

# INGEGNERIA DELL'AMBIENTE



N. 4/2019



# INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

**Ingegneria dell'Ambiente (IDA)** è una rivista scientifica ad accesso aperto (open access) nata nel 2014 da un'iniziativa della Sezione Ambientale del *Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale del Politecnico di Milano*.

La rivista è gratuita per autori e lettori (open access) ed è dotata di un sistema di revisione paritaria (peer-review).

**Ingegneria dell'Ambiente** pubblica articoli riguardanti la ricerca tecnico-scientifica nei campi di interesse dell'Ingegneria Sanitaria-Ambientale e si propone come strumento in lingua italiana per raggiungere e dialogare con tecnici ambientali, liberi professionisti, funzionari della pubblica amministrazione, formatori ed Enti di controllo.

La rivista ospita contributi in lingua italiana; ma sono richiesti anche un titolo e un abstract in inglese.

I temi di interesse della rivista sono:

- *Tecnologie per acque di approvvigionamento e di rifiuto.*
- *Riuso e recupero di energia e materia.*
- *Inquinamento dell'aria e depurazione delle emissioni in atmosfera.*
- *Inquinamento delle acque.*
- *Bonifiche dei suoli contaminati.*
- *Trattamento e gestione dei rifiuti.*
- *Valutazione di impatto ambientale.*
- *Cambiamenti climatici.*
- *Analisi del ciclo di vita.*
- *Energia e ambiente.*
- *Sistemi di gestione ambientale.*
- *Caratterizzazione, monitoraggio e modellistica dei fenomeni di inquinamento ambientale.*

Contributi su altri temi possono essere proposti indicando i legami con l'Ingegneria Sanitaria Ambientale, e saranno valutati dalla Direzione Scientifica della rivista. Devono essere originali nell'ambito delle pubblicazioni in lingua italiana, ossia non devono essere stati pubblicati nella stessa forma in atti di convegni o su altre riviste in lingua italiana.

**Ingegneria dell'Ambiente** pubblica:

- Articoli di ricerca, che illustrano risultati di ricerche tecnico-scientifiche.
- Articoli di review, che illustrano lo stato dell'arte.
- Comunicazioni tecnico-scientifiche, che illustrano risultati di progetti dimostrativi o soluzioni applicative innovative.
- Brevi resoconti di convegni o mostre.
- Recensioni di volumi, italiani e stranieri, di interesse per i campi dell'Ingegneria Sanitaria Ambientale.
- Editoriali o testi generali di inquadramento di temi di particolare rilevanza dell'Ingegneria Sanitaria Ambientale, scritti con un linguaggio divulgativo (su invito della Direzione Scientifica o del Comitato Scientifico).

Per l'invio di proposte utilizzare la piattaforma all'indirizzo: [www.ingegneriadellambiente.net](http://www.ingegneriadellambiente.net)

**Ingegneria dell'Ambiente** ha il patrocinio di:

- **GITISA** (Gruppo Italiano di Ingegneria Sanitaria, [www.gitisa.it](http://www.gitisa.it))
- **AIAT** (Associazione Ingegneri per l'Ambiente e il Territorio, [www.ingegneriambientali.it](http://www.ingegneriambientali.it)).



**Ingegneria dell'Ambiente** è riconosciuta da:

**ANVUR**

(Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca) come rivista scientifica dell'Area 08.



**Ingegneria dell'Ambiente** è indicizzata in **Google Scholar**.

La pubblicazione su **Ingegneria dell'Ambiente** è riconosciuta ai fini dell'ottenimento di **5 crediti** per la formazione informale prevista degli Ordini Professionali

La rivista è disponibile on-line all'indirizzo: [www.ingegneriadellambiente.net](http://www.ingegneriadellambiente.net)



# INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

## INDICE



VOL. 6  
NUM. 4  
2019

Ingegneria  
dell'Ambiente  
per il 2019 è  
sostenuta da:



**auma**<sup>®</sup>  
Solutions for a world in motion



**SOLVAiR**<sup>®</sup>

### EDITORIALE

Sensori a basso costo per il controllo diffuso della qualità dell'aria urbana..... 235  
*Grazia Ghermandi*

### ARTICOLI

Tecnologie di disidratazione dei fanghi..... 241  
*Simone Visigalli, Ludovico Spinosa, Roberto Canziani*

Valutazione dei servizi wash nelle scuole di Anápolis, Brasile..... 269  
*Carmencita Tonelini Pereira, Sabrina Sorlini, Sara Pugliese*

### COMUNICAZIONI TECNICO-SCIENTIFICHE

Un prezzo minimo per le emissioni di CO<sub>2</sub>: obiettivi e prospettive di una iniziativa dei cittadini europei ..... 280  
*Alberto Majocchi, Carlo Maresca, Claudia Basta*

L'End of Waste: dalla culla alla crisi ..... 286  
*Federica Carollo, Lucia Rigamonti*

### PUBBLIREDAZIONALI

Innovazione ed efficienza per il settore delle acque: l'esperienza di AUMA Italiana ..... 295

### RUBRICHE

Informazioni dalle Aziende..... 295

Avvisi ..... 300

Recensione Libri ..... 305



**DIRETTORE RESPONSABILE**

*Stefano Caserini* (Politecnico di Milano)

**DIREZIONE SCIENTIFICA**

*Stefano Caserini* (Politecnico di Milano)

*Roberto Canziani* (Politecnico di Milano)

**COMITATO SCIENTIFICO**

*Manuela Antonelli* (Politecnico di Milano)

*Arianna Azzellino* (Politecnico di Milano)

*Vincenzo Belgiorno* (Università di Salerno)

*Giorgio Bertanza* (Università di Brescia)

*Alessio Boldrin* (DTU, Copenhagen, Danimarca)

*Gianluigi Buttiglieri* (Catalan Institute for Water Research, Girona, Spagna)

*Andrea Capodaglio* (Università di Pavia)

*Alessandra Carucci* (Università di Cagliari)

*Stefano Cernuschi* (Politecnico di Milano)

*Raffaello Cossu* (Università di Padova)

*Paola Crippa* (Università di Notre Dame, USA)

*Giovanni De Feo* (Università di Salerno)

*Massimiliano Fabbricino* (Università di Napoli Federico II)

*Francesco Fatone* (Università Politecnica delle Marche)

*Elena Ficara* (Politecnico di Milano)

*Paola Folidori* (Università di Trento)

*Mario A. Gandini* (Univ. Aut. de Occidente, Cali, Colombia)

*Grazia Ghermandi* (Università di Modena e Reggio Emilia)

*Daniele Goi* (Università di Udine)

*Mario Grosso* (Politecnico di Milano)

*Giovanni Lonati* (Politecnico di Milano)

*Claudio Lubello* (Università di Firenze)

*Francesca Malpei* (Politecnico di Milano)

*Salvatore Masi* (Università della Basilicata)

*Giulio Munz* (Università di Firenze)

*Salvatore Nicosia* (Università di Palermo)

*Senem Ozgen* (Politecnico di Milano)

*Cinzia Pastorello* (European Environment Agency, Copenhagen, Danimarca)

*Eleonora Perotto* (Politecnico di Milano)

*Francesco Pirozzi* (Università di Napoli Federico II)

*Alessandra Poletti* (Università di Roma La Sapienza)

*Raffaella Pomi* (Università La Sapienza, Roma)

*Marco Ragazzi* (Università di Trento)

*Ezio Ranieri* (Politecnico di Bari)

*Enrico Remigi* (DHI, Merelbeke, Belgio)

*Lucia Rigamonti* (Politecnico di Milano)

*Paolo Roccaro* (Università di Catania)

*Francesco Romagnoli* (Riga Technical Univ., Riga, Lituania)

*Diego Rosso* (University of California, Irvine, USA)

*Sabrina Saponaro* (Politecnico di Milano)

*Elena Sezenna* (Politecnico di Milano)

*Fabio Tatano* (Università di Urbino)

*Sergio Teggi* (Università di Modena e Reggio Emilia)

*Davide Tonini* (JRC Siviglia)

*Vincenzo Torretta* (Università dell'Insubria)

*Mentore Vaccari* (Università di Brescia)

*Paola Verlicchi* (Università di Ferrara)

*Gaspere Viviani* (Università di Palermo)

*Maria Chiara Zanetti* (Politecnico di Torino)

**COMITATO DI REDAZIONE**

*Arianna Azzellino, Mario Grosso, Giovanni Lonati, Lucia Rigamonti, Elena Sezenna*

**SEGRETARIA DI REDAZIONE**

*Loredana Alaimo*



**INGEGNERIA  
DELL'AMBIENTE**



**N. 4/2019**

**COPYRIGHT**

I testi sono pubblicati da Ingegneria dell'Ambiente con la licenza CREATIVE COMMONS Attribuzione – Non commerciale – Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-NC-SA 3.0 IT)

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/it/deed.it>

Chiunque è libero di:

- *Condividere* – riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare questo materiale con qualsiasi mezzo e formato;
- *Modificare* – remixare, trasformare il materiale e basarsi su di esso per le sue opere;

alle seguenti condizioni:

- *Attribuzione* – Deve essere attribuita adeguatamente la paternità del materiale, fornendo un link alla licenza e indicando se sono state effettuate modifiche. È possibile realizzare queste condizioni in qualsiasi maniera ragionevole, ma senza suggerire che il licenziante avalli il modo in cui il materiale è usato.
- *Non Commerciale* – Non è possibile usare il materiale per scopi commerciali.
- *Stessa Licenza* – Se si trasforma il materiale o ci si basa su di esso, è fatto obbligo di distribuire il contributo così prodotto con la stessa licenza del materiale originario.

