della "remediation" ambientale. L'interazione tra ioni metallici e microrganismi è stata di recente studiata. Il batterio *Rhodobacter (R.) sphaeroides* ha dimostrato capacità di resistenza allo stress da metalli e potenzialità di "biosorption" verso cobalto e cromo. In questo lavoro viene illustrata l'importanza lo studio del quadro lipidico della membrana cellulare per la comprensione delle risposte in condizioni di stress al "biosorption" di metalli in sistemi contaminati.*

Summary

*Heavy metal pollution is a problem of environmental relevance. Removal from wastes and soils in contaminated sites is of great relevance. Traditional methods present many disadvantages, including low selectivity, energy consumption and reagents. Often, by-products are produced, with problems of secondary pollution. Biotechnological approaches, using plants and or microorganisms, have received attention in the field of environmental remediation. The interaction between metal ions and microorganisms has been recently studied. The *Rhodobacter (R.) sphaeroides* bacterium has shown resistance to metal stress and potentials of biosorption towards cobalt and chromium. This paper illustrates the importance of studying the lipids of the cell membrane for understanding the responses under stress to the biosorption of metals in contaminated systems.*

1. Introduzione

L'inquinamento da metalli pesanti rappresenta un problema ambientale in quanto i metalli non sono degradabili e spesso sono tossici anche a basse concentrazioni. La loro rimozione da acque di scarico, bacini idrici influenzati da reflui industriali e suoli di siti contaminati è dunque di grande attualità. I metodi tradizionali di remediation sono diversi, presentando numerosi svantaggi, tra cui rimozione incompleta, bassa selettività, alti consumi energetici e di reagenti. Inoltre, spesso si producono altri prodotti di rifiuto difficili da smaltire, con conseguenti problemi d'inquinamento secondario. Approcci biotecnologici, come l'utilizzo di piante e/o microorganismi, hanno ricevuto attenzione di recente come strumento alternativo di "remediation" ambientale. L'interazione tra ioni metallici e microrganismi, in particolare, è stata ampiamente studiata. Il batterio *Rhodobacter (R.) sphaeroides* ha dimostrato capacità

di resistenza allo stress da metalli e potenzialità di “biosorption” verso metalli pesanti, come cobalto e cromo. *Rhodobacter sphaeroides* è un batterio fotosintetico facoltativo, capace di crescere in condizioni strettamente anaerobiche alla luce o di comportarsi alternativamente da chemiotrofo al buio. Recenti studi hanno dimostrato la possibilità di un suo utilizzo in processi di biorisanamento grazie alla capacità di crescita in ambienti contaminati da metalli. La resistenza microbica può essere sfruttata allo scopo di immobilizzare i metalli e rimuovere gli stessi per esempio da acque di scarico industriali. La membrana cellulare gioca in questo caso un ruolo fondamentale nella resistenza allo stress, che può manifestarsi con modificazioni nella struttura lipidica e nella concentrazione di suoi costituenti come acidi grassi o fosfolipidi. In questo lavoro viene illustrata l'importanza degli studi del quadro lipidico della membrana al fine della comprensione delle risposte cellulari in condizioni di stress derivanti dal “biosorption” di metalli pesanti da sistemi contaminati. Lo scopo è stato quello di ottenere informazioni sulle modifiche delle membrane di batteri cresciuti in condizioni di stress abiotico (presenza di metalli pesanti quali cobalto e cromo) nel confronto con batteri cresciuti in condizioni di controllo.

2. Relazione

La membrana cellulare rappresenta una barriera di permeabilità che regola il transito di piccole molecole attraverso il bilayer lipidico grazie alla presenza di porine, proteine transmembrana che formano dei canali di trasporto di molecole idrofiliche di basso peso molecolare. Il profilo lipidico dei batteri è abbastanza noto in condizioni normali, mentre poco studiati sono i cambiamenti in condizioni di stress da metalli pesanti. Uno studio recente analizza i cambiamenti del profilo lipidico di membrana in RdS cresciuti in condizioni di limitata disponibilità di fosforo. Per i lipidi l'attenzione è stata focalizzata sui fosfolipidi e sulfolipidi perché alcuni lavori hanno dimostrato il ruolo di questi lipidi anionici per il mantenimento della integrità delle membrane cellulari [1]. I fosfolipidi e i sulfolipidi hanno un ruolo di vicendevole compensazione; per esempio, in condizioni limitanti di fosfato la biosintesi dei sulfolipidi compensa il deficit dei fosfolipidi, mantenendo il carattere anionico della membrana tilacoidale [2].

2.1 Materiali e metodi

Il ceppo R26.1 di *Rhodobacter sphaeroides*, di colorazione verde, è stato fornito dal Gruppo Feher/Okamura (San Diego) ed è stato coltivato presso il “Culture Collection Centre” del Dipartimento di Chimica dell'Università di Bari. Il batterio è stato fatto crescere in condizioni di luce e di anaerobiosi nel mezzo di coltura “27” della “German Collection of Microorganism and Cell Cultures”, contenente metalli pesanti come oligoelementi, ed in particolare Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} e MoO_4^{2-} , come elementi in traccia [3]. Le colture batteriche sono state poi fatte crescere nel suddetto terreno di coltura contenente sia cromo Cr(VI) aggiunto come sodio cromato $Na_2(CrO_4)$ alla concentrazione di 0.2 mM, sia cobalto Co(II), aggiunto come $CoCl_2$ alla concentrazione di 5 mM. La coltura di controllo non conteneva nessuno dei due metalli suddetti. In una bottiglia da 1.2 L riempita completamente con il liquido del mezzo di coltura sono stati inoculati 75 mL contenenti 10^9 cfu/mL della coltura iniziale. La bottiglia è stata poi esposta alla luce di una lampada al tungsteno di 100 W per il tempo necessario ad accumulare una biomassa batterica sufficiente. Successivamente il brodo di coltura è stato centrifugato (13 000 rpm x 15 min). Il pellet batterico è stato lavato prima con tampone Tris-HCl (20 mM, pH 8) e poi con acqua distillata. Il pellet batterico, disperso in ca. 25 mL del liquido di lavaggio, è stato, infine, sonicato e suddiviso in 5 aliquote conservate in freezer a -20 °C. Il campione ottenuto dopo questa procedura di “lavaggio” è una dispersione di colore verde (dovuto alla presenza della *batteriochlorofilla a*) da conservare in freezer evitando l'esposizione alla luce. Lo step successivo prevede l'applicazione dei metodi di estrazione che portano alla rottura delle membrane batteriche.

2.2 Estrazione dei lipidi

Per l'estrazione dei lipidi è stato utilizzato il metodo proposto da Bligh-Dyer [4]. A 80 μL di soluzione acquosa di *RbS* (ca 10 mg di pellet) vengono aggiunti in una provetta di vetro 300 μL di cloroformio/metanolo (1:2, v:v), agitando successivamente la provetta in maniera vigorosa; in seguito si aggiungono 100 μL di cloroformio, agitando vigorosamente e infine 100 μL di H_2O . Dopo vigorosa agitazione, si centrifuga per 10 minuti a 3000 rpm fino ad ottenere una fase superiore acquosa ed una inferiore organica, contenente i lipidi. Le componenti insolubili del campione si collocano all'interfase tra le due fasi precedentemente descritte. Si recupera quindi la fase organica che viene portata a secco sotto azoto e ridisciolta in 100 μL di cloroformio:metanolo (1:1, v:v). Sono state inoltre preparate e testate diverse diluizioni di questa soluzione. Questo estratto è stato miscelato con la matrice 1,8-Bis(dimetilammino) naftalene (Proton Sponge) (concentrazione 10 mg/mL in metanolo) o CCICA (concentrazione 10 mg/mL in metanolo) in rapporto 1:1; la soluzione è stata depositata sul target plate in replicato, e dopo l'evaporazione del solvente il target è stato inserito in camera d'analisi del MALDI TOF.

2.3 Analisi MALDI-TOF

Gli esperimenti di spettrometria di massa sono stati condotti utilizzando uno spettrometro di massa a tempo di volo Micromass M@LDI™-LR (Waters MS Technologies, Manchester, UK) equipaggiato con laser UV ad azoto (337 nm), un sistema di caricamento per il target plate (96 pozzetti, diametro di 3 mm), un sistema "reflectron" con un cammino ottico di 2.3 m e un detector micro channel plate (MCP). Le analisi sono state eseguite in "positive e negative-ion mode" in un range di acquisizione compreso tra 400 e 2000 m/z , acquisendo circa 50 scansioni per ogni spot. Gli spettri mediati, dopo sottrazione del background, sono stati sottoposti a smoothing con l'algorithm di Savitzky-Golay. Le analisi sono state condotte in modalità *rastering* acquisendo lo stesso numero di scansioni con la stessa energia del laser su tutti i pozzetti. Per le attribuzioni dei segnali ci si è avvalsi del database LIPIDMAPS (www.lipidmaps.org) e del programma *LipidMSpredict* reperibile sempre sul suddetto sito.

2.4 Risultati

I fosfolipidi identificati come costituenti di membrana di RdS sono stati: fosfatidiletalonamine (PE), fosfatidilgliceroli (PG), fosfatidilcoline (PC), cardiolipine (CL) (Fig.1). È stata accertata la presenza di altre classi lipidiche come i sulfochinovosil diacilgliceroli (SQDG), lipidi privi di fosforo e contenenti un sulfochinovosio.

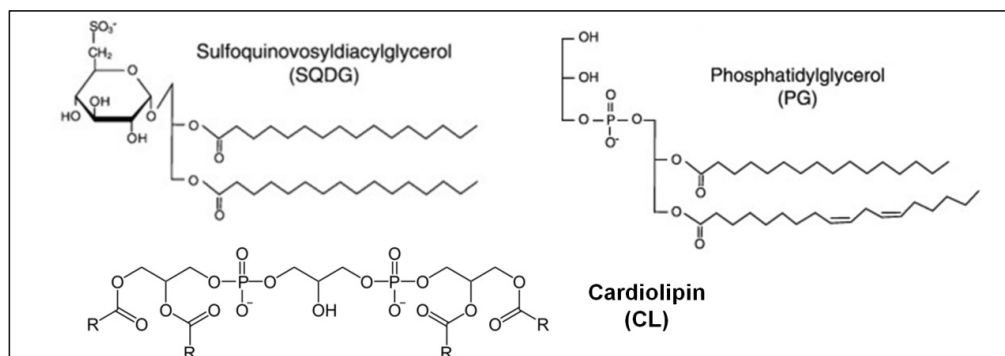


Fig. 1 – Principali classi di lipidi studiati

Il confronto tra il profilo lipidico di membrana dei batteri stressati e del campione di riferimento è stato condotto attraverso l'analisi dei risultati relativi alle varie classi fosfolipidiche. Nel caso in esame, l'interesse si è incentrato sulle classi dei sulfolipidi SQDG (sulfochinovosildiacilgliceroli), dei fosfolipidi PG e delle cardiolipine CL. Dall'analisi degli spettri di massa relativamente al profilo del sulfolipide SQDG nell'estratto lipidico di *RbS* trattato con ioni cobalto è stato possibile osservare un evidente incremento dell'intensità relativa degli ioni a m/z 845.5, 847.5 e 849.5 rispetto al controllo ed un decremento dei segnali allo stesso rapporto m/z del cromato sempre rispetto ai campioni controllo. L'analisi dei fosfatidilgliceroli, invece, ha mostrato una lieve diminuzione di intensità relativa negli estratti lipidici provenienti dai batteri stressati con cobalto ed un aumento nei campioni di *RbS* trattati con ioni cromato rispetto ai batteri al controllo. Infine le analisi delle cardiolipine, hanno evidenziato un aumento di intensità nel campione di *RbS* trattato con ioni cobalto ed un'intensità relativa complessivamente paragonabile al controllo in campioni trattati con cromato. In Figura 2 e 3 sono riportati rispettivamente gli istogrammi che rappresentano l'andamento dell'intensità relativa (normalizzata sul picco più intenso dello spettro) per il controllo e i campioni trattati con Cobalto e Cromato per le due cardiolipine più importanti e i fosfatidilgliceroli.

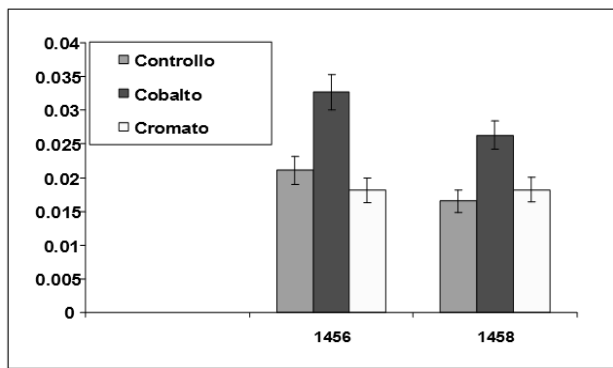


Fig. 2 – Rapporti delle intensità relative alle due cardiolipine più importanti (normalizzate al picco base dello spettro) nei batteri controllo vs stressati.

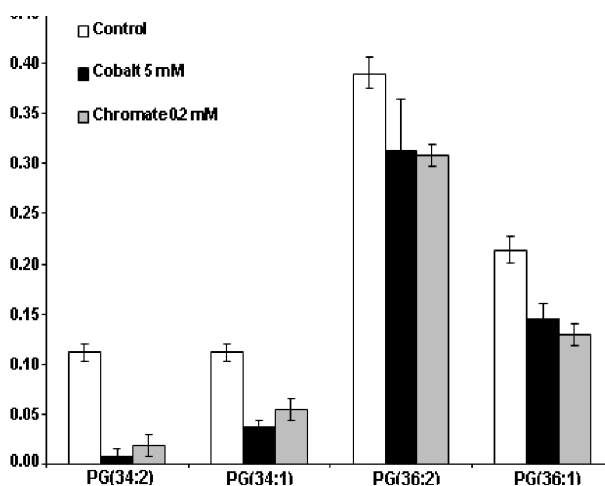


Fig. 3 – Rapporti delle intensità relative ai fosfatidilgliceroli nei batteri di controllo vs stressati.

Per quanto riguarda le cardiolipine, è stato dimostrato che una deficienza nella loro espressione, spesso dovuta ad una mutazione dell'enzima cardiolipina sintetasi [5-6], porta ad un aumentato livello dei fosfatidilgliceroli ⁽³²⁾. In effetti, l'osservazione sperimentale sui batteri trattati con Cobalto, conferma questa ipotesi. Dunque, l'alto grado di somiglianza della struttura dei PG con le cardiolipine, rende i PG lipidi essenziali che possono sostituire le CL nelle loro funzioni.

Nello stesso tempo, PG e SQDG possano avere un ruolo di vicendevoles compensazione permettendo all'organismo di sopravvivere in condizioni di stress, quando la biosintesi di uno o dell'altro lipide è alterata. Alcuni lavori hanno riportato come il ruolo di questi lipidi anionici sia fondamentale per il mantenimento dell'integrità delle membrane fotosintetiche batteriche. È stato dimostrato, infatti, come queste richiedano un livello ben definito di lipidi anionici per poter assolvere alle loro funzioni, e che quindi entrino in gioco meccanismi in grado di mantenere la quantità di questi lipidi entro certi valori limite. Nella fattispecie, si ritiene che i fosfolipidi PG ed i sulfolipidi SQDG possano avere un ruolo di vicendevoles compensazione, permettendo all'organismo di sopravvivere in condizioni di stress, quando la biosintesi di uno o dell'altro lipide è alterata. Ad esempio, in condizioni limitanti di fosfato, la biosintesi di SQDG va incontro ad una upregulation per compensare la perdita di PG, mantenendo il carattere anionico della membrana tilacoidale.

Il confronto tra il profilo lipidico di membrana dei batteri stressati e del campione di riferimento è stato condotto attraverso l'analisi dei risultati relativi alle varie classi fosfolipidiche. Nel caso in esame, l'interesse si è incentrato sulle classi dei sulfolipidi SQDG (sulfochinovosildiacilgliceroli), dei fosfolipidi PG e delle cardiolipine CL. Dall'analisi degli spettri relativamente al profilo del sulfolipide SQDG nell'estratto lipidico di *RbS* trattato con ioni cobalto è possibile osservare un evidente incremento dell'intensità relativa degli ioni a m/z 845.5, 847.5 e 849.5 rispetto al controllo ed un decremento dei segnali allo stesso rapporto m/z del cromato sempre rispetto ai campioni controllo.

L'analisi dei fosfatidilgliceroli, invece, mostra una lieve diminuzione di intensità relativa negli estratti lipidici provenienti dai batteri stressati con cobalto ed un aumento nei campioni di *RbS* trattati con ioni cromato rispetto ai batteri al controllo.

Infine le analisi delle cardiolipine, hanno evidenziato un aumento di intensità nel campione di *RbS* trattato con ioni cobalto ed un'intensità relativa complessivamente paragonabile al controllo in campioni trattati con cromato.

Per quanto riguarda le cardiolipine, è stato dimostrato che una deficienza nella loro espressione, spesso dovuta ad una mutazione dell'enzima cardiolipina sintetasi ^(31,32), porta ad un aumentato livello dei fosfatidilgliceroli ⁽³²⁾. In effetti, l'osservazione sperimentale sui batteri trattati con Cobalto, conferma questa ipotesi. Dunque, l'alto grado di somiglianza della struttura dei PG con le cardiolipine, rende i PG lipidi essenziali che possono sostituire le CL nelle loro funzioni.

Nello stesso tempo, PG e SQDG possano avere un ruolo di vicendevoles compensazione permettendo all'organismo di sopravvivere in condizioni di stress, quando la biosintesi di uno o dell'altro lipide è alterata. Alcuni lavori hanno riportato come il ruolo di questi lipidi anionici sia fondamentale per il mantenimento dell'integrità delle membrane fotosintetiche batteriche. È stato dimostrato, infatti, come queste richiedano un livello ben definito di lipidi anionici per poter assolvere alle loro funzioni, e che quindi entrino in gioco meccanismi in grado di mantenere la quantità di questi lipidi entro certi valori limite. Nella fattispecie, si ritiene che i fosfolipidi PG ed i sulfolipidi SQDG possano avere un ruolo di vicendevoles compensazione, permettendo all'organismo di sopravvivere in condizioni di stress, quando la biosintesi di uno o dell'altro lipide è alterata. Ad esempio, in condizioni limitanti di fosfato, la biosintesi di SQDG va incontro ad una upregulation per compensare la perdita di PG, mantenendo il carattere anionico della membrana tilacoidale.

3. Conclusioni

La ricerca ha permesso di avere una informazione preliminare sulla composizione tipica dei lipidi polari relativa ai “purple non sulfur bacteria”. I fosfolipidi identificati come costituenti di membrana di *RdS* sono fosfatidiletalonammine (PE), fosfatidilgliceroli (PG), fosfatidilcoline (PC), acidi fosfatici (PA) e cardiolipine (CL). Inoltre, è stata accertata la presenza di altre classi lipidiche come i sulfochinovosil-diacilgliceroli (SQDG), lipidi privi di fosforo e contenenti un sulfochinovosio, i monogalattosil-diacilgliceroli (MGDG), di-galattosil-diacilgliceroli (DGDG), ornitina amide (OA o OL), e di-acil-glicerol-N,N,N,-trimetil-omoserina (DGTS). Il presente lavoro ha aperto un’interessante prospettiva per l’analisi delle membrane batteriche, che può portare a chiarire le modalità di coinvolgimento dei lipidi di membrana di *R. Sphaeroides* quando sottoposto a condizione di stress da metalli pesanti o, più in generale, da stress abiotico. La messa a punto di un metodo alternativo di estrazione si è rivelato molto utile dal punto di vista analitico in quanto permette un’analisi rapida, semplice, economica sui batteri intatti, senza particolare pretrattamento dei campioni. I risultati ottenuti, nel tentativo di rilevare e di razionalizzare le eventuali differenze nel profilo lipidico di membrana dei campioni batterici “controllo e stressati”, sembrano incoraggianti. In fase di rielaborazione dei dati ottenuti mediante spettrometria di massa MALDI-TOF, è stato possibile stimare alcune significative variazioni nell’intensità relativa ai segnali provenienti dagli estratti lipidici esaminati. Questo risultato rappresenta un importante passo avanti per meglio comprendere una parte delle modalità di risposta allo stress da parte dei microorganismi fotosintetici potenzialmente impiegabili nel campo della bioremediation.

Bibliografia

- [1] **Sato N. et al.** : Roles of acidic lipids sulfoquinovosyl diacylglycerol and phosphatidylglycerol in photosynthesis: their specificity and evolution. *J. Plant Res*, 117 (6), (2004), 495-505.
- [2] **Frentzen M. et al.**: Phosphatidylglycerol and sulfoquinovosyldiacylglycerol: anionic membrane lipids and phosphate regulation. *Current opinion in plant biology*. Volume 7, issue 3, (2004), 270-276.
- [3] **Giotto L., Agostiano A., Italiano F., Milano F., Trotta M.**: Heavy metal ion influence on the photosynthetic growth of *Rhodobacter sphaeroides*. *Chemosphere* 62 (2006), 1490–1499.
- [4] **Bligh E.G. and Dyer W.J.** : A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, (1959), 911.
- [5] **Tamot, B.**: Construction and characterization of a cardi-olipin-deficient mutant in *Rhodobacter sphaeroides*. M.S. Thesis, Department of Biochemistry and Molecular Biology, Michigan State University, East Lansing, MI (2006).
- [6] **Chang, S.C., Heacock, P. N., Mileykovskaya, E., Voelker, D. R., and Dowhan, W.**: Isolation and characterization of the gene (CLS1) encoding cardiolipin synthase in *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Biol. Chem.* 273, (1998), 14933–14941.