Il licenziante non può revocare questi diritti fintanto che i termini della licenza sono rispettati.

**EDITORE**

COLORSHADE di Cabrini Matteo M., Via Cristoforo Colombo, 7, 20068 Peschiera Borromeo (MI), Italia.

REDAZIONE E PUBBLICITÀ: Loredana Alaimo, Tel. 329.3126157, e-mail: [redazione@ingegneriadellambiente.net](mailto:redazione@ingegneriadellambiente.net)

Registrata presso il Tribunale di Milano (n.108 del 21/3/2014)

PER ABBONAMENTI: Tel. 02.2847518, Fax 02.45482383, e-mail: [amministrazione@ingegneriadellambiente.net](mailto:amministrazione@ingegneriadellambiente.net)

PER INFORMAZIONI: Ing. Stefano Caserini, Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Sezione Ambientale, Via Golgi 39, 20133 Milano. Tel. 02.23996430, e-mail: [info@ingegneriadellambiente.net](mailto:info@ingegneriadellambiente.net)

Publicato on-line il 20 gennaio 2020.

Finito di stampare in gennaio 2020, presso Colorshade di Cabrini Matteo M., Via Cristoforo Colombo, 7, 20068 Peschiera Borromeo (MI).

## SENSORI A BASSO COSTO PER IL CONTROLLO DIFFUSO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA URBANA

Grazia Ghermandi

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari", Modena.

L'inquinamento atmosferico colpisce tutti, ed è la seconda principale causa di morte per malattie non trasmissibili dopo il fumo di tabacco. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), si sono verificati oltre 550.000 decessi in Europa nel 2016 attribuibili agli effetti congiunti dell'inquinamento atmosferico indoor e outdoor e stime recenti (Lelieveld et al., 2019), ancora più allarmanti, rendono l'inquinamento atmosferico la prima causa ambientale di morte prematura in Europa.

Oltre l'80% delle persone che vivono in aree urbane ove sia monitorato l'inquinamento atmosferico sono esposte a livelli di contaminanti che superano i limiti delle linee guida dell'OMS per la qualità dell'aria, con esposizioni più alte nei paesi a basso e medio reddito. In Europa, tra le principali

fonti di inquinamento atmosferico si trovano il traffico stradale, il riscaldamento domestico e la combustione industriale. Gli impatti ambientali del traffico veicolare sono assai rilevanti in molte aree metropolitane europee.

Le direttive sulla qualità dell'aria ambiente (2004/107/CE; 2008/50/CE) stabiliscono l'obbligo di sviluppare e attuare piani di qualità dell'aria e conseguenti misure per zone e agglomerati ove le concentrazioni di inquinanti superino gli standard dell'Unione Europea (UE). Piani e misure sono stati quindi implementati dagli stati membri, e costituiscono l'elemento centrale della gestione della qualità dell'aria. Nel 2013 la Commissione Europea ha pubblicato il pacchetto "Aria pulita" (Clean Air Policy) che mira sostanzialmente a ridurre l'inquinamento atmosferico in tutta l'UE,





Figura 1: Esempi di sensori a basso costo

stabilisce obiettivi per diminuire gli impatti sulla salute e sull'ambiente entro il 2030 e contiene proposte legislative volte ad attuare norme più severe in materia di emissioni e di inquinamento atmosferico.

Nel febbraio 2017, la Commissione Europea ha allertato cinque paesi, tra cui Spagna e Italia, per i ripetuti superamenti dei limiti di inquinamento atmosferico da biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ), ed ha esortato tali stati ad attivarsi per garantire una buona qualità dell'aria e salvaguardare la salute pubblica.

Il maggiore contributo alle emissioni totali di biossido di azoto nell'UE viene dal settore dei trasporti su strada, mentre la combustione di carburanti nell'ambito di attività commerciali, istituzionali e domestiche contribuisce principalmente alle emissioni di particolato primario, soprattutto in alcune nazioni dell'Est Europa.

La maggior parte delle misure attivate dagli Stati membri in ottemperanza alle direttive sulla qualità dell'aria ambiente negli ultimi 3 anni mira a ridurre concentrazioni e numero di superamenti dei valori limite di  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{NO}_2$  (EEA, 2018). Per diminuire l'impatto del traffico veicolare si adottano agevolazioni per passare ad altre modalità di trasporto, si interviene su pianificazione urbanistica ed infrastrutture per il trasporto sostenibile, su miglioramenti al trasporto pubblico, sugli appalti pubblici.

Seguono misure relative a combustione commerciale e residenziale, all'industria per il  $\text{PM}_{10}$ , e alla combustione industriale, commerciale e residenziale per  $\text{NO}_2$ , prevedendo principalmente il passaggio a carburanti a basse emissioni, l'introduzione di apparecchiature per il controllo delle emissioni e l'aggiornamento delle tecnologie.

Sono infine importanti anche le modalità di comunicazione: l'amministrazione locale è il principale responsabile della pianificazione ed attuazione del-

le misure e della notificazione delle azioni che i singoli possono adottare per ridurre l'inquinamento atmosferico (EEA, 2018).

La valutazione della qualità dell'aria a termini di legge (D.Lgs 155 del 13/08/2010, attuazione 2008/50/CE) viene svolta dagli enti territoriali preposti (Agenzie ARPA) con reti di stazioni di misura in siti fissi, ove il monitoraggio segue un rigoroso protocollo Quality Assurance/Quality Control (QA/QC) per garantire incertezze di misura comprese in intervalli specifici ed appropriati allo scopo. I costi associati al mantenimento ed all'efficienza di tali siti di monitoraggio hanno però portato a una riconfigurazione delle reti di controllo normativo per la qualità dell'aria in Europa nell'ultimo decennio, con conseguente miglioramento delle reti, ma anche diradamento spaziale dei siti di misura fissi. Ciò risponde alle principali esigenze legislative, ma non alla crescente domanda di informazioni diffuse sulla qualità dell'aria nelle aree urbane, dove vive la maggior parte della popolazione mondiale (Nazioni Unite, 2015). Infatti, anche se la maggior parte delle misure attivate riguarda il settore trasporto su strada, si risente della mancanza di strumenti per stimare in modo efficiente e rapido il livello di inquinamento nelle diverse zone delle città, derivante principalmente dalle condizioni del flusso di traffico: tali strumenti potrebbero ottimizzare le strategie di controllo ed anche accrescere nella popolazione la consapevolezza delle condizioni di qualità dell'aria.

Sono stati quindi sviluppati ulteriori approcci per stimare lo stato di inquinamento in ambienti complessi come le aree urbane: fra i più promettenti fino ad ora adottati, si trovano la simulazione della dispersione atmosferica di inquinanti e l'utilizzo di piccoli sensori *a basso costo*. Il primo approccio prevede la modellizzazione della disper-



sione con software di diversa complessità ed adeguata scala spazio-temporale, ampiamente documentati in letteratura, mentre il secondo consiste nella dislocazione di sensori per mappare la qualità dell'aria con risoluzione temporale (Bigi et al., 2018), o altre applicazioni, migliorando la copertura dell'area urbana. L'utilizzo di sensori *a basso costo* per la misura di inquinanti atmosferici in fase gas o particolato, soluzione tra le più economiche e di facile installazione, è oggi oggetto di notevole attenzione: nel prossimo futuro nei paesi "sviluppati" essi saranno affiancati alle stazioni di monitoraggio normativo in aree urbane per aumentare la copertura spaziale, pur fornendo dati affetti da maggiore incertezza. Mentre nelle zone urbane di paesi in via di sviluppo essi potrebbero sostituirsi alle centraline di qualità dell'aria normative, per le quali manca l'infrastruttura necessaria.