Bonifica di siti contaminati nel Parco Etna e loro riqualificazione turistica-economica nell'ottica dello sviluppo territoriale sostenibile

*Giorgio Scelfo, giorgioscelfo@tiscali.it, Gianbattista Genovesi,
Rosario Davide Zammataro, Ester Stella, Gianluca Ferlito
Università degli Studi di Catania - Dipartimento Economia e Impresa,
Corso Italia 55 95129 Catania- Italy
Forestale ente Parco Etna, Nicolosi (Catania)- Italy*

Riassunto

Il paper ha esaminato nuove possibili strategie di bonifica e riqualificazione dei siti contaminati presenti nel territorio del Parco dell'Etna.

I siti contaminati sono stati individuati al fine di risanarli e restituirli alla fruizione turistica.

È stato, altresì, esposto un dettagliato piano di rilancio economico.

Sono state elaborate, inoltre, specifiche strategie, i relativi costi e tempi di attuazione: ciò, in particolare, attraverso una completa ed aggiornata mappatura del territorio del Parco dell'Etna ed il possibile reperimento di aziende locali disponibili a smaltire le diverse categorie merceologiche di rifiuti presenti sul territorio. Ed ancora, sono state indicate le tecnologie di monitoraggio e di controllo mediante impianti di videosorveglianza. È stata evidenziata, infine, l'azione educativa ambientale e divulgativa svolta dalle scuole.

Summary

The document examined new possible remediation and retraining strategies for contaminated sites in the Etna Park territory.

Contaminated sites have been identified in order to restore them and return them to tourist enjoyment.

A detailed economic recovery plan was also presented.

Specific strategies, related costs and implementation times were also elaborated, in particular through a complete and up-to-date mapping of the Etna Park's territory and the possible availability of local businesses available to dispose of the various product categories waste present in the territory. And yet, monitoring and control technologies have been reported through video surveillance systems. Lastly, the environmental and educational activities carried out by the schools were highlighted.

KEYWORDS: PARCO DELL'ETNA, BONIFICA, MICRODISCARICHE, STRATEGIE, TURISMO.

1. Introduzione

Per siti «inquinati» o «contaminati» si intendono: «Tutte quelle aree nelle quali, in seguito ad attività umane pregresse o in corso, è stata accertata un'alterazione delle caratteristiche qualitati-

ve delle matrici ambientali suolo, sottosuolo e acque sotterranee tale da rappresentare un rischio per la salute umana»¹.

La materia è disciplinata dal D.M. 471/99, in seguito profondamente modificato dal D.Lgs. 152/06.

Tra le tipologie di sito inquinato, lo stesso decreto distingue tra: sito contaminato; sito non contaminato; sito con attività in esercizio e sito dismesso².

Al fine di risolvere il problema dei siti inquinati, nocivi per la fauna, l'ambiente, la salute umana e che implicano un deprezzamento del territorio, ci si avvale delle tecnologie di bonifica, nel rispetto del principio di economicità di cui all'art. 97 Cost., compatibilmente con le esigenze di *sviluppo sostenibile*³.

Per quanto riguarda le tecnologie di bonifica, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale si avvale essenzialmente del **modello della matrice di screening**.

La "matrice di screening" adotta diversi criteri per valutare i livelli di inquinamento ambientale e propone alcuni strumenti per risolvere il problema dell'inquinamento: ciò a seconda che l'inquinamento sia prodotto da composti organici od inorganici, oppure che si tratti di interventi nel suolo o nel sottosuolo.

Sotto il profilo economico-gestionale ci si avvale, in linea generale, dell'analisi costi/benefici. Sotto tale profilo è evidente che una risorsa ambientale inutilizzata – come, ad esempio, un'area da bonificare - è priva di rilevanza economica.

I benefici economici derivanti dall'utilizzo di un bene naturale bonificato e, successivamente, salvaguardato, ricomprendono oltre al valore d'utilizzo attuale della risorsa naturale (o *surplus* del consumatore), anche le possibilità di utilizzo futuro (c.d. *valore d'opzione*).

I benefici intrinseci totali ricomprendono, quindi, il valore per le generazioni future.

Tuttavia, seppure i costi ed i benefici possono essere contabilizzati, occorre considerare che, taluni elementi, assumono una connotazione soggettiva.

Alla luce delle considerazioni testé svolte il bene ambientale, pertanto, deve essere salvaguardato non solo in quanto è in grado di produrre una utilità economica immediata, ma anche come "riserva per il futuro"⁴.

Occorre valutare, inoltre, la raggiungibilità del bene ambientale, sempre nel rispetto dell'ambiente.

¹ Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, <http://www.isprambiente.gov.it/temi/suolo-e-territorio/siti-contaminati>.

² D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006, *Norme in materia ambientale*, pubblicato in G.U. n. 88 del 14 aprile 2006. L'art. 240 recita: " e) sito contaminato: un sito nel quale i valori delle concentrazioni soglia di rischio (CSR), determinati con l'applicazione della procedura di analisi di rischio di cui all'Allegato 1 alla parte quarta del presente decreto sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, risultano superati; f) sito non contaminato: un sito nel quale la contaminazione rilevata nelle matrici ambientali risulti inferiore ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC) oppure, se superiore, risulti comunque inferiore ai valori di concentrazione soglia di rischio (CSR) determinate a seguito dell'analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica; h) sito dismesso: un sito in cui sono cessate le attività produttive".

³ <http://www.treccani.it/enciclopedia/sviluppo-sostenibile/>. Secondo la definizione proposta nel rapporto "Our Common Future" pubblicato nel 1987 dalla Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo (Commissione Brundtland) del Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente, per sviluppo sostenibile si intende uno sviluppo in grado di assicurare «il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri». Il concetto di sostenibilità, in questa accezione, viene collegato alla compatibilità tra sviluppo delle attività economiche e salvaguardia dell'ambiente. La possibilità di assicurare la soddisfazione dei bisogni essenziali comporta, dunque, la realizzazione di uno sviluppo economico che abbia come finalità principale il rispetto dell'ambiente, ma che allo stesso tempo veda anche i paesi più ricchi adottare processi produttivi e stili di vita compatibili con la capacità della biosfera di assorbire gli effetti delle attività umane e i paesi in via di sviluppo crescere in termini demografici ed economici a ritmi compatibili con l'ecosistema.

⁴ ZEPPELLETTA A. - BRESSO M. - GAMBA G., *Valutazione ambientale e processi di decisione*, Carocci, 1992, pp. 19-20.

Nel caso del Parco dell'Etna, uno dei punti critici è che esso difficilmente può essere visitato in tutte le sue parti e ciò per diverse ragioni, in particolare per le caratteristiche intrinseche del territorio.

Ed ancora, la difficile raggiungibilità, se si adotta il criterio del “costo-tragitto”, incide, inevitabilmente, nella valutazione economica del Parco dell'Etna e occorre tenere conto anche del tempo e del denaro che i turisti sono disposti a utilizzare per visitare un sito.

L'obiettivo del *paper* è fornire una mappatura territoriale del Parco dell'Etna per l'individuazione delle micro discariche abusive presenti nello stesso, la descrizione delle strategie d'intervento e dei vantaggi derivanti dal rilancio del turismo nel territorio di riferimento.

2. Il Parco dell'Etna

Il Parco dell'Etna, il primo ad essere istituito tra i Parchi siciliani con il Decreto del Presidente della Regione del 17 marzo del 1987⁵, con i suoi 59000 ettari ha il compito primario di proteggere un ambiente naturale unico e lo straordinario paesaggio che circonda il vulcano attivo più alto d'Europa e di promuovere lo sviluppo ecocompatibile delle popolazioni e delle comunità locali.

Con i suoi boschi, i sentieri, gli irripetibili panorami, i prodotti tipici, i centri storici dei suoi comuni, il Parco è in ogni stagione dell'anno un accattivante invito per i viaggiatori e gli amanti della natura, dell'enogastronomia e degli sport all'aria aperta in scenari irripetibili.

Il Parco, situato nella Sicilia orientale, si propone di valorizzare e tutelare al tempo stesso questo ambiente davvero **unico al mondo**⁶ che evidenzia la forza di una natura possente, che però sa poi essere anche molto generosa con la straripante fertilità della sua terra, con la mitezza e la generosità della “Muntagna”.

2.1 Le zone del Parco

Il territorio è stato suddiviso in quattro zone, alle quali corrispondono diversi livelli di tutela, così come stabilito dal legislatore. Nell'area di “riserva integrale” (zona “A”), la natura è conservata nella sua integrità, limitando al minimo l'intervento dell'uomo; nell'area di “riserva generale” (zona “B”), si coniuga la tutela con lo sviluppo delle attività economiche tradizionali: è caratterizzata da piccoli appezzamenti agricoli ed è contrassegnata da splendidi esempi di antiche case contadine, esempi molto significativi di architettura rurale; nell'area di “protezione a sviluppo controllato” (pre-Parco) costituita dalle zone “C” e “D”, che si presenta notevolmente antropizzata, si persegue uno sviluppo economico compatibile con il rispetto del paesaggio e dell'ambiente. Al centro dell'ecosistema del Parco c'è l'Etna, con il suo confine litologico di 250 km, l'altezza di circa 3350 m. e una superficie di circa 1260 chilometri quadrati. Ricadono nel territorio del Parco venti comuni (Adrano, Belpasso, Biancavilla, Bronte, Castiglione di Sicilia, Giarre, Linguaglossa, Maletto, Mascali, Milo, Nicolosi, Pedara, Piedimonte Etneo, Ragalna, Randazzo, Santa Maria di Licodia, Sant'Alfio, Trecastagni, Viagrande, Zafferana Etnea), con una popolazione di circa duecentocinquantamila abitanti⁷.

⁵ D.P.R. del 17 marzo 1987, Istituzione del parco dell'Etna, pubblicato sul S.O. alla G.U.R.S. n.14 del 4 aprile 1987. L'art. 1 recita: “È istituito, ai sensi dell'art. 27 della legge regionale 6 maggio 1981, n. 98, il Parco naturale regionale denominato “Parco dell'Etna”, sulla base della proposta istitutiva, citata in premessa, che modificata ed integrata secondo il parere espresso dal Consiglio regionale per la protezione del patrimonio naturale, di cui in premessa, viene allegata, segnata di lettera A, al presente decreto costituendone parte integrante”.

⁶ Nel 2013 il vulcano Etna è stato proclamato dall'UNESCO “sito naturale Patrimonio dell'Umanità”. Sul punto si veda: <http://whc.unesco.org/en/list/1427>.

⁷ <http://www.parcoetna.it/Pagina.aspx?p=3>

3. Localizzazione delle micro discariche abusive del Parco dell'Etna

L'obiettivo del paragrafo è quello di mettere in luce le problematiche che, purtroppo, contraddistinguono questo straordinario territorio.

Attraverso la seguente **mappatura del territorio etneo** ⁸ realizzata dai diversi distaccamenti del Corpo Forestale è stato possibile individuare le *micro discariche* abusive situate nel Parco dell'Etna. Successivamente, sarà approfondita l'analisi attraverso il suggerimento di strategie di bonifica immediata per portare ad una completa riqualificazione dei siti contaminati.

Lo scopo di primaria importanza che si dovrebbe conseguire consiste, in sostanza, nel promuovere e tutelare lo sviluppo ecocompatibile delle popolazioni locali, attraverso la protezione di un ambiente naturale tanto vasto (conta circa 5900 ettari) quanto unico nel suo genere. La principale problematica che affligge questo territorio è la presenza di rifiuti con discarica incontrollata: ciò danneggia seriamente il territorio e ne compromette l'immagine nel mondo. A questa problematica si cerca di porre fine attraverso la ricerca di più soluzioni al fine di contrastare questo fenomeno.

3.1 Tipologie di rifiuti nelle diverse aree del parco

Nelle tabelle sotto riportate sono illustrate, in linea generale, le tipologie di rifiuti rilevati nelle diverse aree appartenenti al Parco dell'Etna.

COMUNE	LOCALITÀ	ZONA PARCO	TIP. RIFIUTO
Mascali	Varie	B, C, D	Inerti ed. Mat. plast. auto e pneumatici

Tab.1 Distaccamento forestale di Giarre

COMUNE	LOCALITÀ	ZONA PARCO	TIP. RIFIUTO
Zafferana Etnea	Varie	B, D	Speciali-Urbani Segatura, trucioli
Viagrande	Varie	D	Speciali
Trecastagni	Varie	B, C, D	Solidi-urbani, Speciali, Segatura, trucioli, Pfu e varie
Milo	Varie	B, C	Edile, Solidi urbani

Tab.2 Distaccamento forestale di Zafferana

COMUNE	LOCALITÀ	ZONA PARCO	TIP. RIFIUTO
Adrano	Varie	B, C, D	Urbano, Eternit

Tab.3 Distaccamento forestale di Adrano

COMUNE	LOCALITÀ	ZONA PARCO	TIP. RIFIUTO
Randazzo	Varie	B, C, D	Speciali, Imballaggi, Solidi-urbani, Pericolosi

Tab.4 Distaccamento forestale di Randazzo

⁸ Tabelle per la localizzazione delle micro discariche abusive del Parco dell'Etna. Documenti, CORPO FORESTALE, distaccamenti Giarre, Zafferana, Adrano, Randazzo, Nicolosi, Bronte, Linguaglossa.

COMUNE	LOCALITÀ	ZONA PARCO	TIP. RIFIUTO
Pedara	Varie	C, D	Speciali, Pericolosi
Ragalna	Varie	B, D	Speciali, Urbani, Pericolosi
Belpasso	Varie	D	Speciali, Urbani, Pericolosi
Nicolosi	Varie	B, C, D	Speciali, Urbani, Pericolosi

Tab.5 Distaccamento forestale di Nicolosi

COMUNE	LOCALITÀ	ZONA PARCO	TIP. RIFIUTO
Bronte	Varie	B, D	Domestico, Urbani
Maletto	Varie	D	Urbani

Tab.6 Distaccamento forestale di Bronte

COMUNE	LOCALITÀ	ZONA PARCO	TIP. RIFIUTO
Piedimonte Etneo	Varie	D	Speciali, Urbani, Pericolosi
Linguaglossa	Varie	D	Speciali, Urbani
Castiglione di Sicilia	Varie	D	Speciali e Urbani

Tab.7 Distaccamento forestale di Linguaglossa

FONTE: Documenti Corpo Forestale

4. Strategie per migliorare la gestione

Le strategie finalizzate al miglioramento del Parco dell'Etna sono evidentemente la bonifica delle aree inquinate attraverso interventi mirati e, successivamente, il mantenimento e la conservazione dello stato dei luoghi.

Tale conservazione dei luoghi potrà avvenire anche attraverso sistemi di vigilanza. Si pensi, ad esempio, alla installazione di telecamere e, nell'ambito delle visite guidate, consentire l'accesso dei gruppi più numerosi di persone solo con l'accompagnamento di guide turistiche accreditate.

4.1 Le discariche abusive

Uno dei maggiori problemi afferente l'inquinamento all'interno del Parco dell'Etna è, come detto, la formazione di discariche abusive.

In sintesi, i rimedi a tali discariche potrebbero essere i seguenti:

- La creazione di varchi che attraverso un *software* identifichino le targhe dei mezzi (soprattutto camion e mezzi pesanti) in prossimità del parco dell'Etna;
- l'inasprimento delle sanzioni.

4.2 Reperibilità dei fondi

Circa le possibilità di valorizzazione, occorre premettere che, in passato, l'Amministrazione del Comune di Nicolosi ⁹ ha indirizzato una missiva all'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia, avente ad oggetto il "Programma di interventi nel territorio dei Parchi regionali", ai sensi della L.R. n. 98 del 6/5/81 - art. 24 e 25 ¹⁰. Non mancano, peraltro, le possibilità di accesso a fondi pubblici.

⁹ Ciò avvenne durante il periodo della Sindacatura di Ascenzio Borzi.

¹⁰ SCELFO U., *Scempi Ambientali*, Nardini Editore, Firenze 2017.

Si consideri, inoltre, che gli enti potenzialmente interessati al progetto di valorizzazione del parco sono diversi e, pertanto, si potrebbe costituire un consorzio per la gestione, tutela e valorizzazione del Parco dell'Etna.

In proposito, occorrerebbe esaminare le attuali possibilità di accesso a contributi pubblici a fondo perduto, oltre l'elaborazione di un "business plan" da parte degli enti interessati.

Diversamente, qualora i comuni che ricadono all'interno del territorio del Parco dell'Etna non riescano a raccordarsi per valorizzare e tutelare il parco con risorse pubbliche, si potrebbe pubblicare un bando, attraverso il metodo del "Project Financing"¹¹, riservato ad imprese private operanti nel settore turistico, onerandole di tutelare e valorizzare il parco. Un'alternativa ulteriore potrebbe essere l'esternalizzazione solo di una parte del progetto di valorizzazione, mantenendo l'incarico di vigilanza in capo ai comuni e conferendo a privati la sola valorizzazione economica del parco, compatibilmente con le esigenze di conservazione e tutela delle bellezze naturali che esso ospita.

4.3 Valorizzazione del Parco

Il vantaggio derivante dalla valorizzazione del Parco dell'Etna consiste nel beneficio che il Territorio potrebbe avere dall'incremento del flusso turistico. È evidente che i progetti per valorizzare il parco dovrebbero essere principalmente finalizzati alla copertura dei costi e dovrebbero avere ad oggetto la valorizzazione delle risorse naturali.

Altri aspetti fondamentali da tenere in considerazione sono gli scarsi collegamenti tra il Parco ed i centri vicini, aspetto per il quale le amministrazioni ricadenti nel territorio del Parco dell'Etna potrebbero indire una conferenza di servizi tra le amministrazioni interessate.

Promuovendo e pubblicizzando collegamenti, rapidi ed almeno in parte gratuiti, il numero dei visitatori aumenterebbe sensibilmente.

Il beneficio che i comuni interessati trarrebbero dalla valorizzazione del parco non va individuato, nell'utile immediato, derivante dalle visite o dalla vendita di prodotti tipici, ma dall'indotto complessivo generato dal maggiore afflusso turistico sul territorio, interesse principale dei comuni etnei. Si potrebbe, inoltre, dare in concessione agli allevatori od ai coltivatori diretti aree limitate, vista la vastità del parco dell'Etna, questi potrebbero riservarsi una parte dei prodotti agricoli, offrendone parte ai visitatori del parco, con l'onere di tutelare e vigilare sul territorio, a pena decadenza.

Sotto il profilo giurisprudenziale, invece, un importante intervento volto alla tutela del territorio ricadente all'interno del Parco dell'Etna è la sentenza n. 50 del Pretore di Belpasso, del 12 luglio 1972, relativa alla c.d. "cava dei Monti Rossi".

5. Conclusioni

Le strategie poc' anzi delineate devono essere adottate nell'ottica del "turismo sostenibile"¹².

Allo stato attuale la promozione della bellezza naturale del Parco dell'Etna è scarsa.

La pubblicità del bene demaniale è possibile, da parte dello Stato e degli organi deputati, attraverso strumenti multimediali tramite *internet*. Inoltre, al fine di migliorare e riqualificare l'immagine del Parco, si potrebbe delegare un'apposita figura all'interno di ogni assessorato

¹¹ Tecnica innovativa impiegata per finanziare progetti di investimento complessi e di lunga durata, capital intensive, singolarmente conferiti *ad hoc* ad una entità giuridica autonoma che si finanzia prevalentemente tramite indebitamento e consistente in un *packaging* finanziario che alloca i rischi tra i diversi soggetti partecipanti, interessati alla buona riuscita dell'iniziativa, INSINGA F. - FIAMINGO F., *Il project financing per la realizzazione di infrastrutture a livello locale*, Pubblicazione dell'I.S.U. Milano 2004.

¹² Concetto che viene approfondito e definito dall'OMT (Organizzazione Mondiale del Turismo) nel 1988, come attività turistiche: «...che non alterano l'ambiente e non ostacolano o inibiscono lo sviluppo di altre attività sociali ed economiche».

al turismo di ciascun comune ricadente nel territorio, con l'incarico di svolgere riunioni periodiche e stabilire linee guida d'intervento. A scopo promozionale, nella fase di avviamento, si potrebbero ad esempio stipulare convenzioni con paesi esteri, al fine di favorire gli scambi culturali e turistici, ponendo a carico dei visitatori solo le spese del viaggio, promuovendo così l'immagine del Parco dell'Etna nel mondo.