I moderni sensori a basso costo per la misura di concentrazioni atmosferiche di inquinanti si basano su tecnologie consolidate: es. PID (ionizzazione tramite radiazione UV) per la stima di VOC, NDIR (assorbimento di radiazione infrarossa) per la stima di CO<sub>2</sub>, ossidi metallici semiconduttori (MOX) o celle elettrochimiche per la stima di vari gas (es. CO, O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) e scattering per il conteggio del particolato aerodi-

sperso. Le elevate aspettative riposte in questi sensori si scontrano però con problemi di calibrazione, stabilità, sensibilità incrociata e basse ripetibilità e riproducibilità, che comportano ulteriori ricerche e test per consentirne un uso consapevole.

La calibrazione è uno dei principali problemi ancora non risolto appieno, che limita l'uso di questi dispositivi: infatti la calibrazione dovrebbe essere rappresentativa dei principi di funzionamento del sensore, della risposta di esso in tutte le possibili condizioni ambientali e dell'invecchiamento del sensore stesso. Le principali procedure di calibrazione prevedono test del funzionamento dei sensori in laboratorio in condizioni controllate, e/o collocazione di essi sul campo accanto a uno strumento di riferimento calibrato: non è però possibile generalizzare i risultati quando le misure vengano eseguite in un sito diverso da quello di calibrazione. L'effetto, non trascurabile, del trasferimento dei sensori ad un luogo diverso da quello in cui è avvenuta la calibrazione sul campo è poco descritto in letteratura, mentre numerosi studi mostrano risultati di calibrazione sul campo e di successiva distribuzione di sensori nello stesso sito. L'elaborazione dei dati di calibrazione, in particolare riguardo ai sensori per inquinanti gassosi, dà migliori risultati con l'uso

di complessi modelli non lineari, comprendenti diverse variabili di regressione (comunemente anche parametri meteorologici) oltre alla variabile associata all'inquinante target. È però possibile utilizzare algoritmi di machine learning per simulare set di equazioni non lineari: ad esempio Random Forest è un algoritmo di machine learning di uso relativamente semplice, che ha dato buoni risultati nella calibrazione di sensori a basso costo, anche se modelli più complessi su reti neurali hanno dato risultati altrettanto soddisfacenti. Questi algoritmi consentono di calibrare tali sensori dopo una breve collocazione, includendo adeguate variabili di input.

Alle esigenze di pubbliche amministrazioni e comunità risponde il progetto TRAFair (<http://trafair.eu/>), finanziato nell'ambito del programma CEF-TELECOM 2017, ed avviato a novembre 2018. Il progetto si concentra sulla valutazione della qualità dell'aria e sulle previsioni su scala 'micro' urbana, abbinando la modellizzazione lagrangiana della dispersione di inquinanti gassosi, il monitoraggio spazio-temporale dei gas (una rete di sensori a basso costo) e tassi realistici di flusso del traffico, tramite un modello dinamico basato su dati sul traffico in tempo reale. Le città test di TRAFair sono Modena, Firenze, Pisa, Livorno in Italia, Saragozza e Santiago de Compostela in Spagna: Modena è leader del consorzio.

A Modena, città di 180 mila abitanti della Pianura Padana, un hotspot di qualità dell'aria con due stazioni fisse di monitoraggio normativo di ARPAe, sono stati installati dodici unità di sensori portatili. Ogni unità monta 4 sensori per misurare serie temporali di NO, NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>, che trasmette a un database centrale tramite una infrastruttura LoRaWAN. Le unità sono calibrate su base periodica bimestrale: dopo 2 settimane di collocazione presso le stazioni fisse ARPAe vengono distribuite in tutta la città. La calibrazione con un algoritmo di machine learning rimane ragionevolmente costante dopo brevi periodi di collocazione e fornisce per i sensori utilizzati un'incertezza di ca. il 25% per NO e NO<sub>2</sub>, anche dopo un trasferimento.

Questi sensori vengono utilizzati per la mappatura della qualità dell'aria urbana in tempo reale e per testare e validare due modelli lagrangiani di dispersione a microscala utilizzati per Modena: Parallel Micro Swift Spray (PMSS, Arianet srl, Italia e Aria Technologies, Francia) e GRAL (Graz Lagrangian Model), applicati per valutare l'im-

patto delle emissioni del traffico sulla qualità dell'aria locale. Il dominio di simulazione copre l'intera area urbana di Modena (6 km x 6 km) con risoluzione orizzontale di 4 m, e considera la topografia urbana e l'edificato. Durante la seconda metà del progetto, i modelli di dispersione dell'aria produrranno mappe previsionali di NO<sub>x</sub> per le successive 48 ore, avvalendosi delle previsioni meteorologiche del modello COSMO (su griglia di 5 km x 5 km) fornite da ARPAe. Un obiettivo del progetto sarà quindi la preparazione di un protocollo QA/QC per unità di sensori di piccole dimensioni e l'implementazione di una catena modellistica di previsione dell'impatto del traffico sulla qualità dell'aria locale a microscala.

Obiettivo finale del progetto è lo sviluppo di uno strumento per supportare gli amministratori locali nel controllo dell'inquinamento ed informare la cittadinanza sulla qualità dell'aria e sull'impatto delle fonti di emissione urbane, in particolare del traffico. Questa misura di comunicazione pubblica di 'informazioni rilevanti', auspicata in ambito europeo, è essenziale per condividere con i cittadini le azioni degli amministratori locali e può rafforzare gli effetti, perché accresce nella comunità la consapevolezza di partecipare alla protezione di un bene comune.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2019/6/beat-air-pollution-to-protect-health-world-environment-day-2019>.
- Lelieveld J. et al. (2019) Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions *European Heart Journal*, 40, 1590–1596 <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>
- EEA (2018) Air quality in Europe, European Environmental Agency, Report No 12/2018. ISSN 1977-8449
- UN (2015): World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, United Nations, Tech. Rep. ST/ESA/SER.A/366, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 27 pp.
- Bigi A., Mueller M., Grange S.K., Ghermandi G., and Hueglin C. (2018) Performance of NO, NO<sub>2</sub> low cost sensors and three calibration approaches within a real world application, *Atmos. Meas. Tech.*, 11, 3717-3735 <https://doi.org/10.5194/amt-11-3717-2018>



# TECNOLOGIE DI DISIDRATAZIONE DEI FANGHI

Simone Visigalli<sup>2,\*</sup>, Ludovico Spinosa<sup>1</sup>, Roberto Canziani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Esperto ISO e CEN, Bari, Italia.

<sup>2</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA).

**Sommario** – Un problema chiave nel funzionamento degli impianti di trattamento delle acque reflue è rappresentato dalla gestione dei fanghi. La disidratazione meccanica è una fase cruciale per la riduzione dei volumi e dei costi di smaltimento dei fanghi. Tuttavia, essendo un processo delicato e dipendente da numerosi fattori, quali il tipo di trattamento biologico, il metodo di stabilizzazione e l'operazione di condizionamento, la scelta della tecnologia di disidratazione più adatta risulta sempre complessa. Infatti, le caratteristiche stesse del fango influenzano notevolmente l'efficienza di disidratazione, in termini di contenuto di sostanza secca (SS) finale, e spesso non si hanno ben chiari quali possano essere i parametri discriminanti per la selezione della macchina da installare. In questa review vengono descritte le principali tecnologie di disidratazione, riportando i parametri operativi e le prestazioni medie di centrifughe, filtropresse, nastropresse, presse a maniche, presse a vite e presse rotative. Vengono inoltre introdotti alcuni modelli presenti sul mercato che sfruttano il principio di disidratazione elettro-assistita e, per ultimi, alcuni metodi di disidratazione a inferiore livello tecnologico, che richiedono ampia disponibilità di spazi, quali letti di essiccamento, essiccamento solare, geofiltri tubolari, lagunaggio e fitodisidratazione. Per meglio comprendere le tecnologie di disidratazione elencate, vengono introdotte le caratteristiche dei fanghi più influenti nella fase di disidratazione, con qualche accenno ai metodi di misura sperimentale della disidratabilità da effettuare in laboratorio.