Infine, per far sì che si possa identificare agevolmente il territorio, si potrebbe creare un logo (*brand*) Parco dell'Etna tramite il quale valorizzare non solo il patrimonio naturale, ma anche i prodotti tipici locali di ogni comune facente parte del Parco stesso, garantendo un ritorno economico considerevole.

Bibliografia

- [1] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/suolo-e-territorio/siti-contaminati>.
- [2] D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006, *Norme in materia ambientale*, pubblicato in G.U. n. 88 del 14 aprile 2006.
- [3] <http://www.treccani.it/enciclopedia/sviluppo-sostenibile/>.
- [4] ZEPPESELLA A. - BRESSO M. - GAMBÀ G., *Valutazione ambientale e processi di decisione*, Carocci, 1992.
- [5] D.P.R. del 17 marzo 1987, Istituzione del parco dell'Etna, pubblicato sul S.O. alla G.U.R.S. n.14 del 4 aprile 1987.
- [6] <http://whc.unesco.org/en/list/1427>.
- [7] <http://www.parcoetna.it/Pagina.aspx?p=3>.
- [8] Tabelle per la localizzazione delle micro discariche abusive del Parco dell'Etna: Documenti, CORPO FORESTALE, distaccamenti Giarre, Zafferana, Adrano, Randazzo, Nicolosi, Bronte, Linguaglossa.
- [10] SCELFO U., *Scempi Ambientali*, Nardini Editore, Firenze 2017.
- [11] INSINGA F. - FIAMINGO F., *Il project financing per la realizzazione di infrastrutture a livello locale*, Pubblicazione dell'I.S.U. Milano 2004.

AGRIFOOD, BIOBASED INDUSTRY AND BLUE GROWTH

INNOVAZIONE NELLA BIOECONOMIA: CLUSTER TECNOLOGICI, PROGETTI NAZIONALI E INTERNAZIONALI

Nell'ambito del Piano nazionale di ricerca 2015-2020, il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca ha istituito cluster tecnologici nazionali quali piattaforme permanenti di dialogo tra la rete di ricerca pubblica e le imprese. I contributi che seguono presentano alcuni esempi specifici di progetti di innovazione avviati ed implementati nell'ambito dei cluster tecnologici italiani e comunitari riconducibili alla bioeconomia.

A cura di: **CLUSTER SPRING, CLUSTER CLAN e Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Cinzia Tonci, *Ministero dello Sviluppo Economico*

Strumenti Di Green Marketing applicabili alle strutture turistiche sostenibili per l'ottenimento di strategie basate sulla Bioeconomy

Cristaldi Valeria (1) valeriacristaldi@live.it – *Gambera Vanessa* (1) *Clasadonte Maria Teresa* (1) – *Puglisi Benedetto* (2) – *Sutera Davide Michele Carmelo* (3) – *Firetto Carlino Marialuigia* (3)
(1) Università Degli Studi di Catania, Dipartimento di Economia e Impresa -
(2) Be Factory Catania
(3) Hotel Airone City, Catania

Riassunto

Secondo la definizione dell'Organizzazione Mondiale del Turismo: "Lo sviluppo del turismo sostenibile risponde ai bisogni dei turisti e delle regioni che li accolgono, tutelando e migliorando le opportunità per il futuro. Scopo del paper è la valutazione di strumenti e di tecniche di green marketing, adattabili alla dimensione aziendale e alla realtà di una struttura alberghiera, sita nella Sicilia orientale, al fine di permettere a quest'ultima di differenziarsi nel settore di riferimento puntando all'implementazione di tali strategie fondate sulla bioeconomia. A tal proposito verranno condotte talune analisi riguardo: l'applicabilità del water footprint, normato dalla serie di norme ISO 14046, circa il monitoraggio delle acque in entrata e in uscita; l'implementazione e dunque certificazione del marchio Ecolabel, etichetta ecologica. Entrambi gli strumenti rappresentano tecniche di sviluppo sostenibile che permetteranno all'impresa che li implementa di tutelare l'ambiente e riscontrare vantaggi economici.

Summary

According to the definition of the United Nations World Tourism Organization: the development of sustainable tourism responds to tourists' needs and to the regions which host them, protecting and upgrading future opportunities. Valuation of tools and techniques of green marketing is the aim of this paper, adaptable both to the company dimension and to hotel-structure reality, placed in Eastern Sicily, in order to permit its differentiation in the bearing sector, aiming to the implementation of these strategies based on bio-economy. With this reason, some surveys thereupon will be conducted: water footprint applicability, regulated by the ISO rules series 14046, about the supervision of the entering and exiting water; the implementation, so the certification of Ecolabel trademark, ecological brand. Both the tools represent sustainable development techniques which will allow the enterprise that put in use them to defend the environment and come upon economic advantages.

1. Introduzione

L'Ecolabel è uno degli strumenti individuati dalla Comunità Europea per l'attuazione di una politica di sviluppo sostenibile. Si tratta di una etichetta ecologica, istituita dalla Comunità Europea, con un Regolamento (Reg. CEE 880/92 successivamente modificato con Reg. CE 1980/2000), per segnalare i prodotti ed i servizi che rispettano determinati criteri di qualità ambientale [1]. Il sistema si basa sul soddisfacimento di criteri stabiliti dalla Comunità Europea per ogni categoria di prodotto ed è controllato dalla comunità attraverso Organismi nazionali, ad esempio in Italia vi è il Comitato Ecoaudit-Ecolabel. L'obiettivo è quello di incentivare le imprese a sviluppare prodotti e servizi più puliti, ecosostenibili trasmettendo alla clientela la qualità ambientale del prodotto [2]. Infatti, dal 2003, l'Ecolabel Europeo può essere richiesto e applicato anche al servizio di ricettività turistica, il quale può sfruttare il vantaggio che deriva dalla regolamentazione europea, comunicando ai clienti attuali e futuri, il proprio impegno a favore della tutela dell'ambiente [3]. L'albergo che implementa l'Ecolabel, riesce a ridurre i consumi di energia da fonti non rinnovabili, gli inquinanti nelle acque di scarico, l'uso di sostanze chimiche ed i rifiuti, mantenendo gli stessi livelli di qualità del servizio. Accanto a tale strumento, un'azienda turistica può implementare ulteriori strumenti come ad esempio il water footprint. La metodologia Water Footprint (WF) è un sistema di calcolo dei consumi idrici che può essere applicato a livello di nazione, prodotto o azienda. Quest'ultimo è un indicatore del consumo globale di acqua che vuole fornire una misura dell'appropriazione, da parte dell'uomo, dell'acqua dolce disponibile a livello globale [4]. Entrambi gli strumenti rappresentano tecniche di sviluppo sostenibile che consentono all'impresa che li implementa di tutelare l'ambiente, preservare gli ecosistemi e la biodiversità, e di sviluppare vere e proprie strategie di green marketing che consentano di fondare il business dell'impresa sull'eco-innovazione e l'ecosostenibilità allo scopo di attirare la domanda turistica. Scopo del seguente paper è quello di studiare l'implementazione di tali strumenti analizzando i vantaggi che essi apportano all'impresa in esame.

2. Turismo sostenibile in Sicilia

Lo sviluppo sostenibile, così come sancito dalla Conferenza Mondiale sul Turismo Sostenibile, deve basarsi sul concetto di sostenibilità economica, etica e sociale. Si tratta di un sistema gestionale globale delle risorse, capace di tutelare il capitale naturale e culturale [5]. In Sicilia la vocazione turistica non ha mai trovato piena e completa realizzazione. Infatti nonostante sia uno dei settori economici che caratterizzano il territorio, solo l'8,7% della popolazione isolana trova impiego in tale settore. La Sicilia è ricca di città d'arte e risorse culturali, siti UNESCO, oasi e riserve naturali [6]. L'isola è difatti, storicamente, tra le mete d'eccellenza del turismo, ciò è emerso anche dall'indagine commissionata dall'Osservatorio del Turismo all'ATI Izi e Simulation Intelligence che ha confermato un dato ormai consolidato dal 2000: la Sicilia, insieme alla Toscana, è un "brand" turistico noto sia sul mercato nazionale, sia sui mercati europei. Dai dati dell'Osservatorio turistico regionale, si rileva che nel 2016 in Sicilia si è assistito a un buon incremento generale dei flussi turistici, con oltre il 6% dei pernottamenti in più rispetto all'anno prima e un aumento di quasi il 9% degli arrivi. Il maggiore incremento relativo si è avuto nel settore extralberghiero, dove le presenze sono cresciute del 15,6% e gli arrivi del 13,8%, mentre lo sviluppo dell'alberghiero si è limitato a un +7,8% di arrivi e +4,1% di presenze. Si riscontra anche un accrescimento dei flussi esteri, ma l'aumento del 6,1% di arrivi nelle strutture ricettive siciliane non è stato seguito da un'adeguata crescita delle presenze che si è fermata allo 0,6%, facendo diminuire la permanenza media degli stranieri da 3,7 a 3,5 giorni [7].

Inoltre si evidenzia come l'offerta turistica complessiva della Sicilia, e del Mezzogiorno non sia capace di rispondere alle esigenze di chi viaggia fuori stagione. Tuttavia, è da dimostrare quanto questo fenomeno sia imputabile a motivi strutturali quali, ad esempio, l'assenza di

infrastrutture viarie e ferroviarie efficienti che collegano la costa con l'interno della Sicilia rendendo difficile l'organizzazione di itinerari a tema quale arte, natura, enogastronomia, l'assenza di centri fieristici e congressuali o la scarsa presenza di grandi città di affari e d'arte. Inoltre è influente il tema della stagionalità della domanda, che può essere analizzato in riscontro all'utilizzo delle strutture collettive e degli alberghi. Una misura interessante è infatti data dal tasso di utilizzo delle strutture collettive nell'arco di un intero anno. Ciò consente di capire se le strutture ricettive, sia gli alberghi che le restanti strutture collettive, riescono a saturare la disponibilità in termini di posti letto. I risultati dei dati mostrano che vi è una forte concentrazione stagionale 3 mesi all'anno o 2 mesi all'anno se la struttura è un albergo o è collettiva. Si rileva come in Sicilia, il turismo, soprattutto quello sostenibile è destinato a crescere così da contribuire a realizzare la coesione economica e sociale puntando alla protezione e alla valorizzazione dell'ambiente naturale e culturale. La realizzazione di un turismo sostenibile, in grado di conciliare sviluppo del turismo e protezione del patrimonio naturale e culturale, risulta di vitale importanza considerando che la Sicilia mira alla espansione del turismo, soprattutto in termini di sviluppo locale e creazione di posti di lavoro. A livello locale, dovranno essere applicate varie tecniche che contribuiscano a risolvere il problema della concentrazione del turismo nello spazio e nel tempo [8].

3. Casi studio: Airone City Hotel

Il seguente paper analizza un esempio di struttura turistica che si differenzia nel mercato di riferimento grazie all'impegno verso la salvaguardia dell'ambiente e della salute umana fornendo all'ospite alcune garanzie circa: la riduzione degli sprechi energetici e idrici; la corretta gestione e differenziazione dei rifiuti; il contenimento dell'inquinamento con l'utilizzo di prodotti più rispettosi per l'ambiente; un'alimentazione sana e corretta, che attinge in parte alle produzioni biologiche regionali. L'azienda oggetto di studio è l'Airone City Hotel, nuovissima struttura alberghiera sita a Catania, che fonda la propria mission sull'accogliimento dei propri ospiti in un luogo curato nei dettagli e con un'elevata attenzione all'ambiente.

L'azienda applica il concetto di Eco-Design innovando la propria offerta grazie alla predisposizione di camere molto ampie, dotate di ogni comfort ed arredate in stile minimalista. L'hotel in un'ottica di sostenibilità ambientale si è dotata di una piscina idromassaggio utilizzabile anche nei mesi di ottobre e novembre, in quanto la struttura è provvista di un sistema solare termico che permette di conciliare le tecnologie della pompa di calore con il collettore solare termico, composto da un pannello solare semplice e leggero, da un compressore e dal serbatoio di accumulo dell'acqua. Tale sistema solare termico viene sfruttato allo scopo di effettuare il riscaldamento dell'acqua nei periodi estivi. Le 40 camere suddivise tra Standard, Superior, Deluxe e Family, sono insonorizzate e dotate di complementi d'arredo che minimizzano gli spazi. L'albergo, inoltre, offre la possibilità di noleggiare delle bici Ecologiche per la realizzazione di escursioni culturali e naturali [9]. L'azienda utilizza esclusivamente prodotti biologici che consentono di pulire senza danneggiare l'ambiente e la salute. Tutti i prodotti utilizzati dall'albergo sono certificati Ecolabel, garantendo standard ecologici molto alti rispetto a quelli dei normali detersivi tradizionali.

4. Implementazione del marchio Ecolabel e il calcolo del Water Footprint

L'azienda ad oggi è fortemente orientata allo sviluppo di nuove politiche di green marketing che le consentano di valorizzare il proprio servizio, accrescendo la reputazione di quest'ultimo agli occhi del cliente/turista. Pertanto punterà a sviluppare le seguenti strategie di sostenibilità ambientale:

1. Ottenimento del marchio Ecolabel;
2. Implementazione del Water Footprint.

Per ottenere l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica, ai sensi del regolamento comunitario, i servizi erogati dall'hotel, devono rientrare nel gruppo di "servizi di ricettività turistica" e soddisfare i criteri ecologici indicati nell'allegato della Decisione 2003/287/CE riguardo il servizio di ricettività turistica o rifugio alpino.

Nell'allegato vengono indicati i criteri obbligatori da rispettare, dunque i dati da monitorare e fornire all'interno della documentazione tecnica, al fine di ottenere l'assegnazione del marchio ecologico. Essi riguardano:

- ENERGIA: energia elettrica da fonti rinnovabili; carboni e oli combustibili pesanti; energia elettrica per il riscaldamento; rendimento delle caldaie; impianto di condizionamento; isolamento finestre; spegnimento luci; efficienza energetica lampadine; dispositivo a tempo per il controllo delle saune.

- ACQUA: approvvigionamento idrico; flusso di acqua da rubinetti e docce; risparmio di acqua nei rubinetti e nelle toilette; risciacquo orinatoi; perdite; cambio di asciugamano e lenzuola; perdite; trattamento acqua reflue; piano sulle acque reflue.

- DETERSIVI E DISINFETTANTI: disinfettanti e formazione del personale riguardo l'uso di detersivi e disinfettanti.

- RIFIUTI: rifiuti pericolosi; raccolta differenziata; trasporto rifiuti; prodotti usa e getta;

- ALTRI SERVIZI: divieto di fumare nei locali comuni; trasporti pubblici.

- GESTIONE GENERALE: manutenzione e riparazione generale e caldaie; politica ambientale dell'hotel; formazione personale; informazioni agli ospiti.

L'implementazione potrà avvenire seguendo le sette fasi previste dal regolamento per l'ottenimento del marchio. Pertanto l'hotel Airone riceverà la licenza d'uso, solo dopo l'espletamento delle seguenti fasi:

1. pre-registrazione della struttura alberghiera su ECAT, ovvero sul sito european commission;

2. presentazione della domanda di concessione;

3. verifica, da parte della segreteria dell'European Commission insieme al supporto dell'ISPRA, della domanda presentata che ha lo scopo di eseguire un'istruttoria tecnica su quest'ultima;

4. attesa della delibera di concessione da parte della Sezione Ecolabel;

5. stipula del contratto di licenza tra l'Hotel Airone e il Presidente della Sezione Ecolabel;

6. ottenimento del certificato Ecolabel UE;

7. aggiornamento del portale ECAT e del Registro Ecolabel nazionale da parte della segreteria e del supporto tecnico dell'ISPRA.

A seguito di tale iter l'impresa otterrà il marchio Ecolabel UE, il cui logo è rappresentato da un fiore (Fig. 1.), esso è uno strumento volontario, selettivo e con diffusione a livello europeo. Esso si applica a tutti i prodotti e servizi "amici" dell'ambiente.



Fig. 1 – Marchio Ecolabel

Il marchio consentirà all'impresa di raggiungere i seguenti vantaggi:

- ottenimento di un certificato di eccellenza che permette al consumatore di riconoscere, tra i servizi disponibili sul mercato, quelli che hanno elevati standard prestazionali e al contempo un ridotto impatto ambientale lungo l'intero ciclo di vita;
- elevata qualità ecologica in quanto i servizi sono certificati da organismi indipendenti nazionali riconosciuti a livello europeo;
- accesso semplificato a strumenti per la sostenibilità ambientale come quello degli acquisti verdi per la pubblica amministrazione (GPP).

Per quanto riguarda il concetto di impronta idrica, il Water Footprint Network ha fornito il metodo di calcolo ufficiale con l'obiettivo di ottenere una standardizzazione dei dati e consentire quindi l'applicazione globale. L'indicatore (Fig. 2) rappresenta il volume di acqua evaporata o inquinata, ed è un indice multidimensionale del consumo di acqua dolce che include sia l'uso diretto che indiretto da parte di un consumatore o produttore. Tale calcolo comprende l'acqua prelevata da fiumi, laghi e falde acquifere. Pertanto tramite tale indicatore è possibile calcolare il volume di risorse idriche necessarie a produrre i servizi che l'impresa offre. La water footprint è composta da:

- Blu (WFb): che comprende il prelievo di acqua dolce superficiale e sotterranea utilizzata per scopi domestici, agricoli e industriali;
- Grigia (WFG): che rappresenta il volume di acqua che viene inquinata durante la fase di prestazione di un servizio;
- Verde (WFv): che indica il volume di acqua piovana evaporata durante il processo di produzione, calcolata principalmente per i prodotti agricoli.

La somma delle tre componenti ($WF = WFb + WFG + WFv$) permetterà all'hotel Airone di ottenere il valore totale dell'impronta idrica. Nello specifico, l'hotel dovrà considerare solo l'acqua Blu, in quanto sia quella Grigia che quella Verde, saranno nulle perché l'azienda utilizza solo prodotti ecosostenibili che non contengono agenti inquinanti, dunque non inquinano durante il loro utilizzo, e non si occupa di produzione agricola. I dati che l'azienda dovrà elaborare al fine di ottenere il calcolo dell'acqua Blu saranno rappresentanti dal consumo di acqua relativo ad ogni fase del servizio erogato. Pertanto occorrerà quantificare l'acqua consumata per: preparazione colazione, pranzo e cena; servizio di pulizia e di lavanderia; giardinaggio e manutenzione della struttura; per il funzionamento della piscina e dei servizi di intrattenimento. La principale fonte di approvvigionamento della risorsa idrica è quella proveniente dal comune di Catania, invece per i servizi igienici viene utilizzata l'acqua piovana, raccolta tramite dei boiler.

Inoltre, grazie al calcolo del water footprint, l'impresa quantifica il consumo di acqua in entrata ed in uscita trasmettendo così al consumatore l'importanza della gestione di tale risorsa risaltandone il consumo consapevole.



Fig. 2 – Logo Water Footprint

5. Conclusioni

In questo paper vengono analizzate possibili strategie di Green Marketing che l'azienda oggetto di studio, l'Airone City Hotel, potrebbe implementare allo scopo di migliorare la propria immagine e reputazione agli occhi di un turista attento all'Ambiente. Infatti in un'ottica di sostenibilità ambientale l'impresa fonda la propria mission sulla tutela dell'ambiente attraverso l'erogazione di un servizio turistico sostenibile differenziandosi così sul mercato. Ulteriori strategie che l'impresa potrebbe implementare sono: l'ottenimento del marchio Ecolabel che certifichi la qualità ecologica del servizio offerto dall'hotel, quale migliore dal punto di vista ambientale; e il calcolo dell'impronta idrica (water footprint) allo scopo di quantificare il consumo di acqua in entrata e in uscita effettuato dall'intera struttura alberghiera così da farne un uso consapevole. Entrambe le strategie permetteranno di conseguire i seguenti vantaggi: elevati standard prestazionali, ridotto impatto ambientale, differenziazione sul mercato, miglioramento dell'immagine agli occhi del turista.