**Parole chiave:** centrifuga, disidratazione, fanghi di depurazione, filtropressa, nastropressa.

## SLUDGE DEWATERING TECHNOLOGIES

**Abstract** – A key problem in the operation of wastewater treatment plants is the management of sludge. Mechanical dewatering is a crucial phase for reducing volumes and sludge disposal costs. However, being a delicate process and dependent on numerous factors, such as the type of biological treatment, the stabilization method and the conditioning operation, the choice of the most suitable dewatering technology is always complex. Indeed, the characteristics of sludge greatly influence the dewatering efficiency, in terms of final dry solid (DS) content, and often it is not clear what are the discriminating parameters for the selection of the machine to be installed. This review describes the main dewatering technologies, reporting the operating parameters and the average performance of centrifuges,

filter presses, belt presses, hydraulic filter presses, screw presses and rotary presses. Moreover, some models that exploit the principle of electro-dewatering, that are already available on the market, and, lastly, some dewatering methods with low technological level, but needing wide available areas, such as drying beds, solar drying, tubular geofilters, lagoons and reed beds are also introduced. To better understand the dewatering technologies, the sludge characteristics that most affect the dewatering phase are reported, with some references to the experimental measurement methods of dewaterability in the laboratory.

**Keywords:** belt press, centrifuge, dewatering, filter press, sewage sludge.

Ricevuto il 15-10-2019. Correzioni richieste il 15-11-2019. Accettazione finale il 2-1-2020.

## 1. INTRODUZIONE

In Europa ogni anno vengono prodotte circa 13,3 milioni di tonnellate di fango di depurazione (Eurostat, 2016). In Italia si stima una produzione di circa 850 mila tonnellate di sostanza secca (SS) (Drusiani, 2017), corrispondenti a circa 3,4 milioni di tonnellate di fango umido al 25% di secco. Si tratta di quantità destinate ad aumentare, soprattutto per la sempre maggiore percentuale di popolazione servita da impianti di depurazione, conseguente alla attuazione delle direttive comunitarie. A fronte di questa situazione risulta evidente l'importanza di una corretta gestione dei fanghi da trattare e per i quali trovare una destinazione, possibilmente volta al recupero di risorse, che ne riduca l'impatto ambientale. Altrettanto importante è la ricerca dell'ottimizzazione delle tecnologie esistenti. Una delle possibilità è la riduzione dei volumi di fanghi prodotti, anche grazie a nuove tecnologie di trattamento.

Generalmente, i fanghi prodotti da un impianto di depurazione (Figura 1), prima del loro smaltimento finale, sono sottoposti ad un processo di disidratazione, e in alcuni casi ad essiccamento termico, per poter rimuovere una buona parte del loro contenuto di acqua e ridurre quindi i costi di trasporto verso la destinazione finale, che sia discarica, incenerimento o riutilizzo agricolo.

\* Simone Visigalli, Politecnico di Milano – DICA, Sezione Ambientale, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italia. Tel. (+39) 02 2399 4227, (+39) 347 1572449. E-mail: simone.visigalli@polimi.it

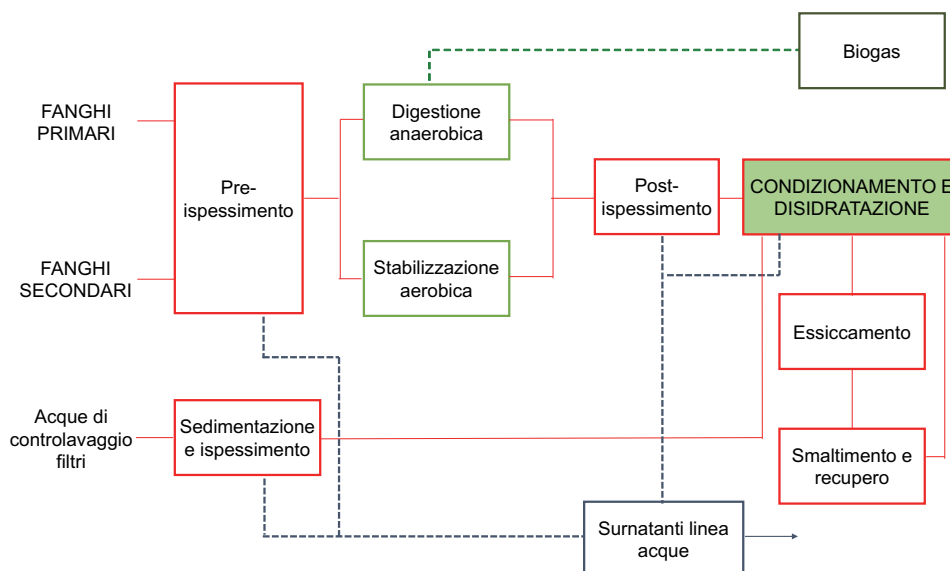


Figura 1 – Tipico schema della linea fanghi di un impianto di depurazione

Gli obiettivi della disidratazione, pertanto, possono essere riassunti nelle voci riportate in Tabella 1.

In questo lavoro sono descritte le tecnologie utilizzate convenzionalmente per la disidratazione di fanghi (biologici ed eventualmente chimici) derivanti da trattamento delle acque reflue urbane, con qualche accenno alle tecnologie più recenti che si stanno affacciando sul mercato.

## 2. DISTRIBUZIONE DELL'ACQUA NEL FANGO

Il principale costituente dei fanghi è l'acqua ed il suo contenuto può oscillare dal 99% per fanghi molto diluiti, come quelli che si ottengono da un processo biologico a fanghi attivi, fino all'88% nel caso di processi chimici di precipitazione (Marinetti, 2007).

I fanghi di depurazione sono generalmente difficili da disidratare a causa della loro struttura gelatinosa (Mahmoud et al., 2011), colloidale e comprimibile. Inoltre, a causa della presenza di particelle solide, non tutta l'acqua contenuta nei fanghi ha proprietà simili in termini di tensione di vapore, entalpia, entropia, viscosità e densità (Vaxelaire and Cézac, 2004). Infatti, convenzionalmente, nei fanghi vengono classificati quattro diversi tipi di acqua (Figura 2a): (i) acqua libera non associata a particelle solide; (ii) acqua interstiziale/capillare intrappolata all'interno degli spazi interstiziali dei fiocchi; (iii) acqua superficiale trattenuta sulla superficie delle particelle solide per adsorbimento e adesione; (iv) acqua legata chimicamente alle cellule batteriche e alle particelle del fango

Tabella 1 – Effetto della disidratazione sulle caratteristiche del fango e sul suo smaltimento: ↓ indica una diminuzione e ↑ indica un aumento del valore del parametro considerato

Voce	Range tipico	Unità di misura	Effetto della disidratazione
Contenuto di acqua nel fango	75 – 85	%SS	↓
Potere calorifico del fango t.q.	10 – 20	MJ/kg	↑
Costi di trasporto	15 – 20	€/ton	↓
Costi di smaltimento	70 – 250	€/ton	↓
Percolazione in discarica	-	-	↓
Odori e putrescibilità	-	-	↓

(Smith and Vesilind, 1995; Vaxelaire and Cézac, 2004; Vesilind and Hsu, 1997). In generale, l'acqua libera rappresenta circa il 65-85%, l'acqua capillare il 15-25% mentre l'acqua superficiale e quella legata, che possono essere rimosse solo mediante essiccamento termico a temperatura superiore a 105 °C (Jin et al., 2004), circa il 10% (Zhang and Sun, 2012). Pertanto, l'efficienza di disidratazione dipende non solo dai dispositivi di disidratazione e dagli additivi chimici utilizzati per il condizionamento, ma anche dal contenuto d'acqua e dalla sua distribuzione nel fango (He et al., 2017). La Figura 2b mette in evidenza come diverse tecnologie di disidratazione ed essiccamento possano avere efficienze diverse nella rimozione dei diversi tipi di acqua presenti all'interno del fango.