Bibliografia

- [1] **Supino S.**, "L'Ecolabel: il marchio europeo di qualità ambientale. Uno strumento per la diffusione di stili di produzione e di consumo" sostenibili". Esperienze d'Impresa: Dipartimento di Studi e Ricerche Aziendali, Università di Salerno 2, (2010).
- [2] **Andriola L.**, Luciani R., "*L'applicazione del marchio Ecolabel ai servizi turistici. Obiettivi, principi e principali esperienze in atto*", Rapporto tecnico dell'ENEA, Centro Ricerche Casaccia, Roma, 2004, pp. 14-15.
- [3] Decisione della Commissione del 14.04.2003 che stabilisce i criteri per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica al servizio di ricettività turistica notificata con il numero C (2003) 235, Testo rilevante ai fini del SEE, Direttiva comunitaria 2003/287/CE.
- [4] **Xinchun C., Mengyang W., Rui S., La Z., Dan C., Guangcheng S., Xiangping G., Weiguang W., Shuhai T.**, "*Water footprint assessment for crop production based on field measurements: A case study of irrigated paddy rice in East China*" in Science of the Total Environment, 2018, 84-93.
- [5] **Braga A.**, "Lo sviluppo del Turismo sostenibile, cambiamenti sociali e acquisizione di competenze", Ediesse, 2014, 21-23.
- [6] <http://www.cittametropolitana.ct.it/>
- [7] http://pti.regione.sicilia.it/portal/page/portal/PIR_PORTALE/PIR_LaStrutturaRegionale/PIR_TurismoSportSpettacolo/PIR_Turismo/PIR_Marketing/PRPT%202016.pdf
- [8] **Andriola L.**, Turismo durevole e sviluppo sostenibile: il quadro di riferimento italiano, Serie Ambiente, Enea, 1999, pp. 8-9.
- [9] <http://aironecityhotel.com/>

The social sustainability within Supply Chain Management: the preliminary analysis of literature

Manuela D'Eusanio(1), *manuela.deusanio@libero.it*, *Alessandra Zamagni*(2), *Lugia Petti*(1),

(1) *Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti –Pescara*

(2) *Ecoinnovazione Srl, ENEA Spin-off. Padova*

Riassunto

Le imprese sono chiamate a conciliare i propri obiettivi economici e ambientali con quelli sociali, lungo l'intera Supply Chain per acquisire un vantaggio competitivo nel rispetto della bioeconomia. La sostenibilità sociale può essere conseguita se l'impresa converge sinergicamente gli sforzi lungo l'intera Supply Chain. Solo attraverso un sistema gestionale integrato ed unitario dei flussi fisici, delle attività e delle informazioni (i.e. Supply Chain Management - SCM) sarà possibile conciliare i tre ambiti della sostenibilità. In letteratura, molti articoli trattano il SCM nell'ottica della dimensione ambientale (i.e. Green SCM), tralasciando però quella sociale. Questa ricerca si propone di evidenziare il ruolo della sostenibilità sociale nel SCM e di rilevarne le possibili metodologie di supporto nella valutazione degli impatti sociali in un'ottica di Life Cycle Thinking. L'analisi ha rilevato una sostanziale assenza nella trattazione della sostenibilità sociale secondo un approccio sistemico. Ulteriori risultati hanno dimostrato, la Life Cycle Assessment (LCA) come la metodologia maggiormente performante per questa valutazione. L'integrazione della LCA con il SCM, attraverso la Social Organisational Life Cycle Assessment, genera una sinergia che valuta gli impatti sociali lungo la SC, così da monitorare prestazioni economiche e sociali nel tempo.

Summary

Companies are required to harmonise their economic and environmental goals with their social ones throughout the supply chain in order to acquire a competitive advantage in a bioeconomic perspective. Social sustainability can be obtained if the enterprise synergistically focuses its efforts on the entire Supply Chain (SC). The three dimensions of sustainability can be induced only through a unitary and integrated management system of the physical flows, the activities and the information (i.e., Supply Chain Management – SCM). In the literature, many articles tackle SCM in the environmental dimension perspective (i.e., Green SCM), overlooking the social one. The aim of this research is to highlight the role of social sustainability within the SCM and to identify possible supporting methodologies for assessing social impacts in a Life Cycle Thinking perspective. The analysis revealed a substantial absence in the treatment of social sustainability from a systemic approach. Further results have shown the Life Cycle Assessment (LCA) as the most effective methodology for this assessment. The integration of LCA with the SCM, through the Social Organisational Life Cycle Assessment, generates a synergy that assesses the social impacts throughout the SC. In this way, the economic and social performance can be supervised in time.

1. Introduction

The engine of our development is obtained with the implementation of the intelligent and sustainable development models. The innovation into production and decision processes of company can be created the competitive advantage of the company and the wellbeing of people [1]. This observation is highlighted at national level in the Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente and in the European level through Europe 2020 Strategy, Factories of the Future and the Sustainability Development Goals (SDG) Agenda 2030. These documents show the need to integrate the sustainability precepts within the supply chain of company in order to create a strong and adaptable partnership. Europe 2020 Strategy encompasses the definition of bioeconomy that is “The bioeconomy comprises those parts of the economy that use renewable biological resources from land and sea – such as crops, forests, fish, animals and micro-organisms – to produce food, materials and energy” [2]. Furthermore, the European Commission outlines the innovation potential of the bioeconomy through the sustainable use of natural resources, competitiveness, socioeconomic and environmental issues. The key actions by European Commission are outlined to reach a coherent bioeconomy such as investing in research, innovation and skills, enhancing markets and economic competitiveness of the bioeconomy; and strengthening cooperation at the international, national and regional levels [3].

In a similar way the Sustainability Development Goals – Agenda 2030 outlines the goals related to bioeconomy such as achieve food security and improve nutrition and promote sustainable agriculture, promote sustained, inclusive and sustainable economic growth, full and productive employment and decent work for all, ensure sustainable consumption and production patterns. It is necessary to move from sectors to systems to create longer sustainable and locally routed value chains, with the integration of all involved stakeholders [2].

The emergent role of sustainable, pliable and lean industry is highlighted by *Industria 4.0*, which is the result of IV Industry Revolution. Industry 4.0 involves all aspects of the life cycle of businesses that wants to increase competitiveness by providing investment support, digitizing production processes, enhancing employee productivity, developing appropriate skills and developing new products [4]. In this framework, the enterprise competes within the entire supply chain, as a part of network of enterprises and relations. SCM can observe the entire supply chain, and all underlying processes, as a unitary and integrate system (through the systemic approach). To reach the sustainable development is necessary to consider the social and socio-economic point of view, supporting the innovation processes in companies leading to more conscious behaviour [2].

The aim of this paper is to present the role of social sustainability within SC through a preliminary literature review. It is showed the process of literature analysis and outlined the utilised methods to evaluate the social sustainability.

2. Methodological issue

In order to identify and assess the aspect of social sustainability within Supply Chain Management is needed a preliminary literature review. In the process of review is necessary to specify the kind of information that have been considered. The review should be driven by specific questions [5]. In this paper, the general research question is:

• How the social issues are analysed and assessed into Supply Chain Management?

In order to answer to it, more specific questions must be identified:

- Which is the distribution of publications by year?
- Which is the distribution of publication by source/journals?
- Which are the geographical areas concerned?
- Which are the utilised methodology for assessing the social sustainability?

To analyse the current social sustainability discourse into supply chain management, a preliminary literature review was carried out. Relevant articles have been identified by the database Scopus for peer-reviewed literature. The search is based on the use of the terms “social impact*” and “supply chain management” (with operator Boolean AND) in English, and is related to fields: title, abstract, and keywords of articles. Furthermore, the process of content analysis is conducted excluding thus the not relevant papers according to our goal. From this process emerged 37 publications that include the searched terms and after the content analysis, more 19 publications were excluded, leaving a set of 18 relevant. Figure 1 presents the process of the literature search and identification of relevant publications.

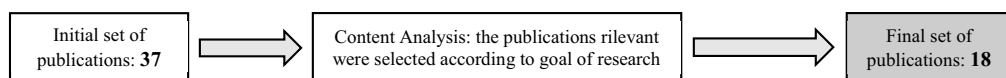


Fig. 1 – Schematic illustration on the selection process of the preliminary literature review

3. Results

In the following Section is showed the analysis conducted on publications. The investigation has outlined 18 articles (see Table 1) to understand the research questions identified.

Authors	Year	Title
Van der Horst and Vermeulen	2011	Spatial scale and social impacts of biofuel production.
Pimentel et al.	2016	Decision-support models for sustainable mining networks: fundamentals and challenges.
Vega-Mejía et al.	2016	Classification of economic, environmental and social factors in vehicle loading and routing operations
Esteves and Barclay	2011	Enhancing the benefits of local content: Integrating social and economic impact assessment into procurement strategies
Hutchins and Sutherland	2008	An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions.
Zhalechian et al.	2016	Sustainable design of a closed-loop location-routing-inventory supply chain network under mixed uncertainty
Mathivathanan et al.	2017	Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: a multi-stakeholder view
Kogg and Mont	2012	Environmental and social responsibility in supply chains: the practise of choice and inter-organisational management
Kühmaier and Stampfer	2012	Development of multi-criteria decision support tool for energy wood supply management.
Gold	2011	Bio-energy supply chains and stakeholders
u ek et al.	2011	Life cycle assessment and multi-criteria optimization of regional biomass and bioenergy supply chains
Piotrowicz and Cuthbertson,	2009	Sustainability-a new dimension in information systems evaluation
O'Rourke	2014	The science of sustainable supply chains

Segue

Authors	Year	Title
Andrews et al.	2009	Life Cycle attribute assessment: Case study of Quebec greenhouse tomatoes
Cambero and Sowlati	2014	Assessment and optimization of forest biomass supply chains from economic, social and environmental perspectives- a review of literature.
Devika et al.	2014	Designing a sustainable closed-loop supply chain network based on triple bottom line approach: a comparison of metaheuristics hybridization techniques
Simoes	2014	How to assess social aspects in supply chains?
Moxham and Kauppi	2014	Using organisational theories to further our understanding of socially sustainable supply chains: the case of fair trade.

Table 1 – The articles reviewed

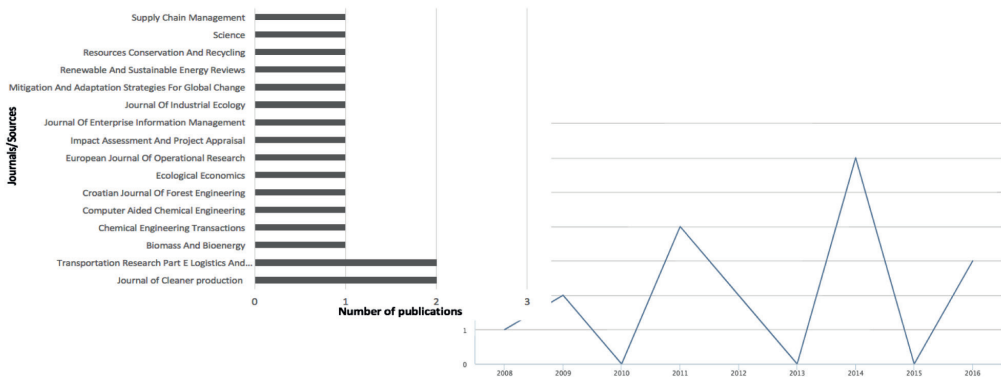


Fig. 3 – Distribution of the publications by sources/ journals / **Fig. 2 – Distribution of the publications by year**

The Figure 2 displays the distribution of research articles analysed by year, where the temporal trend is from 2008 to 2016. The publications about social sustainability from the point of view of Supply Chain Management started in 2008 showing an increasing tendency until today. Only in 2010, 2013 and 2015 there were not published articles, while the intermediate period is the most productive. In general, the publications about this topic are still few, in fact the social sustainability is a dimension of sustainable development that it is not still fully developed in literature [6]. Regarding to the distribution by journal, Journal of Cleaner Production emerges as the greatest sources with 2 publications while the other journals reported 1 publications each. The Figure 3 shows the distribution of publications by sources/journals. This data shows the heterogeneity of this topic; in fact, the Figure 4 demonstrates that there are involved several sectors in the papers analysed.

In order to answer to the general research question is necessary to analyse the approaches and the methodologies used in the literature (Fig.5). The two most applied methodologies are the Life Cycle Thinking tools that are Social Life Cycle Assessment(S-LCA) (22%) and Life Cycle Assessment with a percentage of 39%. Regarding to the other publications, 6% of papers are based on Corporate Social Responsibility, 11% on Social Impact Assessment and remaining papers apply other approaches (22%) such as stochastic and probabilistic programming or support decision multi-criteria

Most of the articles focus mainly on the analysis of a specific process of the entire supply chain or a particular function supporting the entire organisation (e.g., [7] [8]) (such as, focus on optimisation, sustainability, distribution process or supply) [9] [10]. Furthermore, the articles that analyse the sustainability in an SCM perspective, do not discuss merely the social aspects, rather they analyse the environmental and economic implications of the case (i.e., [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18]). Hutchins and Sutherland [11] highlight that the enterprises support the social and cultural activities, such as philanthropic activities, health care and educational opportunities.

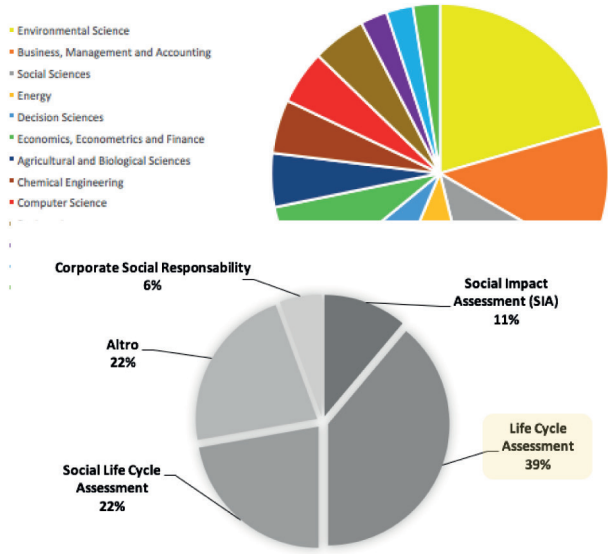


Fig. 5 – Distribution of the publications by method/methodologies

The voluntary integration of the ethical issues into the business strategies, and thus the commercial operations and the stakeholder relations, is at the base of Corporate Social Responsibility [3] [19]). Gold [16] outlines that the management of the activities and business processes are limited to internal SC. Similarly, Mathivathana et al. [13] underline that this phenomenon is the result of the globalisation process and social responsibility. Therefore, a better traceability of the SC [20] through the suitable methods for understanding the ways towards exercised social sustainability is necessary [14]. O'Rourke [20] and Pimentel et al. [21] emphasise the synergic effect between LCA and SCM: indeed, the latter focuses on the optimal management of flows, materials and information. Therefore, by this preliminary analysis, most of the analysed articles show the need of further development in the assessment of social sustainability in a Life Cycle Thinking perspective.

3. Discussion

The bond between the life cycle approach and the SC is evident in the literature, as the SC is closely linked to the product life cycle and it is based on the interaction between the actors throughout the life cycle. S-LCA is a Life cycle Thinking methodology, characterised by the assessment of the social and socio-economic aspects, either negative or positive, of the entire product life cycle. The goal of this assessment is enhancing the well-being of stakeholders through the improvement of performance of an organisation. The framework proposed by the UNEP / SETAC Guidelines [19] is closely related to LCA, but differs by the presence of five stakeholder categories, involved in the life cycle and six impact categories. The social assessment through the S-LCA is based on the behaviour of the company in relation to its stakeholders. S-LCA is a methodology for understanding and managing SC, by identifying its relations and evaluating social and socio-economic impacts. The interaction between SCM and S-LCA is preferable since they are synergic, in order to obtain a better understanding of the social impacts in the operative decisions [22], [20], [21].

At the organisational level, the life cycle approach is already applied for assessing the potential environmental impact through the Organisational Life Cycle Assessment (O-LCA) methodology. O-LCA consists in assessing inputs, outputs and potential environmental impacts of all

the activities of the organisation, or of a part of it (business division, brand, geographic area or single plant), from a life cycle perspective [23]. The framework of this methodology can be adapted to the social dimension of sustainability in order to support the decision-making process of managers, as proposed in the Social Organisational Life Cycle Assessment (SO-LCA). SO-LCA is characterised as a means to extending the analysis to social aspects, following the requirements of the S-LCA [23] [24]. In the SO-LCA, the direct activities and the whole basket of products/services that the organisation produces and sells on the market are analysed.

4. Conclusions

The environmental, economic and social benefits of bioeconomy still need to be assessed, in order to reduce the negative social impacts that are generated by the company's activity. A preliminary study of the literature showed that there is a gap in the assessment and discussion of social impacts in SCM. The integration of S-LCA into SCM can be a valid supporting methodology for enterprises. SO-LCA supports organisations in decision-making, by optimising company efforts and resources in order to capture the vision of the social sustainability of its products portfolio. This approach allows a decision-making process to be identified in order to help businesses to reach social and competitive benefits. Therefore, it is a procedure that supports conscious decisions about the potential social impacts of processes and it identifies opportunities for improvement. SO-LCA will then enable a wealth of knowledge and skills to be obtained in order to detect and evaluate social and socio-economic impacts. In this way, the company can identify and address the critical points of its supply chain. Future research will be carried out to provide a systematic literature review of this topic and identify the method to collect the social and socio-economic data for analysis.

References

- [1] **Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente**, 2016. *Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Italia.*
- [2] **Agenzia per la coesione Territoriale**, 2016. *Bioeconomy in Italia. Page 2.* http://www.agenziacoesione.gov.it/opencms/export/sites/dps/it/documentazione/NEWS_2016/BIT/BIT_EN.pdf
- [3] **European Commission**, 2012, *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*, Brussels, 13.2.2012.
- [4] **Ministero dello Sviluppo Economico**, 2017, *Piano Nazionale Industria 4.0*, <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/industria40>.
- [5] **Petti L., Serreli M., Di Cesare S.**, 2016, *Systematic literature review in social life cycle assessment. International Journal of Life Cycle Assessment*, doi 10.1007/s11367-016-1135-4 .
- [6] **Simões M., Carvalho A., de Freitas C.L., Barbósa-Póvoa A.**, 2014, *How to assess social aspects in supply chains?*, *Computer Aided Chemical Engineering*, 34, pp.801-806.
- [7] **Van der Horst D., Vermeylen S.**, 2011, *Spatial scale and social impacts of biofuel production*, *Biomass and Bioenergy*, 35(6) pp. 2435-2443.
- [8] **Pimentel B.S., Gonzales E.S., Barbosa G.N.O.**, 2016, *Decision-support models for sustainable mining network: Fundamentals and challenges*, *Journal of Cleaner Production*, 112, pp. 2145-2157.
- [9] **Vega-Mejia C.A., Montoya-Torres J.R., Islam S.M.N.**, 2016, *Classification of economic, environmental and social factors in vehicle loading and routing operations*, *6th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain*.
- [10] **Esteves A.M., Barclay M.A.**, 2011, *Enhancing the benefits of local content: integrating social and economic impact assessment into procurement strategies*, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 29(3), pp. 205-215.
- [11] **Hutchins M.J., Sutherland J.W.**, 2008, *An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions*, *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1688-1698.
- [12] **Zhalechian M, Tavakkoli-Moghaddam R., Zahiri B., Mohammadi M.**, 2016, *Sustainable design of*

- a closed-loop location-routing-inventory supply chain network under mixed uncertainty. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 89, 182-214.
- [13] **Mathivathanan D., Kannan D., Haq A.N.**, 2017, *Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: a multi-stakeholder view. Resources, Conservation and Recycling*.
- [14] **Kogg B., Mont O.**, 2012, *Environmental and social responsibility in supply chains: the practise of choice and inter-organisational management. Ecological Economics*, 83, 154-163.
- [15] **Kühmaier M., Stampfer K.**, 2012, *Development of multi-criteria decision support tool for energy wood supply management. Croation Journal of Forest Engineering*, 33(2),181-198.
- [16] **Gold S.**, 2011, *Bio-energy supply chains and stakeholders. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 16(4), 439-462.
- [17] **u ek L., Klemes J.J., Varbanov P.S., Kravanja Z.**, 2011, *Life cycle assessment and multicriteria optimization of regional biomass and bioenergy supply chains, CET*, 25, 575-580.
- [18] **Piotrowicz W., Cuthbertson, R.**, 2009. *Sustainability-a new dimension in information systems evaluation. Journal of Enterprise Information Management*, 22(5), 492-503.
- [19] **UNEP/SETAC**, 2009, *Guidelines for social life cycle assessment of products. Life-Cycle Initiative, United Nations Environment Programme and Society for Environmental Toxicology and Chemistry, Paris, France*.
- [20] **O'Rourke, D.**, 2014, *The science of sustainable supply chains. Science*, 344, 1124-1127.
- [21] **Pimentel, B.S., Gonzalez, E.S., Barbosa, G.N.O.**, 2016, *Decision-support models for sustainable mining networks: fundamentals and challenges. Journal Of Cleaner Production*, 112, 2145-2157.
- [22] **Blass, V., Corbett, C.J.** 2017, *Same Supply Chain, Different Models. Integrating perspective form LCA and SCM. Journal Of Industrial Ecology*.
- [23] **UNEP/SETAC**, 2015, *Guidance on Organizational Life Cycle Assessment. Life-Cycle Initiative, United Nations Environment Programme and Society for Environmental Toxicology and Chemistry, Paris, France*.
- [24] **Martinez-Blanco, J., Lehmann, A., Chang, Y.J., Finkbeiner, M.**, 2015, *Social organizational LCA (SOLCA):a new approach for implementing social LCA. Int J Life Cycle Assess.* 20,1586–1599.

L'applicazione del carbon footprint come strumento a supporto del emission trading nell'ottica dell'economia circolare

Di Benedetto Francesco (1) f-d-b@hotmail.it – Pirrone Francesco (1) – Puglisi Francesco (1) - Matarazzo Agata (1) amatara@unict.it - Bertino Alberto (2)

*(1) -Università degli Studi di Catania- Dipartimento Economia e Impresa,
Corso Italia 55- 95129 Catania, Italy;*

(2) Acciaierie di Sicilia spa- Stradale Passo Cavaliere 1/a- 95121 Catania

Riassunto

Secondo il regolamento comunitario N.601/2012, gli impianti permanenti hanno l'obbligo di comunicare annualmente le quantità di gas clima-alteranti e attenzionare i flussi che generano emissioni di gas serra, ecc. L'azienda 'Acciaierie di Sicilia' è obbligata a monitorare il livello di emissioni derivanti dalle attività lavorative; essa utilizza lo strumento di Emission Trading (ET) per il controllo delle emissioni di gas serra con quotazione monetaria. A tal fine, obiettivo di questo paper è la quantificazione del Carbon Footprint, indicatore ambientale previsto dalla normativa internazionale ISO 14067/2013: esso esprime il totale delle emissioni di gas serra riferita come quantità di anidride carbonica equivalente (CO₂ eq), derivante dalle singole fasi del ciclo di vita della produzione dell'acciaio. Nel calcolo si tiene conto delle quantità di CO₂ ed altri composti chimici, moltiplicate per il coefficiente di caratterizzazione del potenziale riscaldamento globale.

Summary

As the Eu regulation n.601/2012, the permanent installations are required to annually communicate the quantities of climate-change gas and also to focus on flows of natural gas, coking coal, anthracite. Exc. The company "Acciaierie di Sicilia", is obliged to control the emission level from the work activities; it uses the tool of Emission Trading (ET) to control the emission of greenhouse gas with money quotation. For this purpose, objective of this paper is the quantification of the Carbon Footprint, environmental indicator referred to the normative international ISO 14067/2013: it express the total of greenhouses gas emission reported as quantity of equivalent carbon-dioxide (CO₂ eq.), resulting from single phases of life cycle production of the steel. In the calculation shall be considered the quantity of CO₂ and other chemicals, multiplied by the coefficient of characterization of potential global warming.

1.Introduzione

Negli ultimi dieci anni la società si è accorta dell'importanza del cambiamento climatico e di come il riscaldamento globale sia un problema molto più ampio di quanto le menti dei consumatori di tutto il mondo abbiano mai immaginato prima [1]. Le aziende sono sempre più

convinte che la regolamentazione globale delle emissioni di carbonio, come in un sistema di emissioni-trading, è necessaria ed imminente. L'applicazione di un meccanismo di regolamentazione dei prezzi si è rivelata particolarmente importante per la riduzione del carbonio, e tra questi la tassa sul carbonio è stata considerata come strumento economico costo-opportunità. Il Carbon Footprint è invece un indicatore ambientale previsto dalla normativa internazionale ISO 14067/2013 [2], che esprime il totale delle emissioni di gas serra riferita come quantità di anidride carbonica equivalente (CO₂ eq), direttamente o indirettamente derivante dalle singole fasi del ciclo di vita della produzione delle singole aziende.

Obiettivo di questo lavoro è mostrare come la quantificazione del carbon footprint, per un'impresa siciliana leader nel settore della produzione dell'acciaio, possa rappresentare un ottimo strumento a supporto della tutela ambientale, in un'ottica di implementazione delle Biotecnologie.

2.Relazione

2.1 *Emission trading*

Il Sistema europeo di scambio di quote di emissione (EU ETS) [3] è il principale strumento adottato dall'Unione europea, in attuazione del Protocollo di Kyoto, per ridurre le emissioni di gas a effetto serra nei settori energivori. Il Sistema è stato istituito dalla Direttiva 2003/87/CE [3] e instaura un meccanismo di “cap&trade” in Europa per gli impianti industriali, per il settore della produzione di energia elettrica e termica e per gli operatori aerei. La Direttiva prevede che, dal primo gennaio 2005, gli impianti in Europa con elevati volumi di emissioni non possano funzionare senza un'autorizzazione ad emettere gas serra. Ogni impianto autorizzato deve monitorare annualmente le proprie emissioni e compensarle con quote di emissione europee (European Union Allowances, EUA e European Union Aviation Allowances, EUA A - equivalenti entrambi a 1 tonnellata di CO₂ eq.) che possono essere comprate e vendute sul mercato. Seppure in misura limitata (art. 11 bis della Direttiva ETS[4], Regolamento 550/2011[5], Regolamento 1123/2013[6] sull'uso di crediti internazionali), gli impianti possono utilizzare a questo scopo, ma solo fino al 2020 ed in determinate percentuali, anche crediti di emissione non europei, derivanti da progetti realizzati nell'ambito dei meccanismi di progetto del Protocollo di Kyoto (Clean Development Mechanism, CDM e Joint Implementation, JI)[7]. La direttiva 2009/29/CE[8] che modifica la direttiva 2003/87/CE[3], ha esteso il campo di applicazione del sistema comunitario di scambio delle quote di emissione di gas a effetto serra. La direttiva 2009/29/CE [8] è stata recepita nell'ordinamento italiano con decreto legislativo 13 marzo 2013, n. 30[9], come modificato dal decreto legislativo 2 luglio 2015, n.111[10]. Ai sensi del paragrafo 3 dell'allegato I della direttiva 2009/29/CE[8], sono ricompresi nel campo di applicazione “Emissions Trading” tutti i tipi di unità, ed in particolare: caldaie; bruciatori; turbine; riscaldatori; altiforni; inceneritori; forni vari; essiccatoi; motori; pile a combustibile; unità di “chemical looping combustion”; torce; post-combustori termici o catalitici Sono ricompresi nel campo di applicazione gli impianti che raggiungono la soglia prevista per l'attività, cioè: Potenza termica installata di 20 MW; Capacità produttiva a seconda dell'attività svolta.

I gestori degli impianti possono, quindi, scegliere la combinazione economicamente più vantaggiosa tra investire per ridurre le proprie emissioni (con tecnologie a basso contenuto di carbonio, variazioni del mix energetico, misure di efficienza energetica) e acquistare quote. [11] Come criterio generale, gli Stati membri dell'UE assegnano a titolo oneroso le quote di emissione agli operatori attraverso aste pubbliche europee. Gli impianti manifatturieri, in particolare quelli esposti a rischio di delocalizzazione a causa dei costi del carbonio (rischio di carbon leakage diretto), ricevono una parte di quote a titolo gratuito in base a parametri di riferimento (benchmark). I benchmark generalmente espressi in termini di emissioni di

CO₂ eq. per unità di prodotto, sono armonizzati a livello europeo e quantificati in base alla performance del 10% degli impianti più efficienti per ciascun settore industriale. Gli impianti possono comprare e vendere quote tra loro, attraverso accordi privati o rivolgendosi al mercato secondario del carbonio. Le quote sono contabilizzate nel Registro unico dell'Unione europea, una banca dati in formato elettronico che tiene traccia di tutti i passaggi di proprietà delle quote e consente agli operatori di compensare, annualmente, le proprie emissioni restituendo le quote agli Stati membri.

Le aste sono un meccanismo di assegnazione delle quote di emissione valide per adempiere agli obblighi dello European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS). Dal 2013 il collocamento a titolo oneroso tramite asta è il meccanismo cardine per l'assegnazione delle quote, salvo eccezioni legate alla tutela della competitività dei settori manifatturieri sui mercati internazionali.

L'assegnazione a titolo oneroso dovrebbe garantire maggiore efficienza nella formazione di un prezzo di riferimento per la CO₂ in Europa, fornire uno stimolo più forte all'internalizzazione dei costi ambientali e contribuire al passaggio verso mix energetici a minor contenuto di carbonio favorendo investimenti in efficienza energetica e tecnologie pulite.

Le aste sono utilizzate per collocare:

- 50% delle *European Union Allowances* (EUA) per adempiere agli obblighi di compensazione delle emissioni di tutti gli operatori ETS (i.e. impianti fissi ed operatori aerei – cfr. Rapporto GSE sulle Aste – 2015);

- 15% delle *European Union Allowances Aviation* (EUA A), utilizzabili solo dagli operatori aerei.

Annualmente i quantitativi delle quote da collocare sono resi di pubblico dominio dal gestore della piattaforma, previa consultazione della Commissione e a valle della quantificazione delle quote da collocare gratuitamente, attraverso la pubblicazione di calendari d'asta: entro il 30 settembre per la piattaforma comune ed entro il 30 ottobre per le piattaforme nazionali.

2.2 Carbon footprint

La carbon footprint è una misura che esprime in CO₂ equivalente il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio.

In conformità al Protocollo di Kyoto [7], i gas ad effetto serra da includere sono: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido d'azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFCs), esafluoruro di zolfo (SF₆) e perfluorocarburi (PFCs). La tCO₂ (tonnellate di CO₂ equivalente) permette di esprimere l'effetto serra prodotto da questi gas in riferimento all'effetto serra prodotto dalla CO₂, considerato pari a 1 (ad esempio il metano ha un potenziale serra 25 volte superiore rispetto alla CO₂, e per questo una tonnellata di metano viene contabilizzata come 25 tonnellate di CO₂ equivalente).

La misurazione della carbon footprint di un prodotto o di un processo richiede in particolare l'individuazione e la quantificazione dei consumi di materie prime e di energia nelle fasi selezionate del ciclo di vita dello stesso. In particolare, il calcolo è espresso in Tonnellata di CO₂ equivalente, un'unità di misura che permette di pesare insieme emissioni di gas serra diversi con differenti effetti climalteranti (Global Warming Potential); il calcolo dell'indicatore è così composto: Tonn. eq. = Tonn. gas emesso x GWP.

A questo proposito l'esperienza degli ultimi anni suggerisce che il label di carbon footprint è percepito dai consumatori come un indice di qualità e sostenibilità delle imprese. Le aziende, oltre a condurre l'analisi e la contabilizzazione delle emissioni di CO₂, si impegnano a definire un sistema di carbon management finalizzato all'identificazione e realizzazione di quegli interventi di riduzione delle emissioni, economicamente efficienti, che utilizzano tecnologie a basso contenuto di carbonio. Le misure di riduzione possono essere integrate dalle misure per la

neutralizzazione delle emissioni (carbon neutrality), realizzabili attraverso attività che mirano a compensare le emissioni con misure equivalenti volte a ridurle con azioni economicamente più efficienti o più spendibili in termini di immagine (es. piantumazione di alberi, produzione di energia rinnovabile, etc.). [12]

2.3 L'azienda Acciaierie di Sicilia s.p.a.

L'azienda Acciaierie di Sicilia s.p.a., parte del gruppo Alfa Acciai dal 1998, costituisce l'unica acciaieria presente sull'Isola; con una capacità produttiva di circa 500.000 tonnellate/anno di tondo per cemento armato in barre e rotoli, ottenuto attraverso l'elettrofusione di rottame ferroso di esclusiva provenienza siciliana, questa importante realtà produttiva occupa complessivamente circa 200 persone. Grazie alle dimensioni raggiunte, alla tecnologia impiegata ed ai propri prodotti, l'azienda si colloca in posizione di rilievo nel panorama siderurgico europeo e rappresenta per il Gruppo Alfa Acciai il riferimento naturale per il mercato dell'Italia meridionale ed insulare. Per fronteggiare la crisi del settore, particolarmente grave in Sicilia a causa del rallentamento degli investimenti in opere pubbliche e dell'entrata di materiale estero di provenienza extracomunitaria, Acciaierie di Sicilia ha avviato un piano di investimenti significativo, orientato principalmente all'incremento dell'efficienza produttiva ed organizzativa, oltre al raggiungimento di elevate performance ambientali, facendo dell'eco-compatibilità e della sostenibilità due tra i principali obiettivi del proprio sviluppo per la contemporanea competizione industriale. Conseguenza di questi ingenti investimenti è stata la definizione di un nuovo acciaio eco-sostenibile, denominato con la sigla B450C S, dove la sigla "S" indica la sostenibilità del prodotto che assicura più elevate prestazioni in termini qualitativi ed ambientali. Rispetto infatti a quanto già previsto dalle norme di Legge (DM 14/1/2008 – Testo Unico sulle Costruzioni) [13], il nuovo acciaio delle Acciaierie di Sicilia garantisce a progettisti ed utilizzatori sia superiori caratteristiche meccaniche in termini di duttilità, ai fini del comportamento antisismico delle strutture, sia precise e certificate caratteristiche ambientali del prodotto per l'edilizia sempre più "ecosostenibile che assicura ottime prestazioni ai fini del comportamento antisismico delle strutture. L'obiettivo dell'ecosostenibilità è confermato anche dalle certificazioni "ambientali" ottenute (EN ISO 1402[14], ISO 14025 EPD[15], LCA[16], SUSTSTEEL[17]).

L'Azienda inoltre, utilizzando come materia prima il rottame (rifiuto) e trasformandolo in prodotto finito (tondo), rappresenta un esempio di "Economia Circolare" così come Alfa Acciai.

2.4 Emission trading implementata nell'azienda Acciaierie di Sicilia s.p.a.

Nell'ottica dell'emission trading l'azienda quantifica annualmente le emissioni di CO₂, da 12 fonti impattanti. Il sistema di quantificazioni è basato su calcoli; ogni anno si sviluppa un conteggio verificato da un ente esterno, mandato dal ministero dell'ambiente in cui si comunicano i flussi di fonte e i fattori di emissione. Ogni flusso di fonte si distingue in maggiore, minore e de minimis, in relazione alla percentuale delle emissioni sul totale. Contestualmente deve essere valutata anche l'incertezza sul calcolo totale e sulle scorte di ogni fonte. Risulta fondamentale sviluppare un efficace sistema di monitoraggio, che permetta di tenere sotto controllo il livello di emissioni, durante tutte le fasi del processo. Infatti viene monitorato, per ogni flusso di fonte, ogni ingresso in azienda di qualsiasi materiale combustibile e non, che ha impatto sul conteggio delle emissioni di CO₂.

2.5 Applicazione Carbon Footprint

Al fine di calcolare l'impronta di carbonio, l'azienda ha monitorato il livello di emissioni di gas serra, nel nostro caso anidride carbonica, riguardante gli anni 2014-15-16 del 2017 fino al 30/06 poiché l'analisi verrà completata al 31/12. Sono state monitorate le emissioni a livello

globale, e di conseguenza il contributo di ogni singola fonte. Da tale analisi è stato possibile calcolare il livello di emissioni espresse in tonnellate di CO₂ equivalente. Nella tabella 1 in prima riga viene presentato il lavoro svolto inerente la quantità di CO₂ annua emessa dalle diverse fonti: Gassoso: Gas naturale; Materiale – Rottami di ferro ;Materiale : Minerali di ferro; Ferroleghie; Solido – Carbone da coke; Antracite ed Altri carboni; Materiali : Elettrodi di carbonio per forni elettrici ad arco; Elettrodi di Grafite; Altre scorie; Scorie di fusione ; Rifiuti : Rifiuti industriali; Polveri di abbattimento fumi; acciaio prodotto da EAF (Electric Arc Furnace); Acciaio; Ghisa acquistata; HBI (Hot Briquetted Iron)/DRI (Direct Reduced Iron); CaO; Calce. Nella seconda il corrispondente di emissioni in CO₂ equivalente, nella terza il totale di alberi abbattuti annualmente dalle emissioni della azienda di riferimento.

Fonti impattanti	2014	2015	2016	2017 (FINO AL 30/06)
TOT t/CO ₂	21733	21134	23075	14051
Totale CO ₂ equiv	63.927	62.189	67.806	
Totale alberi abbattuti	319.638	310.900	339.030	

Tab. 1 – Totale emissioni di CO₂ in azienda.

Dall'andamento delle emissioni di CO₂ totali si evince un netto miglioramento delle performance aziendali negli anni 2014 e 2015, mentre un netto incremento nell'anno 2016 dovuto a un proporzionale aumento della produzione.

2.6 Risultati

L'industria del ferro e dell'acciaio è la più grande consumatrice di energia tra i settori industriali, ed anche naturalmente una delle più importanti fonti di emissioni di CO₂ ed di altri inquinanti. Secondo il World Energy Council [18] è stato rilevato che il 12% dell'energia mondiale viene consumata da tali settori. La corrispondente emissione di CO₂ era 1425 MtCO₂. La produzione mondiale dell'acciaio è aumentata da 200 Mt nel 1950 a 847 Mt nel 2001, e vi si aspetta un ulteriore aumento in futuro, principalmente derivante dall'aumento della domanda da parte degli stati in via di sviluppo tra cui Cina, India e sud America i quali aumentano la loro produzione annualmente del 7%. Gli analisti sono convinti che questo trend di crescita continuerà nei prossimi decenni difatti il World Energy Council prevede che entro il 2020 si raggiungerà un livello di produzione globale pari a 1300 Mt e che il consumo di energia nel settore dell'acciaio raggiungerà 600 Mto e con il conseguente aumento delle emissioni da CO₂ ad oltre 1700 MtCO₂. [19] Stando a queste previsioni si è rivelato indispensabile sviluppare degli strumenti allo scopo di limitare gli impatti ambientali derivanti da CO₂. A tal fine strumenti quali emission trading e il carbon footprint, consentono di ottenere uno sviluppo sostenibile. Dal punto di vista di innovazione tecnologica, pur evidenziando il continuo impegno della siderurgia nella riduzione delle proprie emissioni di gas serra, se si considerano le emissioni dirette, i margini di ulteriore miglioramento si stanno evidentemente assottigliando: sia per il ciclo integrale che per il forno elettrico non si è molto lontani dal raggiungimento di un limite tecnologico di processo. Lo stesso vale per gli impianti di trasformazione dell'acciaio che in Italia alimentano al 100% i propri forni di riscaldamento con gas naturale, cioè il combustibile commerciale più efficiente in termini di emissione di CO₂; inoltre nel settore le future prospettive di investimenti ecosostenibili trattano la riduzione delle emissioni dirette in fase di produzione (Carbon Direct Avoidance); riduzioni ottenibili attraverso integrazione di processo (Process Integration con o senza cattura e stoccaggio della CO₂ – Carbon Capture and Storage CCS); tecnologie di cattura e utilizzo della CO₂ (Carbon Capture Utilization- CCU). Grazie all'applicazione di un sistema di monitoraggio delle emissioni l'azienda è riuscita nel

corso del triennio preso in esame, a mantenere un livello di emissioni costante, pur aumentando la produzione. Al fine di far scendere l'impronta ecologica nelle emissioni calcolate, ci si auspica che l'azienda possa incrementare la percentuale di materia prima derivante da fonte riciclata.

3. Conclusione

Il calcolo di un indice come il carbon footprint, elemento distintivo nell'ottica del controllo delle emissioni, diventa sempre più strumento di comunicazione ai consumatori più attenti alle tematiche di sostenibilità ambientale, della capacità delle imprese di ridurre l'impatto ambientale. Infine esso può rappresentare un valido strumento di supporto alle decisioni in mano al management al fine di attuare azioni che tutelino maggiormente l'impatto ambientale durante tutte le fasi del ciclo produttivo, cercando di applicare appropriate azioni al fine di ottenere un miglioramento continuo.

L'analisi del contributo dell'acciaio nella lotta al cambiamento climatico non può limitarsi a considerare lo sforzo di riduzione delle emissioni generate in fase di produzione, ma deve essere estesa all'intero ciclo di vita del materiale e dei prodotti.

L'acciaio è in fatti un materiale indispensabile per una serie di applicazioni nell'industria energetica ad alta efficienza, nell'industria delle energie rinnovabili, nelle costruzioni di edifici ad elevato risparmio energetico, nel trasporto ferroviario. La Commissione Europea attraverso la proposta di "Low Carbon Roadmap 2050" ha indicato obiettivi di riduzione delle emissioni complessive UE di CO₂ al 2050 pari a -80% rispetto ai livelli del 1990, da raggiungere attraverso step intermedi, pari a -40% al 2030 e -60% al 2040. L'obiettivo del -40% CO₂ al 2030 è poi diventato parte integrante del pacchetto clima/energia presentato dalla Commissione Europea a gennaio 2014. In base a questi obiettivi generali, i target delineati dalla Commissione UE per i settori industriali attualmente soggetti ad ETS, tra cui quello siderurgico, equivarrebbero a -43% entro il 2030 e -88% entro il 2050, rispetto al 2005 [20]. Al fine di confrontare questi ambiziosi obiettivi con le effettive potenzialità tecnico economiche di abbattimento delle emissioni nel settore siderurgico, Eurofer (European Steel Association) ha commissionato uno specifico studio tecnico/economico che ha elaborato i possibili scenari con orizzonte il 2030 e il 2050, partendo dalla valutazione del grado di maturità e applicabilità delle diverse tecnologie per la riduzione delle emissioni di CO₂.