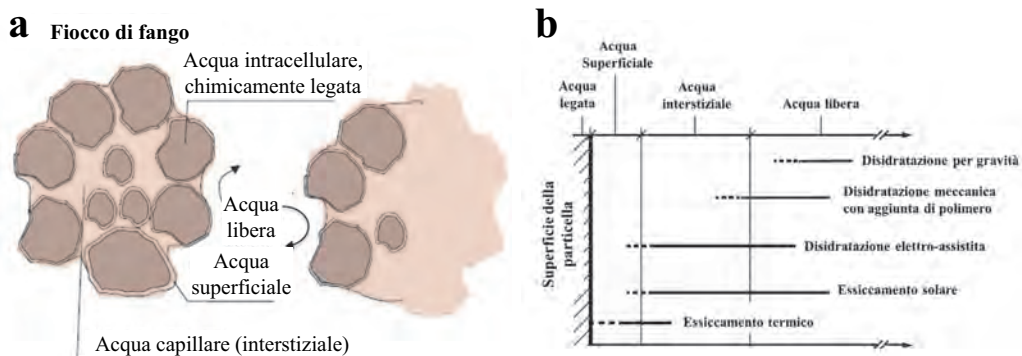


Figura 2 – (a) Distribuzione di acqua libera, acqua capillare, acqua superficiale e acqua legata nel fango (Vesilind and Martel, 1990); (b) effetto dei processi di disidratazione sui diversi tipi di acqua (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

### 3. CONDIZIONAMENTO

Generalmente i fanghi di depurazione non possono essere convenientemente disidratati se non dopo un'operazione di condizionamento, che, modificandone alcune caratteristiche chimico-fisiche, consente di incrementare notevolmente la velocità di separazione solido-liquido e di migliorare le caratteristiche del liquido separato in termini di solidi sospesi. Infatti, il condizionamento dei fanghi consente di aumentare le dimensioni delle particelle e la loro distribuzione, modificando le cariche superficiali e l'interazione tra particelle stesse. In questo modo, le particelle più fini vengono agglomerate in fiocchi più grandi attraverso la coagulazione e la conseguente flocculazione. La coagulazione destabilizza le particelle, diminuendo l'intensità delle forze di repulsione elettrostatica e comprimendo il doppio strato elettrico che circonda ciascuna particella facilitandone la reciproca attrazione. La flocculazione, invece, consente l'agglomerazione dei colloidi attraverso bassi gradienti di miscelazione (Andreoli et al., 2007). Più in dettaglio, i principali meccanismi responsabili dell'aggregazione delle particelle costituenti i fanghi biologici consistono nella compressione del doppio strato, neutralizzazione della carica, inglobamento in precipitati e *bridging* (formazione di ponti interparticellari) (Marinetti, 2007).

Il condizionamento può essere realizzato mediante l'utilizzo di prodotti chimici inorganici, prodotti chimici organici o, più raramente, trattamenti fisici tramite l'applicazione di energia termica, sonora od elettrica. La quantità di additivi da utilizzare può variare in base alle caratteristiche del fango e alle tecnologie di disidratazione adottate.

#### 3.1. Polimeri organici

I polimeri utilizzati nel condizionamento dei fanghi sono costituiti da lunghe catene di monomeri solubili in acqua, spesso basati su acrilammide. Poiché i fanghi sono prevalentemente dotati di carica negativa, i polimeri sono solitamente cationici. I polielettroliti agiscono sui legami tra acqua e particelle solide dei fanghi, causando desorbimento delle acque superficiali, neutralizzazione delle cariche ed agglomerazione delle particelle più piccole attraverso dei ponti (Andreoli et al., 2007).

La scelta del polimero da utilizzare ed il suo dosaggio dipendono fortemente dalle caratteristiche del fango. Ad esempio, è necessario l'utilizzo di un polimero ad elevata carica quando le particelle di fango sono molto fini ed il contenuto di acqua e le relative cariche superficiali sono elevati. Inoltre, una densità di carica elevata è opportuna nel caso si vogliano ottenere reazioni rapide come nelle nastropresse per la fase iniziale di drenaggio, mentre non è adatta per le centrifughe dove occorre che la reazione sia ritardata per evitare la rottura dei fiocchi, i quali subiscono un forte stress meccanico all'ingresso della macchina dovuto alle forti velocità di rotazione. I polimeri si trovano sotto forma di polvere o in forma liquida (acquosa oppure in emulsione di acqua in olio).

Rispetto ai condizionanti chimici, in cui il peso secco dei fanghi può aumentare fino al 15-30% rispetto al valore iniziale, i polimeri organici consentono un incremento dell'1% circa, senza ridurre il potere calorifico del fango disidratato (Andreoli et al., 2007).

In *Tabella 2* vengono riportati i dosaggi tipici dei condizionanti organici utilizzati con le diverse tecnologie di disidratazione. È subito evidente come pressa a vite e pressa rotativa richiedano, in me-

Tabella 2 – Dosaggi tipici di polimero utilizzati nella disidratazione di diverse tipologie di fanghi con centrifughe, nastropresse, presse a vite e presse rotative (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

Tipologia di fango	Tecnologia	Dosaggio polimero (kg/tSS)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Non stabilizzato</b>																						
Primario	Centrifuga																					
	Nastropressa																					
	Pressa a vite																					
	Pressa rotativa																					
Primario + Attivo	Centrifuga																					
	Nastropressa																					
	Pressa a vite																					
	Pressa rotativa																					
Attivo	Centrifuga																					
	Nastropressa																					
	Pressa a vite																					
	Pressa rotativa																					
<b>Stabilizzato anaerobicamente</b>																						
Primario	Centrifuga																					
	Nastropressa																					
	Pressa a vite																					
	Pressa rotativa																					
Primario + Attivo	Centrifuga																					
	Nastropressa																					
	Pressa a vite																					
	Pressa rotativa																					
<b>Stabilizzato aerobicamente</b>																						
Primario + Attivo	Centrifuga																					
	Nastropressa																					
	Pressa a vite																					
	Pressa rotativa																					

dia, dosaggi di polielettrolita superiori rispetto a quanto richiesto da centrifughe e nastropresse.

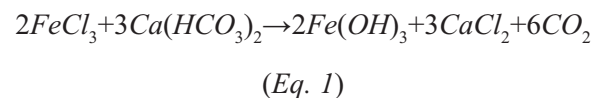
### 3.2. Additivi chimici inorganici

Il condizionamento chimico inorganico viene principalmente utilizzato per la disidratazione con filtrazione sottovuoto o sotto pressione. I prodotti chimici maggiormente utilizzati sono la calce e il cloruro ferrico e, meno frequentemente, cloruro ferroso, solfato ferroso e solfato di alluminio.

#### 3.2.1. Cloruro ferrico

Il cloruro ferrico viene principalmente utilizzato in combinazione con la calce per condizionare il fango prima della disidratazione con filtropressa, consentendo una migliore filtrabilità grazie alla coagulazione dei colloidali e mediante micro-flocculazione degli idrossidi. Infatti, il cloruro ferrico idrolizza in acqua e forma complessi di ferro caricati positivamente che neutralizzano le cariche super-

ficiali negative del fango, permettendo la loro aggregazione. Inoltre, esso reagisce con l'alcalinità del bicarbonato del fango, formando idrossidi che agiscono come flocculanti (Eq. 1).



I dosaggi di cloruro ferrico, di solito venduto in soluzioni acquose al 30-40% (Andreoli et al., 2007), sono generalmente compresi tra il 3% e il 15% del contenuto di SS, a seconda della qualità del fango.

#### 3.2.2. Calce

La calce spenta viene solitamente utilizzata insieme al cloruro ferrico principalmente per il controllo del pH e dell'odore, e per la riduzione del contenuto di patogeni nel fango. Il prodotto risultante dalla reazione della calce con bicarbonato ( $CaCO_3$ ) produce una struttura granulare nel fango, aumenta la sua porosità e riduce la sua compressibilità.

**Tabella 3 – Dosaggi tipici di cloruro ferrico e calce utilizzati nelle filtropresse per la disidratazione di diverse tipologie di fango (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)**

Tipologia di fango	Additivo chimico	Dosaggio additivo inorganico (kg/tSS)																																			
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300					
<b>Non stabilizzato</b>																																					
Primario	FeCl <sub>3</sub>																																				
	CaO																																				
Primario + Attivo	FeCl <sub>3</sub>																																				
	CaO																																				
Attivo	FeCl <sub>3</sub>																																				
	CaO																																				
<b>Stabilizzato anaerobicamente</b>																																					
Primario	FeCl <sub>3</sub>																																				
	CaO																																				
Primario + Attivo	FeCl <sub>3</sub>																																				
	CaO																																				

La calce è commercializzata come calce viva (CaO) o come calce spenta (Ca(OH)<sub>2</sub>). L'operazione di spegnimento della calce viva con acqua per produrre Ca(OH)<sub>2</sub> rilascia considerevole calore e richiede attrezzature adeguate per proteggere gli impianti e i lavoratori. Al contrario, la calce spenta si miscela facilmente con l'acqua, rilasciando poco calore, e non richiede particolari requisiti di stoccaggio. Tuttavia, il costo del prodotto risulta maggiore della calce viva. I dosaggi di calce hanno normalmente concentrazioni del 15-40% del contenuto di SS. La Tabella 3 mostra i dosaggi tipici di cloruro ferrico e calce utilizzati nelle filtropresse.