Bibliografia

- [1] Lee, K.-H. (2011). Integrating carbon footprint into supply chain management: the case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 19(11), 1216–1223
- [2] UNI ISO 14067/2013, Greenhouse gases- carbon footprint of product.
- [3] Direttiva 2003/87 CE, EU ETS Emission trading system, RILASCIO DELL'AUTORIZZAZIONE AD EMETTERE GAS A EFFETTO SERRA N. 2436, AI SENSI DEL DECRETO LEGISLATIVO N. 30 DEL 13 MARZO 2013, Deliberazione 99/2017.
- [4] Regolamento UE 601/2012 concernente il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas effetto serra
- [5] Regolamento 550/2011 della Commissione
- [6] Regolamento 1123/2013 della Commissione sull'uso di crediti internazionali. [5] H. Scott Matthews, Christ Hendrickson and Christopher L. Weber. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries Carnegie Mellon University.
- [7] Protocollo di Kyoto
- [8] DIRETTIVA 2009/29/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 aprile 2009 che modifica la direttiva 2003/87/CE al fine di perfezionare ed estendere il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra, *Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea* L 140/63/2009.

- [9] D.lgs 13 marzo 2013, n. 30
- [10] D.Lgs 2 Luglio 2015 n.111
- [11] www.gse.it. “Il sistema EU ETS”.
- [12] <http://www.minambiente.it/pagina/cose-la-carbon-footprint>.
- [13] DM 14/1/2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” GU n 29 del 4/2/2008, SO n 30.
- [14] EN ISO 14021:2016 “Environmental labels and declarations - Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)”.
- [15] ISO 14025 EPD “Dichiarazioni Ambientali di Prodotto”.
- [16] ISO 14040, LCA , Valutazione del Ciclo di Vita (LCA - Life Cycle Assessment).
- [17] www.steel-sustainability.org, SUSTSTEEL, Sustainability for steel construction products mark.
- [18] Levine MD, Martin N, Price L, Worrell E. Energy efficiency improvement utilising high technology—an assessment of energy use in industry and buildings. London, UK: World Energy Council; 1995.
- [19] Hidalgo I., Szabo L., Ciscar J. C., Soria A., Technological prospects and CO₂ emission trading analyses in the iron and steel industry: A global model., Energy, 2003 583-610.
- [20] http://www.federacciai.it/wp-content/uploads/2017/06/Rapporto_Sostenibilita_2017-

Digestione anaerobica: collegamento dei cicli biologici per l'oggi, biotecnologia strategica per il domani

Mirco Garuti m.garuti@crpa.it, *Claudio Fabbri*, *Sergio Piccinini*

¹Centro Ricerche Produzioni Animali - CRPA Lab, Sezione Ambiente ed Energia (Reggio Emilia)

Riassunto

Il presente lavoro vuole dare una descrizione del ruolo della digestione anaerobica allo stato attuale e del suo prossimo sviluppo, cercando di mostrarne le innumerevoli potenzialità. La ricerca si colloca all'interno di una sperimentazione attiva del master di II livello BIOCIRCE – Bioeconomy in the Circular Economy.

Biomasse vegetali, effluenti zootecnici, residui dall'agricoltura e sottoprodotti agro-industriali sono i substrati per produrre biogas/biometano; l'esempio italiano Biogasdoneright® si pone come un modello virtuoso per poter perseguire la produzione di bioenergia, unitamente alla rimozione di CO₂ dall'atmosfera.

Nella transizione energetica nazionale e nello sviluppo della bioeconomia italiana le opportunità per il settore biogas possono essere rilevanti: produzione di acidi grassi mediante dark-fermentation, metanazione biologica della CO₂ in un concetto di power-to-gas, valorizzazione innovativa del biometano come substrato per processi biotecnologici che utilizzano microrganismi metanotrofi.

Summary

The present work would describe the actual role of anaerobic digestion and its forthcoming development, showing the potentiality of this biotechnology. The research activity is part of the training practical activity provided by the II level Master BIOCIRCE – Bioeconomy in the Circular Economy.

Energy crops, livestock manure, residues from agriculture, and agroindustrial by-products are substrates to produce biogas/biomethane; the Italian Biogasdoneright® example is a model to pursue bioenergy production combined with carbon capture and storage.

The national transition energy and the bioeconomy development could offer important opportunities for biogas sector: fatty acids production by dark-fermentation, biological CO₂ methanation regarding to the power-to-gas concept, innovative valorization of biomethane as substrate for biotechnological process using methanotrophic bacteria.

1. Introduzione

Verso la fine degli anni '70 la digestione anaerobica in ambito agricolo in Italia era stata proposta come soluzione per l'impattante problema ecologico dello sviluppo degli allevamenti intensivi su territorio nazionale e la Regione Emilia-Romagna aveva promosso una importante ricerca, coordinata da CRPA, portando, nel periodo 1982-85, alla realizzazione di cinque impianti dimostrativi e di tre impianti sperimentali [1].

I risultati di tale ricerca, evidenziarono importanti criticità nel rendere economicamente sostenibili impianti troppo costosi perché costruiti come un adattamento, per le aziende zootecniche, di processi e tecnologie nate per il settore industriale e perché utilizzavano, in assenza di incentivazioni per l'energia prodotta, una biomassa con un basso potenziale metanigeno. [2]

La situazione è andata modificandosi a partire dalla fine degli anni '80, quando ha iniziato a diffondersi una nuova generazione di impianti di biogas semplificati costituiti da digestori orizzontali a freddo con copertura flessibile, pensati prevalentemente per liquami suini. Essendo la finalità della realizzazione volta al contenimento dell'impatto ambientale (principalmente la riduzione della diffusione di odore sgradevole), il biogas prodotto veniva inizialmente allontanato e bruciato in torcia [2]. Solo successivamente il biogas in uscita dal digestore anaerobico, previo trattamento, è stato bruciato in caldaia e l'energia termica prodotta utilizzata per la termostatazione del digestore (per avere il processo biologico più stabile) e per utenze aziendali, quando prodotta in eccesso.

A partire dagli anni '90, l'introduzione di un sistema di incentivazione e di tecnologie più semplici e studiate espressamente per il mondo agricolo hanno iniziato ad essere adottate e a garantire agli allevatori un effettivo ritorno economico dell'investimento e aprire una fase più favorevole per il settore del biogas italiano [2].

Tra il 2007 e il 2012 si è assistito in Italia alla forte espansione del numero di impianti per la produzione di biogas [3]; ciò è avvenuto sia nel caso di grandi allevamenti o di aziende agricole caratterizzate da una superficie agricola idonea all'approvvigionamento dell'impianto di biogas con materie agricole vegetali e alla successiva utilizzazione agronomica del digestato prodotto, sia in realtà produttive di medie dimensioni.

Il biogas, dopo una opportuna ulteriore purificazione, può arrivare a raggiungere caratteristiche simili a quelle del gas naturale compresso (CNG), con un contenuto di CH_4 pari al 95÷98% (biometano) e può essere immesso in rete per una sua valorizzazione, ad esempio come biocombustibile per autotrazione.

Il DM 5/12/13, che regola l'immissione del biometano in rete, dovrebbe a breve essere completato dal nuovo decreto che fisserà gli incentivi e che verosimilmente darà un forte impulso alla filiera del biometano, già all'inizio del 2018.

2. Risultati

2.1 *Biogasdoneright*®

A seguito degli accordi di Parigi del 2015 (COP-21) si è reso necessario uno sforzo per contrastare il surriscaldamento globale. Il settore agricolo ne è co-responsabile contribuendo per circa il 12% alle emissioni di gas serra su scala globale [4]. La produzione di biometano con impianti di tipo agrozootecnico può contribuire alla decarbonizzazione dei trasporti sostituendo in parte i combustibili da fonte fossile, ma la produzione del biocombustibile da biomasse deve essere fatta in modo sostenibile dal punto di vista ambientale e senza causare impatti indiretti negativi sulla produzione alimentare.

Produrre biometano con il modello *Biogasdoneright*® prevede l'utilizzo del doppio-raccolto: le colture per il mercato alimentare o per i foraggi vengono alternate a colture (es.: triticale, frumento, mais di secondo raccolto), le quali sono utilizzate in modo significativo come biomassa per alimentare l'impianto di digestione anaerobica. Sono anche introdotti liquami e letami, residui agricoli e, quando disponibili, sottoprodotti agroindustriali per produrre biogas. Il digestato è usato per la fertilizzazione dei terreni aziendali e per riportare sostanza organica nel suolo (fig. 1).

Recenti studi hanno mostrato come l'applicazione corretta del modello *Biogasdoneright*® possa contribuire positivamente a mitigare il surriscaldamento globale e alla decarbonizza-

zione delle emissioni nel settore dei trasporti [5], a riportare sostanza organica nel suolo [6] e quali benefici ambientali, di conseguenza, ne possano conseguire [7].

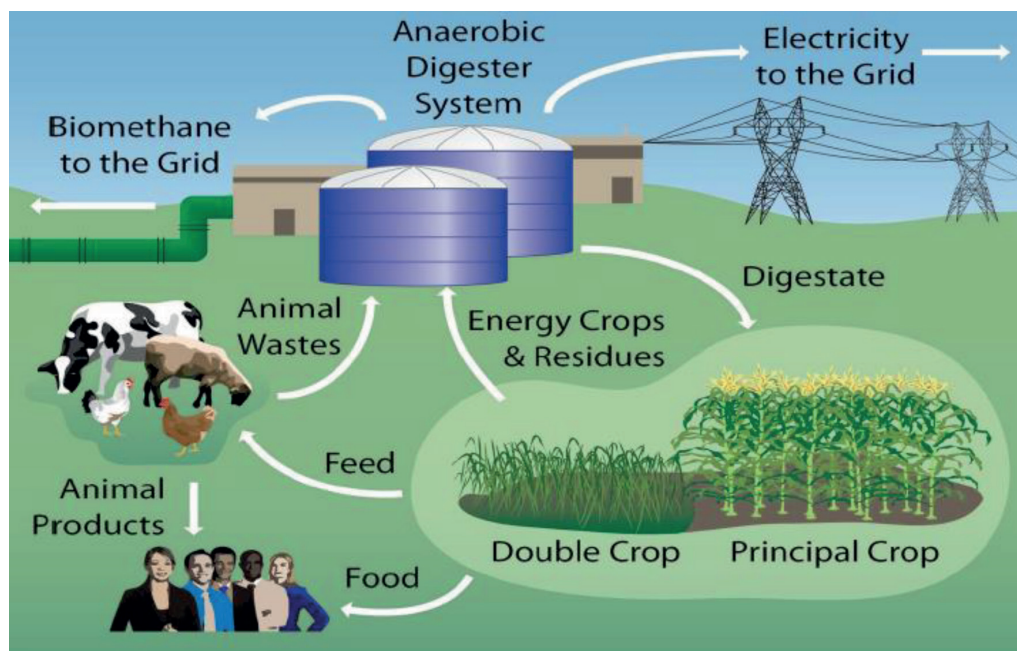


Figura 1 – Schema del modello Biogasdoneright® (Credits: Michigan State University)

2.2 Sistemi di pretrattamento delle biomasse

L'utilizzo di pretrattamenti fisici, chimici e biologici ha l'obiettivo di favorire in particolare la fase di idrolisi, acidogenesi e acetogenesi per incrementare la cinetica di conversione della materia organica e portare ad una maggiore produzione di biogas. Il processo di digestione anaerobica può essere fisicamente separato in due fasi operanti in fermentatori distinti; una fase biologica acida con produzione di acidi grassi volatili evita il loro accumulo nella fase di metanogenesi e può essere, quindi, introdotta al fine di applicare condizioni ottimali di crescita sia per i batteri idrolitici, acidogeni e acetogeni che per i metanigeni.

All'interno del progetto GoBIOM (Progetto finanziato dai Fondi POR-FESR europei 2014-2020 della Regione Emilia-Romagna) si vuole sviluppare un sistema di pretrattamento meccanico-biologico di matrici organiche in scala pilota basato sulla cavitazione idrodinamica e l'idrolisi acida. CRPA Lab ha eseguito il trattamento di cavitazione su differenti biomasse confermando l'efficacia di questo tipo di pretrattamento nella riduzione fisica delle matrici e la possibilità di condurre processi stabili di dark-fermentation con produzione di acidi grassi volatili e un biogas ricco in CO_2 e H_2 .

2.3 Metanazione biologica della CO_2

La bassa programmabilità di alcune fonti energetiche di tipo rinnovabile (es.: solare, eolico) determina profili di produzione di energia elettrica molto variabili durante la giornata; gli attuali sistemi di stoccaggio dell'energia elettrica sono insufficienti per poter garantire una dipendenza esclusiva da fonti rinnovabili di questo tipo. Al contrario la capacità di stoccaggio di energia chimica in forma di gas naturale è molto maggiore sia a livello nazionale che europeo [8]. Con Power-to-Gas (PtG) si indica la conversione di energia elettrica in metano; il proces-

so di elettrolisi dell'acqua dà luogo alla produzione di idrogeno (H_2) che, se fatto reagire con anidride carbonica (CO_2), origina metano (CH_4) secondo la reazione di Sabatier. La reazione può avvenire per via chimica o per via biologica: nel primo caso, la reazione è caratterizzata da alte temperature e pressioni mentre nel secondo caso, le condizioni sono molto più blande e la conversione è attuata da microrganismi metanigeni idrogenotrofi. Allo stato attuale dell'arte il processo di metanazione biologica sta mostrando difficoltà di scale-up a causa della bassa solubilità dell'idrogeno in fase liquida che necessita di particolari accorgimenti nel design del fermentatore di reazione e nelle conduzione di processo [9].

Una delle tematiche affrontate da CRPA Lab nel progetto +GAS (progetto di ricerca industriale strategica rivolto all'innovazione in ambito energetico della Regione Emilia-Romagna, in attuazione del POR-FESR 2014-2020) è quello relativo al miglioramento del coefficiente di trasferimento gas-liquido dell'idrogeno mediante l'introduzione della cavitazione idrodinamica per aumentare l'area superficiale di contatto tra la fase liquida del mezzo di coltura batterico e la fase gassosa rappresentata da una miscela H_2/CO_2 usata come substrato.

2.4 Utilizzo di biometano per la produzione di composti ad alto valore aggiunto

Il biometano può essere una fonte di carbonio ed energia per un gruppo di batteri aerobici chiamati metanotrofi.

Esistono diversi bio-prodotti ottenibili dall'ossidazione microbica del biometano, quali ad esempio: single-cell protein (biomassa batterica), biopolimeri, lipidi, metanolo, acidi organici, ectoina, vitamina B12, carotenoidi, isoprene, 1,4 butanediolo, farnesene, acido lattico, enzimi di interesse industriale [10].

Attualmente la produzione di biomassa batterica usata come mangime per il settore ittico è portata avanti, in fase commerciale, da Calysta Inc. [11] e UniBio A/S [12].

3. Conclusioni

Il presente lavoro vuole dare una descrizione del ruolo della digestione anaerobica in ambito agro-zootecnico allo stato attuale e del suo prossimo sviluppo, cercando di mostrarne le innumerevoli potenzialità.

La produzione di biogas in ambito agro-zootecnico può seguire modelli virtuosi (Biogasdone-righ®) in cui l'utilizzo del doppio-raccolto permette di produrre biomassa addizionale senza mostrare un cambiamento negativo indiretto sull'utilizzo del suolo e un impatto negativo sulla filiera alimentare. Il digestato effluente è utilizzato, in sostituzione ai concimi minerali, per la fertilizzazione e permette di riportare sostanza organica nel terreno unitamente all'uso della tecnica agronomica del doppio raccolto che consente una maggiore copertura del suolo durante l'annualità. In questo senso, la digestione anaerobica si pone come una tecnologia per la produzione di bioenergia e di rimozione di CO_2 dall'atmosfera (BECCS, *bioenergy combined with carbon capture and storage*).

All'interno di questo ciclo, il biogas può essere valorizzato come forma energetica per la produzione di energia elettrica, calore oppure biocombustibile dopo l'upgrade a biometano.

Con il passaggio da un'economia lineare ad un'economia circolare si incrementerà l'utilizzo di materiali di tipo biobased e di fonti energetiche di tipo rinnovabile, in modo tale da aumentare maggiormente l'indipendenza dalle fonti fossili e ridurre l'impatto sul cambiamento climatico. Di estrema importanza sarà, di conseguenza, identificare e sviluppare le ulteriori possibili valorizzazioni del biometano in settori differenti da quello bioenergetico.

Gli impianti di digestione anaerobica potranno essere realizzati nell'ottica di sfruttare al meglio il suolo e le infrastrutture nazionali già esistenti (rete elettrica e rete gas naturale) per destinare il biometano prodotto al mercato più conveniente.

Il lavoro si colloca all'interno di un progetto di tesi del master di II livello BIOCIRCE – Bioeconomy in the Circular Economy.

Bibliografia

- [1] **Cortellini L., Piccinini S., Tilche A.** (1986) *The bio-gas project in Emilia-Romagna (Italy): first results of five full scale plants*. Odour prevention and control of organic sludge and livestock farming, 353-357.
- [2] **Cassitto L., Navarotto P.** (2007). *Il processo di Digestione Anaerobica in Italia: storia e prospettive*. 1° Forum Nazionale su "Biogas e Ricerca in Italia", ECOMONDO 2007, Rimini.
- [3] **Fabrizi C., Labartino N., Manfredi S., Piccinini S.** (2013) *Biogas, il settore è strutturato e continua a crescere*. L'Informatore Agrario, 11(suppl):11-16.
- [4] **Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P. et al., Sirotenko** (2007) *Agriculture, in Climate Change: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed by Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- [5] **Peters D., Zabeti M., Kühner AK., Spöttle M. van der Werf W., Stomph TJ.** (2016) *Assessing the case for sequential cropping to produce low ILUC risk biomethane*. Ecofys, Netherlands B.V.
- [6] **Bezzi G., Maggioni L., Pieroni C.** (2016) *BIOGASDONERIGHT® model: soil carbon sequestration and efficiency in agriculture*. 24th European Biomass Conference and Exhibition, 6-9 June 2016, Amsterdam, The Netherlands
- [7] **Valli L., Rossi L., Fabrizio C., Sibilla F., Gattoni P., Dale BE., Kim S., Ong RG., Bozzetto S.** (2017) *Greenhouse gas emissions of electricity and biomethane produced using the Biogasdoneright® system: four case studies from Italy*. Biofuels, Bioprod. Bioref.
- [8] **Gas Infrastructure Europe.** *Storage map 2016*.
http://www.gie.eu/download/maps/2016/GIE_STOR_2016_A0_1189x841_FULL.pdf
(ultimo accesso: 23/01/17)
- [9] **Lecker B., Illi L., Lemmer A., Oechsner H.** (2017). *Biological hydrogen methanation – A Review*. Bioresource Technology.
- [10] **Stronga P.J., Kalyuzhnyayab M., Silvermanc J., Clarkea W.P.** (2016) *A methanotroph-based biorefinery: Potential scenarios for generating multiple products from a single fermentation*. Bioresource Technology, 215:314-323.
- [11] **Silverman J.** (2015). *Single cell protein: a sustainable approach to meeting the growing protein demand*. Aquafeed 7 (2), 10–14.
- [12] **Unibio completes commercial plant in Denmark and enters commercial phase.** (2016) Focus on Catalysts, 12:6.

Check list di autocontrollo delle performance economiche e finanziarie a supporto delle aziende per l'applicazione della bioeconomia

Agata Matarazzo (1) amatara@unict.it - Antonino Sabbia (2) - Paolo Morgante (3) -
- Eliana Stancanelli (1) - Enrico Suriano (1)

(1) Università degli Studi di Catania - Dipartimento Economia e Impresa -
Corso Italia 55-95129- Catania (Italy)

(2) Banco BPM S.P.A.-Sede legale piazza F. Media 4-20121 Milano (Italy)
(3) ENEA CCEI Catania - Piazza Spedini, 95123- Catania (Italy)

Abstract

Nell'ottica prevista dal nuovo Fondo per la crescita sostenibile e dei fondi della Banca Europea degli Investimenti, parte degli incentivi previsti per promuovere lo sviluppo economico locale e nazionale è destinato al finanziamento di programmi ecosostenibili e interventi con un impatto significativo in ambito nazionale sulla competitività ambientale dell'apparato produttivo. Questo paper presenta un innovativo modello di check list creato appositamente per agevolare le aziende a compiere una attenta analisi di autovalutazione sulla fattibilità tecnica ed economica inerente applicazione di strumenti volti alla realizzazione della bio-economia. Se ben utilizzato, questo schema potrebbe essere collocato fra i più validi strumenti di ausilio alle aziende volte all'analisi di differenti variabili ambientali sotto profili quali-quantitativi, supportando così il decision maker nella scelta di investimenti più produttivi e vicini alle caratteristiche di sensibilità ambientale aziendale.

Summary

In the European Investment Bank funds, part of the incentives for promoting local and national economic development is intended to finance eco-sustainable programs through environmental competitiveness of the equipment productive. This paper presents an innovative checklist model created specifically to help companies carry out a careful self-assessment of technical and economic feasibility to realize bio-economy. If well-used, this scheme could improve companies to analyze different environmental variables in quantitative profiles, thus supporting decision makers in choosing more productive and environmental investments

1. Introduzione

Il *rating* bancario è per il sistema economico-finanziario un elemento imprescindibile per valutare un'impresa in base al giudizio di affidabilità finanziaria; esso rappresenta una sorta di "voto" che la banca attribuisce all'impresa in base ai comportamenti che la stessa mantiene nei confronti del sistema; più un'impresa è affidabile dal punto di vista bancario, più alto sarà il voto che il sistema le attribuisce.