### 3.3. Additivi naturali

Recentemente, i coagulanti inorganici e i polimeri sintetici sono stati associati a problematiche ambientali e sanitarie, come ad esempio l'acrilammide, il principale costituente dei polielettroliti cationici, che può essere causa di effetti neurotossici e cancerogeni (Senthilkannan Muthu, 2018). Per questi motivi si è cercato di prendere in considerazione nuove potenziali alternative per il condizionamento dei fanghi e la ricerca ha mostrato un interesse sempre maggiore nello sviluppo di polimeri naturali. Esempi di polimeri cationici naturali sono il chitosano e gli amidi cationici, mentre alcuni esempi di polimeri anionici sono i polisaccaridi solfati e ligninsolfonati modificati. I derivati dell'amido e della cellulosa sono esempi di polimeri naturali non ionici. Lin et al. (2019) hanno dimostrato come il chitosano cloridrato possa essere utilizzato come sostituto ideale delle poliacrilammidi catio-

niche per il condizionamento dei fanghi. Inoltre, l'uso di lisozima ha permesso un miglioramento dell'efficienza di disidratazione grazie alla sua capacità nel rompere le pareti cellulari dei batteri e rimuovere l'acqua trattenuta al loro interno (Lin et al., 2019). In base alla loro origine, i coagulanti naturali possono essere suddivisi in tre categorie: derivati da piante, da microrganismi o da animali. Essendo i coagulanti di origine vegetale molto più diffusi rispetto ai coagulanti di origine animale, additivi come tannino (ottenuto da *Acacia*, *Castanea*, *Schinopsis*, *Cassia obtusifolia* *Castanea sativa*), *Moringa oleifera*, basilico, *Cereus peruvianus*, acido galatturonico (dall'ocra) e *Cassia* stanno riscuotendo interesse nella coagulazione di acque di scarico industriali (Senthilkannan Muthu, 2018).

### 3.4. Condizionamento fisico

Tra i trattamenti fisici, il condizionamento effettuato tramite congelamento-scongelo mostra un elevato miglioramento della disidratabilità dei fanghi, con costo di processo moderato se effettuato in paesi con climi rigidi e freddi. Il principio di questo processo consiste nel congelamento dell'acqua presente nel fango a temperature di -10/-20 °C per 1-4 ore. In questo modo, il volume occupato dall'acqua tende ad aumentare, la pressione osmotica cambia e i cristalli di ghiaccio crescono con struttura organizzata e simmetrica (Tsang and Vesilind, 1990). Ogni cristallo continua a crescere fino a quando sono disponibili molecole d'acqua, mentre tutte le altre impurità e particelle solide sono costrette ai confini del cristallo stesso dove vengono compresse, permettendo la rimozione di acqua legata. In gene-

rare, i fanghi congelati a basse velocità mostrano una migliore disidratabilità rispetto a quelli condizionati con congelamento rapido (Tuan, 2011).

Un altro metodo di condizionamento fisico è il trattamento termico. È stato dimostrato come il trattamento termico dei fanghi nell'intervallo di temperatura tra 40 e 180 °C e l'idrolisi termica tra 130 e 180 °C migliorino la disidratabilità, grazie alla degradazione delle sostanze polimeriche esocellulari (*extracellular polymeric substances*, EPS) e alla distruzione della struttura colloidale, con conseguente rilascio dell'acqua legata dalle particelle di fango. Tuttavia, il trattamento ad alta temperatura distrugge le pareti cellulari e trasforma alcuni dei solidi sospesi organici in composti solubili, facilitando la disidratazione ma peggiorando contemporaneamente la qualità del filtrato (Marinetti, 2007; Tuan, 2011). I costi e i consumi energetici elevati rappresentano gli svantaggi più importanti per questo tipo di trattamento.

#### 4. CARATTERISTICHE CHE INFLUENZANO LA DISIDRATABILITÀ

Tra i parametri che maggiormente influiscono sulla disidratabilità del fango vi sono il pH, la carica delle particelle, il contenuto di acqua legata, il contenuto di sostanza organica e di EPS, la granulometria dei solidi in sospensione, la tipologia di fango, il tipo di additivi chimici utilizzati ed il grado di miscelazione della fase di condizionamento, la resistenza meccanica degli aggregati e la porosità. Il condizionamento chimico consente una riduzione dei tempi di filtrazione, un maggiore tenore di secco e un minore contenuto di solidi sospesi nel filtrato. Tuttavia, dosaggi troppo elevati possono causare un'inversione della carica delle particelle, con conseguente ri-destabilizzazione dei colloidali e riduzione dell'efficienza di disidratazione. Le particelle più fini del fango (1-100 µm) causano molto spesso fenomeni di intasamento dei filtri e del pannello di fango, influenzando negativamente l'efficienza di disidratazione. Il condizionamento permette la formazione di aggregati di dimensioni maggiori, caratterizzati da elevata densità e modesto contenuto di filamentosi, i quali sopportano discretamente le sollecitazioni meccaniche tipiche dei processi di filtrazione e disidratazione. In questo modo, l'acqua può essere rimossa più facilmente attraverso i canali dei fiocchi, consentendo l'ottenimento di fango disidratato con elevati tenori di secco. Inoltre, quando viene utilizzato un polielettrolita, al crescere del dosaggio la porosità

del pannello tende a diminuire fino al raggiungimento di un minimo, mentre nel caso di condizionamento con calce e cloruro ferrico il pannello risulta più rigido e poroso, consentendo una maggiore facilità di disidratazione (Wu et al., 2001).

Le EPS causano un'elevata ritenzione di acqua interstiziale e legata all'interno dei fiocchi di fango e sono considerate uno dei fattori limitanti nell'efficienza di filtrazione e disidratazione. Inoltre, a causa della loro carica superficiale, un maggiore contenuto di EPS determina anche un aumento del potenziale zeta della sospensione e un incremento del contenuto di solidi volatili (Kopp and Dichtl, 2001; Skinner et al., 2015): un elevato contenuto di sostanza organica, oltre ad influenzare la deformabilità dei fiocchi di fango, determina un incremento della quantità di acqua legata e quindi una minore disidratabilità. Infatti, come già accennato nel *Capitolo 2*, il contenuto di acqua legata è determinante nel definire il limite di secco raggiungibile nel pannello, in quanto non tutte le frazioni dell'acqua sono eliminabili con trattamenti meccanici.

Il pH del fango influenza notevolmente l'entità delle cariche superficiali e del potenziale zeta. Infatti, le interazioni elettrostatiche repulsive tra una particella e l'altra sono minimizzate per valori di pH compresi tra 2,6 e 3,6, in prossimità del punto isoelettro. Inoltre, il pH rappresenta un parametro di fondamentale importanza nel processo di condizionamento chimico, per la sua capacità di influire sull'efficienza degli additivi organici e inorganici utilizzati. In particolare, nel caso di condizionamento inorganico con sali di ferro ed alluminio, il pH influenza sia la carica dei prodotti di idrolisi, responsabili della neutralizzazione della carica superficiale delle particelle, sia la solubilità degli idrossidi metallici, i quali agiscono inglobando i colloidali all'interno del precipitato (Marinetti, 2007).

I trattamenti di stabilizzazione determinano cambiamenti irreversibili della struttura dei fiocchi di fango e delle loro dimensioni, che risultano generalmente di diametro inferiore. Inoltre, essi modificano la concentrazione dei solidi, del contenuto di acqua e delle EPS, peggiorando la disidratabilità del fango e aumentando la richiesta di additivi chimici per il condizionamento.

#### 5. TEST PER LA DISIDRATABILITÀ

Come visto nel capitolo precedente, l'elevata variabilità delle caratteristiche dei fanghi, la tipologia e il dosaggio di polielettrolita rendono difficile predire l'efficienza del processo di disidratazione in

un impianto di depurazione. Per questo motivo sono stati studiati dei test in scala di laboratorio e alcuni parametri per ottimizzare la fase di condizionamento e indirizzare la scelta verso una specifica tecnologia di disidratazione.

Le tecniche di misura della disidratabilità più comuni includono la resistenza specifica alla filtrazione (*specific resistance to filtration*, SRF), il tempo di filtrazione (*time to filter*, TTF), il tempo di suzione capillare (*capillary suction time*, CST) e la comprimibilità.

Il test SRF misura la resistenza dei fanghi alla filtrazione attraverso un mezzo poroso mediante vuoto o pressione. La misura della SRF viene eseguita applicando il vuoto in un apparato dotato di imbuto Buchner e carta da filtro (Figura 3a), su cui vengono versati 100-200 ml di fango. Il test può essere condotto anche con cellette a pressione che permettono di operare a livelli di pressione più elevati (UNI – Ente Italiano di Normazione, 2013). Durante la filtrazione, il volume del filtrato viene registrato in funzione del tempo e i dati vengono tracciati rispetto al flusso inverso del volume del filtrato (tempo/volume del filtrato), mentre la pendenza della retta serve a calcolare la SRF (m/kg) secondo l'Eq. 2.

$$SRF = \frac{2\Delta P A^2 b}{\mu C} \quad (Eq. 2)$$

Dove  $\Delta P$  (N/m<sup>2</sup>) è la perdita di carico del filtro,  $A$  (m<sup>2</sup>) è l'area di filtrazione,  $\mu$  (kg/m·s) è la viscosità del filtrato,  $C$  (kg/m<sup>3</sup>) è la massa di solidi depositati per unità di volume di filtrato (solitamente considerato uguale alla concentrazione iniziale di solidi nel fango) e  $b$  (s/m<sup>6</sup>) è la pendenza del tratto rettili-

neo che si ottiene riportando in grafico i valori di  $t/V$  in funzione di  $V$  (m<sup>3</sup>, volume di filtrato al tempo  $t$ ). Maggiore è la resistenza specifica, più difficile è la disidratazione dei fanghi e viceversa. In generale, i fanghi con valori di SRF compresi tra 10<sup>10</sup>-10<sup>11</sup> m/kg sono classificati come facili da disidratare, mentre fanghi con valori di SRF tra 10<sup>14</sup>-10<sup>15</sup> m/kg sono considerati difficili da disidratare (Phuong To et al., 2016).

Il TTF sfrutta lo stesso apparato del test di SRF ma non tiene conto delle variabili riportate nella Eq. 2. Infatti, questo metodo misura semplicemente il tempo di filtrazione (min) del 50% del volume iniziale del fango (APHA/AWWA/WEF, 2012). Pertanto, questo test, rispetto alla SRF, ha il vantaggio di non dover registrare i dati durante la fase di filtrazione, con lo sconveniente di una minor facilità di confronto tra fanghi con caratteristiche differenti.

La comprimibilità consente di valutare la convenienza nell'adottare apparecchiature di filtrazione in pressione e di scegliere il campo di pressioni più conveniente. Questo indicatore consiste nella determinazione della SRF a diverse pressioni e nello studio della pendenza della retta ottenuta diagrammando *Log SRF vs. Log P*. Valori di comprimibilità maggiori di 1 indicano un aumento della SRF più che proporzionale con la pressione, tale da non rendere conveniente operare a pressioni elevate (Arimieari and Ademiluyi, 2019; IRSA-CNR, 1984).

Il CST è costituito da due componenti principali (Figura 3b): un'unità di filtrazione e un cronometro automatico. L'unità di filtrazione comprende una carta da filtro spessa (di solito Whatman n° 17), inserita tra due blocchi rettangolari di plastica. Un

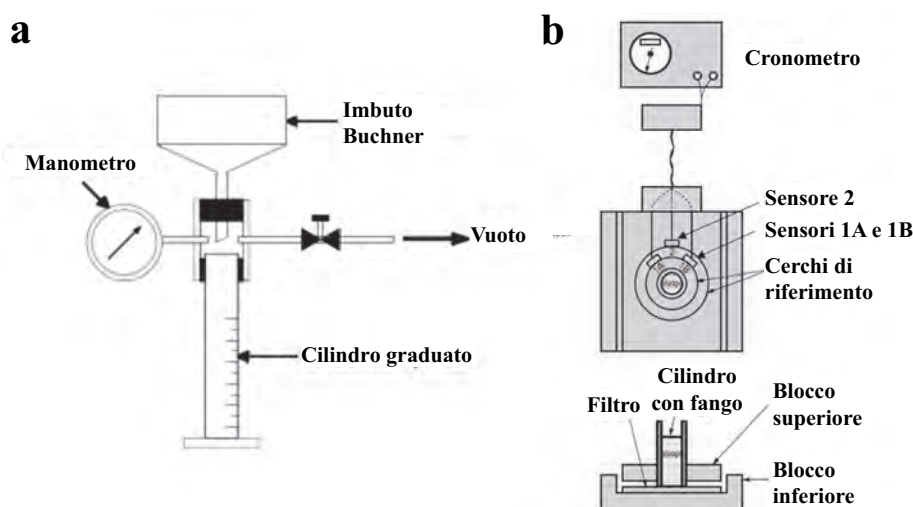


Figura 3 – Apparati per la determinazione di (a) resistenza specifica alla filtrazione (SRF) e (b) tempo di suzione capillare (CST)

cilindro cavo in acciaio (diametro di 18 mm) è posto sopra il filtro al centro del blocco di plastica superiore. Attorno al cilindro sono presenti due cerchi concentrici di diametri rispettivamente di 32 mm e 45 mm, sui quali sono posti dei sensori collegati ad un cronometro. Il cilindro viene riempito con il campione di fango e, non appena il fango raggiunge la carta da filtro sul fondo, inizia la fase di filtrazione. Quando l'acqua nell'interfaccia fango-filtro viene assorbita dalla carta, il fango che entra in contatto diretto con la carta diventa compatto e funge da barriera per un'ulteriore perdita di acqua. Il cronometro si attiva automaticamente quando il filtrato raggiunge i due sensori sul primo cerchio mentre si ferma e mostra il valore di CST (s) quando il filtrato raggiunge il secondo cerchio. La velocità con cui il filtrato si diffonde concentricamente sulla carta filtro indica la filtrabilità del campione di fango: un valore CST più basso indica migliori proprietà di filtrazione dei fanghi.

Il CST viene utilizzato principalmente per studiare il dosaggio ottimale del polimero per la fase di condizionamento, mentre il confronto tra fanghi di diversi impianti e con contenuti di SS diversi risulta molto più complesso (APHA/AWWA/WEF, 2012). Un fango viene generalmente ritenuto ben filtrabile quando il rapporto tra CST ed il tenore di secco è inferiore a 30, valori superiori a 150 corrispondono a fanghi difficilmente filtrabili.

Come visto, gli indici di disidratazione utilizzati tradizionalmente sono stati sviluppati principalmente per valutare la filtrabilità dei fanghi e ciò ha spesso causato errori significativi e imprecisioni nella valutazione dell'efficienza della disidratazione. Infatti, lo studio della filtrabilità non tiene conto della successiva fase di consolidamento che, per strutture comprimibili come i fanghi, risulta molto più lunga ed efficiente nella rimozione di filtrato rispetto alla fase di filtrazione. In altre parole, gli indicatori di disidratatilità non sono del tutto in grado di prevedere il contenuto massimo di SS ottenibile durante la disidratazione. I metodi descritti sopra danno indicazioni utili per tecnologie che utilizzano la filtrazione come metodo di disidratazione, soprattutto per quanto riguarda l'ottimizzazione della fase di condizionamento. Tuttavia, oltre ai dispositivi di filtrazione, anche le centrifughe sono ampiamente utilizzate e necessitano di indicatori adatti per studiare sia le prestazioni di disidratazione sia in grado di valutare la capacità del fango di essere estratto dalla coclea (compattezza), cosa non valutabile con le normali centrifughe a cestello da laboratorio.

Spinosa e Mininni (1984) hanno riportato che la sedimentabilità, la scrollabilità e la resistenza dei fiocchi sono le principali caratteristiche dei fanghi che influenzano la centrifugabilità. Tuttavia, non sono disponibili metodi standard in cui le proprietà di cui sopra siano considerate nel loro complesso. La compattabilità è definita dal contenuto di SS ottenuto e dall'altezza dello strato di fango compattato dopo la centrifugazione (Erdincler and Vesilind, 2000), ma non quantifica lo stress impartito sulla pannello di fango durante la disidratazione. Il metodo della forza del fiocco, che sfrutta la misura con CST dopo aver sottoposto il fango a tempi variabili di agitazione a 1000 rpm, permette di studiare la capacità dei fiocchi del fango di resistere agli stress meccanici in una centrifuga (IRSA-CNR, 1984). Wu et al. (2003) hanno suggerito l'utilizzo di centrifughe per fanghi con elevata resistenza dei fiocchi, mentre metodi di filtrazione per fanghi con media resistenza dei fiocchi (Wu et al., 2003). Chu e Lee (2001) hanno introdotto una centrifuga dotata di una videocamera sospesa per studiare la separazione dell'acqua dal fango e determinare la velocità di rotazione ottimale per la massima efficienza di disidratazione. Tuttavia, questo metodo non consente di determinare il contenuto di SS finale ottenibile con una centrifuga.