Infatti, il rating bancario è uno strumento che serve proprio per valutare il rischio delle imprese nel momento in cui le stesse chiedono dei finanziamenti. Il suo valore viene espresso su una scala ordinale, codificata in lettere e/o in numeri, che indica una sorta di valutazione della “bontà” dell’impresa richiedente e quindi della rischiosità legata alla concessione del credito; questo valore, calcolato sulla base di alcuni indicatori economico-finanziari, viene quindi utilizzato, assieme ad altri parametri, per decidere se all’azienda richiedente può essere concesso o meno il finanziamento [1].

Ovviamente, la capacità di rimborsare il capitale preso in prestito non è l’unico elemento in base al quale viene calcolato il rating; infatti, nella sua determinazione, entrano in gioco anche altri parametri quali: la solidità patrimoniale, le analisi relative al settore in cui opera l’azienda, il piano di sviluppo di medio-lungo termine presentato dalla stessa, l’analisi dei dati che emergono dalle varie Centrali Rischi, lo stato della liquidità aziendale e, infine, anche le caratteristiche del management [2].

Le informazioni che vengono date dall’azienda per essere inserite nel sistema sono di tipo quantitativo e qualitativo. I dati quantitativi sono informazioni di carattere economico-finanziario reperibili nei bilanci e negli altri documenti contabili dell’impresa; fra questi si riscontrano gli indicatori finanziari di redditività del capitale investito (ROI), di redditività delle vendite (ROS) e di rendimento del capitale proprio (ROE). Ulteriori indicatori di solidità finanziaria sono: l’incidenza degli oneri finanziari sul reddito operativo (OF/RO) ed il rapporto di indebitamento (MT/MP); mentre altri indicatori di crescita sono rappresentati dall’incremento degli investimenti, del fatturato e dei mezzi propri [3]. Tale analisi quantitativa serve a determinare la capacità dell’impresa di generare nel tempo flussi di cassa positivi, mantenendo un’equilibrata struttura patrimoniale e finanziaria e livelli di redditività soddisfacenti. Le informazioni qualitative consistono, invece, nel valutare la capacità dell’azienda di adottare scelte strategiche coerenti con l’evoluzione dell’ambiente esterno e del settore di riferimento, compiendo un’analisi generale sui diversi aspetti interni dell’azienda, fra cui: analisi dell’assetto proprietario; professionalità del management; certificazione dei processi produttivi; velocità nell’innovare e nell’anticipare le tendenze di mercato. Il peso relativo che hanno i due aspetti nella valutazione dell’azienda per determinare lo scoring, dando un valore in percentuale alle due aree di analisi, potrebbe essere diviso mediamente per il 75% negli aspetti quantitativi, mentre il restante 25% in quelli qualitativi.

L’analista fidi, nel momento in cui deve valutare la concessione del credito, attribuisce un valore di rating qualitativo associato ad un punteggio di *scoring*, e successivamente procede alla valutazione di tipo quantitativo utilizzando gli strumenti di analisi finanziaria in uso nella prassi, ossia indici di bilancio e flussi monetari e finanziari. Nell’ambito di quest’ultima analisi, sarebbe interessante ed innovativo utilizzare anche i parametri economici-ambientali dell’impresa. Il presente lavoro ha come obiettivo lo sviluppo sistematico e l’ampliamento di alcune informazioni ed ambiti dell’analisi qualitativa, finora raccolti esclusivamente in modo verbale attraverso una intervista al cliente; tali parametri dovrebbero invece essere raccolti in modo strutturato e documentato oggettivamente, attraverso la redazione di alcune *check list* appositamente create che contengano informazioni ambientali, non solamente informazioni contabili ed economiche [4].

2. Il Corporate Social and Environmental Responsibility Rating

Negli anni recenti, le banche hanno cercato di prendere maggiormente in considerazione gli impatti ambientali delle singole aziende, l’applicazione della normativa di riferimento e l’attitudine dei consumatori verso la *green economy*; l’insieme di queste numerose variabili si pone alla base di una domanda di informazioni ambientali oggettive che le banche desiderano ottenere dalle singole aziende, al fine di individuare in modo più corretto gli investimenti che mirano alla riduzione globale dell’impatto ambientale [5].

A tal fine, è possibile effettuare delle verifiche sulle relazioni esistenti tra il *rating* delle aziende con la loro sensibilità sociale ed ambientale, inquadrando tale analisi nell'ambito del *Corporate Social Responsibility* (cosiddetto *CSR rating*), che basa l'incremento di valore delle imprese sulle attività economiche ambientalmente e socialmente sostenibili, oltre che sull'analisi dell'intero ciclo di vita dei prodotti. Tale *CSR rating*, sebbene non ancora utilizzato e sfruttato dagli enti creditizi, può diventare un importante supporto economico e finanziario per i *decision makers* ed indirizzare i manager a compiere puntuali auto-valutazioni sulla propria gestione ecosostenibile e sulla stima del rischio ambientale e sociale. Inoltre, il *CSR rating* può creare incremento di valore alle aziende, indirizzando gli investimenti verso *best practice approaches e technologies*, con conseguente vantaggio nell'ambito della concessione di credito da parte degli intermediari finanziari [6-7]. Tale indicatore diventa utile per misurare le prestazioni della sostenibilità aziendale, promuovendo standard di eccellenza per il rating finanziario del mercato, sostenendo l'integrazione di fattori ambientali, sociali, finanziari, economici e contabili nel processo decisionale delle imprese e degli investimenti [8]. Questo innovativo sistema di rating incorpora problematiche inerenti diverse tipologie di impatti ambientali, in particolare nei comparti acqua, aria, rumore, suolo, rifiuti solidi e speciali, inquinamento elettromagnetico, utilizzo di energia e materie prime, gestione oculata dei rischi ambientali e rispetto delle normative cogenti in tema di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro [9].

3. Proposta di Check list

Nelle attuali esperienze di agenzie di credito, nel questionario qualitativo che viene sottoposto alle aziende richiedenti fido, vi è una prima sezione che raccoglie informazioni ambientali di carattere generico, con risposte multiple inerenti la eventuale presenza in azienda di certificazioni ambientali e valorizzazione delle politiche ecosostenibili. Lo scopo di questo lavoro è quello di introdurre nel sistema, oltre alle informazioni quantitative riguardanti gli impatti ambientali dell'impresa, anche informazioni di natura qualitativa sulle politiche aziendali, sugli strumenti di certificazione volontaria e sul bilancio ecosostenibile.

Le aree tematiche interessate sono, nello specifico i comparti di aria, acqua, rifiuti ed energia. Tali parametri, opportunamente misurati, evidenziano non solo se l'azienda rispetta la normativa ambientale cogente di riferimento, andando incontro in caso contrario ad eventuali sanzioni amministrative, ma indicano anche una sua attitudine al rispetto dell'ambiente ed un orientamento verso una gestione socialmente responsabile. Questo metodo di auto-valutazione delle aziende, così strutturato, incentiva l'adozione proattiva di strumenti di politica ambientale capaci di far ottenere benefici in termini di riduzione dei costi ed una migliore reputazione imprenditoriale, comportando così incrementi in termini di fatturato e possibile riduzione del costo del credito. Nella tabella 1 presentiamo i diversi micro-inquinanti da monitorare da parte dell'azienda, la quale deve indicare le relative quantità e la fonte di provenienza; qualora tali parametri non vengano attentamente quantificati, il responsabile ambientale lo evidenzierà nell'ultima colonna. Le quantità espresse devono essere riferite a parametri di misurazione inerenti il monitoraggio aziendale con valori di media annuali.

Comparti	Quantità	Fonte	Non monitorati
EMISSIONI ATMOSFERA:			
- ossidi di azoto (mg/m ³)			
- ossidi di zolfo (mg/m ³)			
- anidride carbonica (mg/m ³)			

Seuge

Comparti	Quantità	Fonte	Non monitorati
- clorofluorocarburi (mg/m ³)			
- composti organici volatili (mg/m ³)			
- polveri sottili (mg/m ³)			
- piombo (mg/m ³)			
- BTX (mg/m ³)			
RIFIUTI:			
- tossici e nocivi (ton)			
- speciali			
- rifiuti urbani			
- liquidi			
- RAEE			
- Solidi			
- % recupero			
IDRICI:			
- BOD (mg/l)			
- COD (mg/l)			
- Solidi sospesi totali (mg/l)			
- Metalli pesanti (mg/l)			
- Sostanze organiche (mg/l)			
- Cloruro (mg/l)			
- piombo (mg/l)			
- Consumi idrici			
ACUSTICO:			
- emissione di rumore (db)			
- vibrazioni			
ENERGIA:			
- quantità di energia consumata			
- fonti rinnovabili o non rinnovabile			
- consumo gas metano			

Tab. 1 – *Check list dei parametri ambientali*

Come si può notare, la tabella proposta prende in considerazione nella prima parte i principali micro inquinanti atmosferici che provocano effetti nocivi transfrontalieri, fra cui effetto serra ed acidificazione delle piogge. Tra i rifiuti, vengono considerati anche quelli provenienti da processi produttivi industriali (rifiuti speciali e RAEE), oltre quelli urbani, mentre nel comparto risorse idriche vengono elencati indicatori che mostrano cause di inquinamento da settore agricolo ed industriale. Una parte della *check list* proposta viene riservata all'inquinamento acustico, al fine di incentivare le aziende ad un monitoraggio attento delle proprie emissioni sonore; l'ultima parte, invece, è dedicata ad un argomento attuale nel panorama politico energetico nazionale, la gestione della quantità di energia consumata e la relativa fonte di approvvigionamento, al fine di incentivare così le aziende all'utilizzo di energia rinnovabile.

La tabella 2 mostra possibili costi di manutenzione/gestione annuali e di investimenti strutturali che ciascuna azienda può sostenere al fine di migliorare le proprie performance ambientali. Questi dati vengono incrociati dal sistema informatico con i dati inerenti la dimensione, la tipologia del settore merceologico e la segmentazione del ramo di azienda.

Costi di gestione ambientale	rilevante	Non sostiene
• oneri allacciamento fognatura		
• manutenzioni e riparazioni depurazione risorse idriche		
• costo smaltimento rifiuti solidi		
• costo smaltimento rifiuti liquidi		
• costi monitoraggio delle emissioni atmosfera		
• consulenze esterne		
• visite mediche dipendenti		
• adeguamento sicurezza ambienti di lavoro		
• numero di infortuni sul lavoro		
Investimenti		
• investimenti per riduzione consumi idrici		
• investimenti per riduzione emissioni di sostanze tossiche		
• investimenti in nuove tecnologie per riduzione di energia elettrica		
• cassoni dei rifiuti per raccolta differenziata		
• investimenti per il riciclaggio delle acque		
• impianto di aspirazione polveri		
• filtri ai camini		
• investimenti su Fonti Energetiche Rinnovabili		
• certificazioni ambientali		
• certificazioni sociali/etiche		
• bilancio ambientale		
• marchi ecologici		
• investimenti attrezzature antincendio		
• investimenti per la salute e sicurezza nei luoghi di lavoro		

Tab. 2 – *Check list dei parametri economico-finanziari*

Come si può notare, tra i costi di gestione vengono elencati quelli inerenti la depurazione delle risorse idriche e dei fumi al camino, costi che se sostenuti dalle aziende potrebbero decrementare in maniera significativa gli impatti lungo tutto il ciclo produttivo; inoltre è da sottolineare come particolare attenzione viene riposta sulle tematiche di tutela della salute dei lavoratori, al fine di prevenire e limitare gli incidenti. Tra gli investimenti strutturali, la *check list* da noi proposta pone grande importanza alle certificazioni volontarie di processo e di prodotto, ottenute le quali le aziende potrebbero acquisire maggior credibilità all'interno del sistema creditizio. Infine, la tabella mostra come, a seconda delle risposte ottenute dall'operatore sulla rilevanza dei costi di gestione inerenti la variabile ambientale posti in essere dall'azienda rispetto al totale degli investimenti globali. Pertanto, attraverso la compilazione della *check list*, si può evidenziare l'incidenza che l'azienda riserva alle problematiche ambientali, beneficiando così non solo di un ritorno in immagine, ma anche un miglioramento del proprio processo produttivo ed una riduzione dei costi di gestione in modo da ridurre al minimo il proprio rischio di impresa.

4. Vantaggi

Il *CSEER rating* proposto risulta di chiara e facile comunicazione al pubblico, applicabile a qualsiasi settore merceologico, divenendo quindi un indice di autovalutazione per le imprese che desiderano incrementare le proprie performance in ambito ambientale e sociale, in quanto racchiude considerazioni tecniche, legali e politiche. Esso diviene un insieme di indicatori finanziari semplici da individuare, facilmente comprensibili ed interpretabili, misurabili in tempi brevi, in grado di fornire una utile base per la comparazione, aggregando in contemporanea obiettivi di reddito operativo, fatturato ed economico-finanziari [10].

La pratica *check list* proposta offre alle aziende una facile opportunità di investigare sui propri impatti ambientali, sulle misure di controllo degli inquinanti nei differenti comparti e su un comportamento socialmente responsabile [11-12]. Tale indicatore serve da supporto per individuare finanziamenti finalizzati a tutte le attività inerenti la sostenibilità ambientale, la formazione e la sicurezza negli ambienti di lavoro. Nell'ottica dell'attuale economia globale, la green economy gioca un ruolo fondamentale nell'innovazione tecnologica, per tal motivo gli enti creditizi supportano aziende ecosostenibili in fase di *start-up* in cerca di investitori che offrano prodotti o servizi con tecnologie innovative. Inoltre è possibile più facilmente valutare l'acquisizione di tecnologie offerte da aziende in fase di crescita, come quelle presenti nei portafogli dei *venture capitals*. Infine, si offrono in tal modo opportunità tecniche ed economiche di livello qualitativo elevato, puntando su settori più strategici per lo sviluppo dell'economia sostenibile quali: energia rinnovabili, efficienza energetica, gestione delle acque, monitoraggio dell'aria, termovalorizzazione dei rifiuti.

5. Conclusioni

Gli indicatori così ottenuti dovrebbero essere presi in considerazione anche dagli istituti di credito nell'ambito della costruzione del *rating* interno, ai fini di una più oculata concessione del credito stesso, in termini di rischiosità e tassi da applicare, nonché nell'evidenziare un atteggiamento del management attento anche al rispetto dell'ambiente e della responsabilità sociale delle imprese affidate. Essi potrebbero essere utilizzati come segnalatori delle prestazioni dei singoli processi aziendali, utilizzabili come guida di carattere quali-quantitativo con marcato orientamento al futuro che permettono di conseguire risultati finanziari. Gli *stakeholder* coinvolti da questo nuovo metodo di supporto decisionale alle scelte aziendali sono: fornitori, in quanto conoscono già gli standard di qualità aziendale richiesti; i dipendenti, maggiormente tutelati nel migliorato clima aziendale; i concorrenti, che possono usufruire degli indicatori certificando così la sostenibilità ambientale con strumenti innovativi; il management, coinvolto in sistemi di incentivazione e remunerazione ecostenibile; gli azionisti, grazie alla maggiore partecipazione verso variabili sociali e ambientali; i clienti, coinvolti in processi produttivi che hanno come obiettivo l'incremento di utilità sociale, ecostenibilità e sicurezza [13]. Inoltre, tale rating così strutturato potrebbe servire da supporto per promuovere la diffusione delle fonti rinnovabili e favorire la razionalizzazione della domanda di energia, attivando filiere produttive di tecnologie agroenergetiche e biocarburanti; sostenere l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali e la riduzione delle emissioni climateranti, ove è possibile conseguire un elevato valore aggiunto sociale, economico ed ambientale. Alcuni esempi di tecnologia maggiormente ecosostenibili sono: idrogeno e celle a combustibili, produzione da combustibile rinnovabile, tecnologie di cattura ed immagazzinamento di CO₂ per la generazione di elettricità ed emissioni zero, tecnologie del carbonio pulito, elaborazione di politiche energetiche sostenibili.

Infine, gli istituti di credito cercheranno di supportare finanziamenti per imprese edili che costruiscono o ristrutturano immobili con criteri di bioedilizia e biosostenibilità [14].

In particolare, tale *Corporate Social and Environmental Responsibility Rating*, se ben utilizzato e sfruttato dagli istituti di credito, servirà per rendere l'attuale sistema energetico italiano più

sostenibile, meno dipendente dalle importazioni e basato su un mix di diverse fonti energetiche, in particolare quelle rinnovabili e meno inquinanti; fronteggiare le sfide attuali quali la sicurezza nello stoccaggio di energia ed i cambiamenti climatici, incentivando contemporaneamente la competitività dell'industria energetica comunitaria.

Bibliografia

- [1] **Barbarisi G.**, Il rating bancario e la valutazione di affidabilità dell'impresa, in "Il giornale delle PMI", 18\04\2016.
- [2] **ABI** (Associazione Bancaria Italiana), conoscere il rating. Come viene valutata l'affidabilità delle imprese con l'accordo di basilea, bancaria editrice, 05/2010.
- [3] <http://www.impresaefficace.it/guida-al-controllo-di-gestione-5-parte-i-kpi/>.
- [4] **D'Amico P.**, *il rating qualitativo nella concessione del fido bancario*, ASFIM-crea valore all'impresa, 01/07/2015.
- [5] **Thompson P., Cowton C.J.**, *Bringing the environment into bank lending: implications for environmental reporting* The British Accounting Review, 36, 2, June 2004, 197-218.
- [6] <http://pietrocolucci.myblog.it/2015/12/18/performance-esg-i-nuovi-indicatori-valutare-il-merito-credito-delle-aziende/>.
- [7] **Schaefer H.**, *Corporate Social Responsibility rating* (2009). In: Aras, G.; Crowther, D.(Eds.): *A Handbook of Corporate Governance and Corporate Social Responsibility*, 2009, Surrey (Gower Publ.), 449-465.
- [8] <http://ratesustainability.org/>.
- [9] **H. Wang, J. Bi, D. Wheeler, J. Wang, D. Cao, G. Lu, Y. Wang**, *Environmental performance rating and disclosure: China's GreenWatch program* Journal of environmental management, 71, 2, June 2004, 123-133.
- [10] **Hill J., Fedrigo D., Marshall I.**, *Banking and the Future: A Survey of Implementation of the UNEP Statement by Banks on the Environment and Sustainable Development*, Green Alliance, London, 1997.
- [11] **UNEP Global Survey: Environmental Policies and Practices of the Financial Services Sector**, United Nations Environment Programme, Geneva, 1995.
- [12] **Channa and Quimio, Khanna M., Quimio R.**, 2000, *Corporate Environmentalism: Regulatory and Market-Based, Incentives, Program for Environmental and Resource Economics*, Working Paper, 19, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- [13] www.irtop.com.
- [14] **Intesa SanPaolo**, *Fare energia con l'impresa. Guida agli strumenti per investire nelle energie rinnovabili*, Torino, 2009.

LCA - Life Cycle Assessment applicato ad un'azienda dolciaria

Eleonora Ocello eleonoraocello@icloud.com, Valeria Atanasio, Antonio Scuderi, Claudia Silluzio, Università degli Studi di Catania, Dipartimento Economia e Impresa, Corso Italia 55, 95129- Catania (Italy)

Riassunto

L'economia circolare pone al centro la sostenibilità del sistema, non ci sono prodotti di scarto e le materie prime vengono costantemente riutilizzate. Lo scopo del presente lavoro è quello di analizzare le nuove strategie italiane nel campo della bioeconomia. Il paper analizza l'azienda dolciaria DUCI s.r.l.s., situata a Catania, (leader nel settore HORECA). Il sistema da implementare consente di misurare, analizzare e comporre nell'arco di un intero ciclo di vita, il consumo di energia e materie prime, le differenti tipologie di emissioni e altri importanti fattori ambientali correlati ad uno specifico prodotto, processo o servizio. I vantaggi ottenibili attraverso la messa in atto del LCA comprendono lo sviluppo di una dettagliata documentazione, e quindi conoscenza, delle conseguenze ambientali associate ad un determinato prodotto o processo. Adottare una politica aziendale basata sulla sostenibilità fornisce un gap competitivo sia in ambito istituzionale che economico.

Summary

The circular economy is a model that consider sustainability as the core of any kind of economics system: wastes are reduced as much as possible and materials are constantly reused. The main aim of the following paper is to examine in detail the new businesses' strategies in the bioeconomy's sector. Our paper deals with a sweets company, "DUCI s.r.l.s.", located in Catania and specialized in single dose desserts. The method we have decided to apply allows to: measure and analyze the consumption of energy and raw materials, the different types of emissions and other environmental factors related to a specific product, process or service during the whole life cycle of an industrial system. The opportunities offered by the LCA implementation include the development of a detailed documentation and knowledge of any possible environmental impact the company could cause. The implementation of a business policy built on sustainability provides a certain competitive advantage from both institutional and economic points of view.

1. Introduzione

È stato ampiamente riconosciuto che l'economia circolare possa aiutare nel miglioramento della produttività delle risorse per l'ottenimento di uno sviluppo eco-sostenibile. Il core della Circular Economy si basa sul flusso circolare di materiali grezzi ed energia attraverso fasi multiple. Con riferimento alle connotazioni dell'economia circolare, i relativi progetti promossi a riguardo, dovrebbero concentrarsi sul miglioramento della produttività delle risorse e sulla eco-efficienza, specialmente ottimizzando la struttura dell'industria e/o del prodotto, sviluppando e applicando nuove tecnologie, aggiornando l'attrezzatura e migliorandone la gestione. Quasi tutti i progetti prima del 2002 si concentravano sul riciclaggio dei rifiuti attraverso la costruzione di anelli chiusi basati sugli sprechi tra le varie compagnie.

Quest'approccio risulterebbe essere una più efficiente soluzione per il miglioramento della produttività delle risorse se spostasse la propria attenzione dal riciclare al rimodellare la struttura industriale, adottando nuove tecnologie e riformando la politica industriale. Negli ultimi anni, le varie compagnie hanno dimostrato l'importanza di applicare una *CE* in quanto essa non si basa semplicemente sulla sostenibilità fine a se stessa, ma riesce a conciliare economia e ambiente nell'ambito di una vera e propria politica aziendale, da configurarsi come una strategia da adottare in azienda.

Nello specifico, il settore agroalimentare negli ultimi anni ha visto manifestarsi e registrarsi un importante grado d'interesse riguardo i temi ambientali di eco-sostenibilità e riciclo di energia. Nel 2012 si è tenuta una conferenza, "the LCA food conference" riguardo l'urgenza dell'attuazione di nuovi metodi di analisi eco-sostenibile nel settore alimentare; i temi su cui è stato posto maggiormente accento riguardavano specialmente l'auspicabile applicazione dell'Analisi del Ciclo di vita ai processi produttivi e ai prodotti stessi [1].

2. Materiali e Metodi

Il *life cycle assessment* è un procedimento oggettivo che permette di valutare i carichi energetici ed ambientali di un processo o attività, attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. Tale valutazione comprende l'intero ciclo di vita del processo o dell'attività: dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento finale. Il LCA viene implementato attraverso le seguenti norme: UNI EN ISO 14040:2006 e UNI EN ISO 14044:2006. Esse descrivono le varie fasi di cui l'analisi si compone: 1) scopo e campo di applicazione 2) analisi dell'inventario (Life cycle Inventory) 3) valutazione dell'impatto ambientale e del ciclo di vita (Lcia) 4) interpretazioni e miglioramenti.

- La prima fase "scopo e campo di applicazione" è la fase di definizione dello studio in cui bisogna indicare l'unità funzionale scelta, i confini del sistema descritto con i relativi limiti ed il metodo di calcolo usato. In particolar modo verrà presentato l'obiettivo principale per cui si sceglie di applicare il LCA, il livello del dettaglio a cui si vuole tendere e l'oggetto di studio ovvero l'ambito temporale di riferimento, il tipo di prodotto, le quantità da analizzare.

- La seconda fase "Life cycle Inventory" è la fase che permette di identificare e quantificare i flussi in ingresso e in uscita durante tutto il processo produttivo, quali:

- Consumi di risorse (materie prime, acqua, prodotti riciclati);
- Consumo di energia (termica ed elettrica);
- Emissioni (in aria, acqua e suolo).

La messa a punto dell'inventario consta di quattro fasi:

- sviluppo di uno schema di diagramma di flusso ovvero una rappresentazione grafica di tutte le varie fasi del ciclo di vita del processo. Questa rappresentazione comprende le sequenze di processi (rettangoli) e i flussi dei materiali (freccie) e viene utilizzata per identificare gli stadi principali del sistema e i processi interconnessi, inoltre consente di identificare e quantificare dati di input e output per ogni fase del processo.

- raccolta dati: studio del settore, analisi della realtà aziendale, descrizione del ciclo produttivo, individuazione degli input e output del sistema, stesura di un questionario per la raccolta, raccolta e verifica dei dati e della documentazione di riferimento

- definizione dei limiti e dei punti contatto fra il sistema e l'ambiente
- elaborazione dei dati

- La terza fase, LCIA, consiste nell'analisi degli eventuali impatti ambientali causati dal processo produttivo e dai dati raccolti; a questo proposito si utilizzano degli indicatori aggregati di uso internazionale che servono a descrivere e classificare le tipologie di effetti causati. Questa fase, a sua volta, si divide in quattro passaggi:

- Classificazione: in cui i dati dell'inventario vengono suddivisi in base alle categorie di impatti di cui sono responsabili: esaurimento delle risorse, salute umana, conservazione delle risorse;

- Caratterizzazione: serve a quantificare gli impatti per individuare il danno specifico relativo ad una determinata sostanza e/o prodotto studiato;
- Normalizzazione, allo scopo di rendere confrontabili quelle categorie che mostrano diverse unità di misura;
- Valutazione: essa permette di valutare in termini gerarchici i problemi e gli impatti riscontrati
- La quarta ed ultima fase ha la finalità di interpretare i risultati ottenuti e valutare i possibili miglioramenti, analizzando le varie opportunità e scegliendo quelle che risultano essere più compatibili con l'azienda. [2-4]

3. Caso studio: Duci s.r.l.s.

Duci è il laboratorio di pasticceria specializzato nella produzione di dessert e monoporzioni per il settore HORECA, che opera principalmente nella provincia di Catania. Il Tortino di cioccolato fondente dal cuore caldo, ha ispirato il progetto Duci nel 2008; le statistiche di vendita sono chiare, il prodotto funziona. Si procede subito a studiare una linea di dolci più completa e a cercare un luogo adatto alla produzione. Nel febbraio 2014 si riesce ad aprire il primo laboratorio. Ad oggi la linea di dolci cresce, le monoporzioni aumentano e migliorano sempre di più. In produzione si aggiunge la gelateria, la graniteria e la creazione di torte. La specificità di Duci è dedicarsi al settore con processi di produzione esclusivamente artigianali; lo scopo è quello di sostituire la produzione industriale con prodotti artigianali, freschi e di indiscussa qualità. L'obiettivo dell'azienda è di diventare professionisti nella produzione di dessert per la ristorazione, fornendo un'alternativa artigianale di alta qualità. L'attività lavorativa dura cinque giorni alla settimana, dal lunedì al venerdì, dalle 8,00 alle 16,00. Le fasi di lavorazione sono svolte per la maggior parte internamente su un reparto nella quale operano diversi macchinari: - *Pastorizzatrice*: scalda le materie prime e i semilavorati freschi, a una temperatura tale da ridurre la carica batterica. Il riscaldamento funge al tempo stesso da solubilizzante e miscelatore dei diversi ingredienti del gelato artigianale. - *Full-impastatrice*: utilizzata per montare, amalgamare e impastare. In funzione 5 giorni settimanali dalle 8,00 alle 16,00. - *Forno industriale elettrico*: utilizzato 3 ore al giorno dal lunedì al venerdì. - *Abbattitore*: macchinario in grado di abbattere la temperatura dell'alimento inserito al suo interno. Utilizzato per 4 giorni alla settimana per 6 ore. - *Cella frigo*: locale di conservazione degli alimenti, ove viene mantenuta una temperatura inferiore a quella ambientale. Utilizzato in azienda dal lunedì al venerdì dalle ore 8,00 alle ore 16,00.

I principali fornitori dell'azienda Duci s.r.l.s. sono: Nuova alimentari: burro, panna, albume, tuorlo e zucchero; Metro: mascarpone, alpigiana, farina, biscotti e yogurt; Fruttilio: frutta; Lindt: cioccolato; Roccaro: frutta secca.

Una volta reperite le materie prime, lavorate meccanicamente e artigianalmente, vengono dunque confezionati i prodotti ed effettuate le vendite sia nell'ambito del settore della ristorazione rispettivamente a Catania, Taormina, Messina, Marzamemi e Borgo Alighieri, sia tramite Agenti a tutti i restanti clienti. Tutti i prodotti hanno un prezzo di listino al quale vengono applicati sconti in fattura in relazione al canale commerciale e al cliente [5].

4. Risultati

Di seguito vengono implementate all'interno dell'azienda le 4 fasi delle life cycle assessment, Prima fase. Va sottolineato che il nostro studio non si focalizza tanto sulle emissioni, quanto sull'obiettivo di ridurre gli sprechi di materie prime in azienda, ottimizzando l'efficacia e l'efficienza del rapporto input e output dell'azienda.

La nostra unità funzionale è il tortino al cioccolato del peso di 130 g, che è stato oggetto di un difficile percorso di standardizzazione, essendo Duci s.r.l.s. un'azienda artigianale.

Seconda fase. L'inventario da noi stilato è stato formulato grazie ai dati di primo livello forniti

dall'azienda. Tali dati complessivi sono stati trattati adeguatamente tramite l'applicazione di proporzioni e arrotondamenti al fine di riportare i dati specifici per unità funzionale.

DATI INVENTARIO TORTINO	QUANTITÀ	TIPOLOGIA DATI
Cioccolato	35 g	1° livello
Burro	31 g	1° livello
Tuorlo	12 g	1° livello
Albume	24 g	1° livello
Zucchero	20,8 g	1° livello
Farina	6 g	1° livello
Cannella	0,20 g	1° livello
Rum	1 g	1° livello

Tab. 1 – *Inventario unità funzionale ricavato dallo studio in oggetto*

Energia elettrica	8,81 %
Acqua	0,22%
Carburante	3,52 %
Gas	1,06 %

Tab. 2 – *Incidenza dei costi di energia elettrica, acqua, carburante e gas (escluso materie prime)*

Terza fase. Per valutare l'impatto ambientale dell'azienda, si possono prendere in esame le 4 categorie riportate nella tab.2. Per quanto riguarda l'energia elettrica utilizzata per il funzionamento di molteplici macchinari, essa non rilascia nell'ambiente alcuna sostanza e di conseguenza non produce alcuna emissione. L'acqua di scarto è il derivato della manipolazione delle materie prime (di natura organica) e dell'impiego di prodotti pulenti i macchinari utilizzati per la manipolazione stessa. Spostando il focus sul carburante e prendendo in esame la fitta rete (diretta e indiretta) di consegna che Duci s.r.l.s. attua su tutto il territorio regionale, la stima degli ossidi di zolfo (SO_x), di azoto (NO_x), e di carbonio (CO_x) è di difficile quantificazione. Analizzando infine il gas, il suo consumo libera in atmosfera gli stessi ossidi degli oli combustibili di cui sopra anche se in misura minore.

Contestualmente alle emissioni va valutato anche lo **spreco** delle risorse energetiche in oggetto di studio. Esso dipende da fattori legati sia alle caratteristiche tecniche dei macchinari (vedi classe energetica) e degli impianti di erogazione delle risorse stesse, che alle procedure di gestione dei macchinari e degli impianti da parte del personale. Tale valutazione decade in presenza di impianti e macchinari a norma di ultima generazione e dell'applicazione di procedure di buona pratica.

Quarta fase. Analizzando i dati presenti nelle tabelle 1 e 2 e sulla scorta di considerazioni dedotte da quanto emerso, si propone in prima istanza la revisione di impianti e macchinari presenti in loco e l'adozione avanzata di buone pratiche di gestione delle risorse energetiche, al fine di azzerare lo spreco possibile a monte e a valle del processo produttivo e quindi di migliorare il grado di efficienza ed efficacia del sistema sia in ambito economico che ambientale.

5. Conclusioni

Si è scritto di come il life cycle assessment sia un metodo che si propone di seguire il prodotto "dalla culla alla culla" o "from cradle to cradle" anche applicabile alle piccole realtà del settore agro-alimentare. Proprio grazie a questa premessa l'azienda Duci s.r.l.s. ha deciso di

intraprendere questo percorso che porterà ad un miglioramento di efficacia ed efficienza del rapporto input/output. Il prerequisito per implementare l'analisi del ciclo di vita nelle sue varie declinazioni (più o meno onerose per l'imprenditore) è senza dubbio il commitment dello stesso.

Questo metodo inoltre rappresenta un importante punto di partenza per ottenere altre certificazioni, quali ad esempio quelle della famiglia ISO 9001 ed ISO 14001. Quanto detto precedentemente tiene conto delle esigenze del consumatore moderno che esige dalle varie aziende innovazioni tecnologiche e rispetto dell'ambiente. Emerge palese infatti come il mercato, negli ultimi 20 anni in perenne fermento ricerca sempre più frequentemente aziende "green" attente alle proprie emissioni. Le imprese, dunque, attraverso un'intensa attività di marketing ambientale potranno godere in un ampio gap competitivo che i concorrenti dovranno necessariamente colmare [6-7].

Bibliografia

- [1] **Zengwei Y., Jun B., Yuichi M.**, "The Circular Economy A New Development Strategy in China", *Journal of Industrial Ecology*, 2004.
- [2] **Notaricola B., Sala S., Assumpció A.**, "The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges", *Journal of Cleaner Production* 140, 2017.
- [3] **Rebitzer G., Ekvall T., Frischnecht R.**, "Lifecycle assessment Part1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications", *Environment International* 30, 2004.
- [4] **Helling R.**, "The role of Lca in sustainable development", *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, 2017.
- [5] **Soussana J.**, "Research priorities for sustainable agri-food systems and life cycle assessment", Parigi, 12 Marzo 2014.
- [6] **Finnveden G., Hauschild M., Ekvall T.**, "Recent developments in Life Cycle Assessment", *Journal of Environmental Management* 91, 2009.
- [7] **Van der Werf H., Garnett T., Corson M.**, "Towards eco-efficient agriculture and food systems: theory, praxis and future challenges", *Journal of Cleaner Production* 73, 2014.

Indice degli autori

Amodeo Elisa 40, 102
Andreola Fernanda 13
Aquilio Flavia M. 27
Arcese Gabriella 88, 96
Arzoumanidis Ioannis 121
Atanasio Valeria 347

Baglio Lorenzo 165
Balducci Catia 283
Barbato Luca 128
Barbieri Luisa 13
Baroni Andrea 201
Benamati Mattia 59
Benzo Maurizio 273
Bertino Alberto 328
Boero Sara 108
Bonadonna Lucia 290
Bonanno Sandro 165
Bonfanti Fabrizio 233
Bortolotti Valeria 13
Bortoluzzi Giulio 67
Brescianini Cecilia 201
Briancesco Rossella 290
Bursi Elena 13

Calleri Paolo 211
Calleri Raffaella 211
Calvagno Alessia 211
Campanini Mario 148
Capra Federico 67
Caputo Maria Cristina 81
Cardellicchio Francesco 299
Caridei Francesco 20
Carlini Carlotta 53
Cavallo Flavia 211
Cecinato Angelo 283

Ciavatta Claudio 223
Clasadonte Maria Teresa 315
Coccia Anna Maria 290
Cocomero Ernesto 242
Colombo Silvia 27, 40
Colombo Simona 40
Confalonieri Alberto 223
Contin Andrea 53, 59, 108
Coppetti Aldo 33
Cristaldi Valeria 242, 315
Cutarella Nando 171

D'Eusanio Manuela 321
Davit Jean Pierre 248
De Fina Anna 248
De Santis Benedetta 141
De Santis Noemi 141
Degli Innocenti Maurizio 223
Del Grosso Michele 171
Di Bella Arianna 242
Di Benedetto Francesco 328
Di Capua Rosa 88, 96
Di Lascio Andrea 148
Dotto Federica 108

Fabbri Claudio 217, 335
Ferlito Gianluca 305
Fichera Andrea 165
Firetto Carlino Marialuigia 315
Frattoni Massimiliano 283

Gabriele Biagio 165
Gambera Vanessa 315
Garuti Mirco 217, 335
Gatti Manuele 67
Genovesi Gianbattista 305

Ghiringhelli Giorgio 27, 33, 40, 102, 148
 Giacetti Walter 155
 Giavini Michele 40
 Gilardi Cristina 48
 Giordano Roberto 185
 Giuffrida Emanuela 211
 Greggio Nicolas 53, 59
 Grigatti Marco 223
 Guadagnuolo Vincenzo 242
 Gucci Paola Margherita Bianca 290
 Guglielmi Lorena 257
 Guido Massimo 81, 178

La Rosa Giuseppina 290
 Labartino Nicola 53, 59, 67, 217
 Lacchetti Ines 290
 Lancellotti Isabella 13
 Leanza Andrea 165
 Ligabue Marco 257
 Lombardelli Giorgia 67
 Lomoro Antonella 178
 Lorusso Leonardo 178

Magli Francesco 67
 Mancini Eliana 121
 Mantovani Alice 273
 Mantovi Paolo 257
 Marazza Diego 53, 59
 Marchesi Riccardo 74
 Marconetto Stefano 248
 Marzadori Claudio 223
 Marzorati Marzio 40
 Matarazzo Agata 328, 340
 Mazzotti Matilde 108
 Meletieu Nicolas 102
 Micconi Edoardo 67
 Micheletti Francesco 48
 Midence Roger 20,
 Midolo Fabio 27
 Milano Enzo 27
 Milano Patrizia 81
 Montacchini Elena 185
 Monticelli Marina 257
 Morgante Anna 134

Morgante Paolo 340
 Moro Pietro 33
 Moroni Fernanda 257
 Mosangini Claudia 20,
 Mosca Raffaele 192

Nodari Nicoletta 48
 Notarnicola Bruno 88, 96

Ocello Eleonora 347
 Oteri Domenico 201
 Otero del Mar Maria 81

Paciucci Lucia 283
 Panizzi Stefano 257
 Parabita Cosimo 257
 Pedrazzi Luca 128
 Perilli Mattia 283
 Perrone Luigi 115
 Petti Lugia 321
 Piccinini Sergio 59, 67, 217, 335
 Pipere Paolo 102
 Pirrone Francesco 328
 Porcelli Roberto 108
 Puglisi Benedetto 315
 Puglisi Francesco 328
 Puliti Claudio 115

Quintavalli Jacopo 148

Raggi Andrea 121, 134, 171, 192
 Raschiatore Daniele 20
 Rausa Andrea 264
 Ravezzani Davide Angelo 128
 Renzulli Pietro Alexander 88, 96
 Righi Serena 108
 Romagnoli Paola 283
 Romboli Fabrizio 74

Sabbia Antonino 340
 Salis Marco 115
 Santagostino Yuri 27
 Santi Mario 27
 Scelfo Giorgio 305

Scuderi Antonio 347
Senesi Carlo 148
Sicher Sabrina 201
Silluzio Claudia 347
Simboli Alberto 134, 171
Sogni Alberto 67
Soldano Mariangela 53
Stancanelli Eliana 340
Stella Ester 305
Sterpone Mauro 74
Suriano Enrico 340
Sutera Davide Michele Carmelo 315

Taddeo Raffaella 134
Tascione Valentino 192

Tassielli Giuseppe 88, 96
Tedesco Silvia 185
Teodoro Giuseppe 165

Valentini Andrea 141
Ventura Francesco 242
Venturi Riccardo 148, 155
Vergalito Enzo 141
Vespignani Luca 13
Vignudelli Aljs 13

Zamagni Alessandra 321
Zammataro Rosario Davide 305
Zanetti Paola 257

Gru coronata grigia
Mascotte della 21^{ma} edizione di Ecomondo - 2017



Luciano Morselli *Le specie in via di estinzione*
Gru coronata grigia, 2017
acrilico su carta latte, 30x21 cm



Luciano Morselli

Prof. Univ. di Bologna in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali Studio: Via Manzoni, 24 – 46036 Revere (MN) Tel. 335 427266
Email: luciano.morselli@unibo.it Siti: www.lucianomorselli.it; www.morselli.fci.unibo.it

Luciano Morselli. Il profilo artistico. La sua attività artistica inizia tra il '70-'80. I suoi lavori possono essere collocati in un filone tra il figurativo e neo-informale esprimendosi con temi legati al territorio e ambiente, lo sono: Itinerari Gonzaghesci, Zoografie e Giardini Segreti, Dal Po all'Adriatico un Grido, Attesa, Rondini Rosse, Stelle Notturme e Stelleenò, La rana blu, I Giardini di Monet, Zone Umide, L'Isola Sospesa, Biodiversità.

Recenti mostre: - 2011 Anno Internazionale della Chimica, partecipazione alla GAM di Milano "Science and Art" ed a Perugia con "La rana blu. L'ambiente in un percorso tra ricerca ed arte"; - 2013 Rimini Galleria dell'Immagine, e - 2015 Galleria Wikiarte di Bologna con "La conquista del Prato"; - 2016 Revere Palazzo Ducale con "STELLARI"

Testi critici: Renzo Margonari, Giorgio Celli, Benvenuto Guerra, Alfredo De Paz, Giacinto di Pietrantonio, Roberto Daolio, Roberto Pasini, Andrea Zanotti, Andrea Segrè, Marco Tonelli