Recentemente, è stato studiato un dispositivo di centrifuga modificato che permette di ottenere un indice di centrifugazione modificato (MCI): lo stress causato dalla centrifuga viene misurato usando il parametro adimensionale  $gt$ , che è il prodotto di  $g$  (correlato alla velocità di rotazione della centrifuga e al raggio del rotore) e al tempo di centrifugazione  $t$  (s) (To et al., 2016). In generale, all'aumentare dei valori di  $gt$  si ottiene un aumento del contenuto di SS nel fango, il che implica che maggiore è l'intensità di centrifugazione, migliori sono le proprietà di disidratazione. Questo metodo permette di determinare la dose ottimale di polimero nel condizionamento del fango.

Tuttavia, non è stato ancora standardizzato nessun parametro o indicatore appropriato per predire la centrifugabilità del fango a causa delle difficoltà nel riprodurre i processi che avvengono all'interno di una centrifuga.

Lo studio della reologia è ulteriore parametro da tenere in considerazione come indicatore per la disidratatilità. Anche se il comportamento reologico dei fanghi con contenuto di SS molto basso (inferiore al 2%) è considerato newtoniano (come l'acqua), il comportamento comune riscontrato per i fanghi concentrati è descritto come non newtoniano.



Di conseguenza, i fanghi sono considerati un materiale molto complesso da studiare, a causa di diversi limiti sperimentali e dibattiti sulla metodologia e la standardizzazione (Eshtiaghi et al., 2013; Spinosa and Lotito, 2003).

Per concludere, la valutazione dell'efficienza di disidratazione risulta un compito complesso a causa della natura estremamente variabile dei fanghi. Infatti, gli indici di disidratazione più tradizionali non riescono a prevedere il contenuto massimo di SS ottenibile durante la disidratazione in impianto.

## 6. CRITERI DI SELEZIONE DELLE MACCHINE

Per poter indirizzare la scelta della tecnologia di disidratazione più adatta in un impianto di depurazione, si devono considerare quei parametri che tengano conto sia delle caratteristiche sia delle quantità di fango da trattare. Come mostrato in *Figura 4*, i bilanci di volume e massa in entrata e in uscita dalla macchina di disidratazione sono i seguenti:

$$Q_{Fango\ IN} + Q_{H_2O} + Q_{Condizionante} = Q_{Fango\ OUT} + Q_{Filtrato} \quad (Eq. 3)$$

$$Q_{Fango\ IN} \cdot SS_{Fango\ IN} + Q_{Condizionante} \cdot SS_{Condizionante} + Q_{H_2O} = Q_{Fango\ OUT} \cdot SS_{Fango\ OUT} + Q_{Filtrato} \cdot SS_{Filtrato} \quad (Eq. 4)$$

Dove  $Q$  indica le portate ( $m^3/h$ ) in ingresso e uscita e  $SS$  il contenuto di sostanza secca ( $kg/m^3$ ). Pertanto, per un corretto dimensionamento della macchina e per valutare l'efficienza della disidratazione, due parametri acquisiscono notevole importanza: il contenuto di SS nel fango disidratato e l'indice di cattura dei solidi. Infatti, come detto, un maggiore contenuto di SS finale consente di ridurre i costi di trasporto e smaltimento del fango, a

causa dei ridotti volumi da trattare, e incrementa il potere calorifico del fango per l'incenerimento. Al contrario, un basso indice di cattura dei solidi può portare a maggiore usura delle unità di disidratazione, delle pompe ed altre attrezzature, con conseguente aumento dei costi operativi per la manutenzione, oltre a comportare maggiori dosaggi di condizionanti e a incrementare i carichi inquinanti riciccolati in testa all'impianto.

L'indice di cattura dei solidi (ICS, %) può essere calcolato secondo l'*Eq. 5* (Porteous, 1983).

$$ICS = \frac{SS_{OUT}}{SS_{IN}} \times \frac{SST_{IN} - SST_{Filtrato}}{SS_{OUT} - SST_{Filtrato}} \times 100 \quad (Eq. 5)$$

Dove  $SS_{OUT}$  (%) indica il contenuto di sostanza secca del fango disidratato, mentre  $SST_{IN}$  (%) e  $SST_{Filtrato}$  (%) indicano il contenuto di solidi sospesi rispettivamente del fango in ingresso alla macchina e del filtrato o centrato ottenuto dopo disidratazione.

Come già detto, la selezione della tecnologia di disidratazione è determinata dal tipo e dalle caratteristiche del fango, dalla sua destinazione finale nello smaltimento e dallo spazio disponibile. La filtrazione sottovuoto, talvolta utilizzata in passato, è oggi una rarità, soppiantata dalle apparecchiature di disidratazione meccanica basate su filtrazione e centrifugazione. Nel caso degli impianti più piccoli, in cui la disponibilità del terreno non è generalmente un problema, vengono ancora oggi utilizzati letti di essiccamento o lagune. Al contrario, per strutture più grandi o strutture localizzate in siti dove lo spazio è limitato, vengono installate filtropresse, centrifughe o nastropresse. Tra i tanti fattori da considerare, non va trascurato il controllo degli odori. Il livello di rilascio varia in base al tipo di fango, al suo grado di stabilizzazione e alla tecnologia di disidratazione selezionata.



*Figura 4 – Schema del processo di condizionamento e disidratazione*

La selezione delle macchine di disidratazione non può prescindere dalla acquisizione preliminare dei seguenti dati e informazioni (Bertanza et al., 2014):

- portata del fango da disidratare;
- caratteristiche del fango;
- concentrazione da conseguire nel fango disidratato;
- caratteristiche e trattamento della frazione liquida (filtrati e centrati);
- costi d'investimento;
- costi di gestione;
- spazio per l'installazione della macchina;
- destinazione finale del fango (uso agricolo, compostaggio, incenerimento, altro).

Per evitare l'accumulo di fanghi oltre alla capacità di stoccaggio dell'impianto di depurazione è importante definire la taglia delle macchine o il loro numero, se utilizzate in combinazione, e garantirne la continuità di servizio, tenendo conto dei necessari tempi di fermo per ordinaria manutenzione. La zona adibita alla disidratazione deve essere progettata in modo tale che la rimozione e la sostituzione di tutte le attrezzature avvenga in modo semplice e rapido. Inoltre, devono essere previste strutture adeguate alla ventilazione, mentre gli impianti di miscelazione della calce devono essere completamente chiusi per impedire la fuoriuscita della polvere.

## 7. TECNOLOGIE PER LA DISIDRATAZIONE

Nel seguente capitolo sono descritte le principali tecnologie di disidratazione dei fanghi utilizzate negli impianti di depurazione. Vengono inoltre riportati i parametri operativi di utilizzo e le prestazioni delle diverse macchine, in modo da facilitarne il confronto e comprendere le differenze in termini di efficienza, non solo per quanto riguarda il contenuto di SS finale, ma anche per la capacità di trattamento (in termini di carico solido e di portata liquida) e per i consumi energetici.

### 7.1. Centrifuga

#### 7.1.1. Descrizione e principi di funzionamento

La centrifuga (o decanter) sfrutta la forza centrifuga per accelerare il processo di sedimentazione delle particelle di fango che si addensano sulle pareti del tamburo e dalle quali viene separata l'acqua, dotata di una minore densità. Generalmente, la centrifuga ha una struttura conico-cilindrica (Figura 5), costituita da un tamburo e da una coclea che ruota nella stessa direzione del tamburo ma ad una velocità leggermente inferiore (solitamente di circa 5-15 rpm).

Il fango viene introdotto nel tamburo da un tubo di alimentazione stazionario e, durante lo scorrimento, la forza centrifuga fa sì che i solidi si accumulino fuori dal liquido e si depositino contro la parete del tamburo. Questo strato di solidi viene così spinto in direzione orizzontale verso l'estremità opposta dello scarico del liquido dalla coclea per poi essere scaricati dal tamburo. La fase liquida scorre dal punto in cui viene introdotta fino agli sbarramenti del liquido all'estremità del gruppo rotante. Le centrifughe si suddividono in due tipologie, a seconda della direzione del flusso. Nella centrifuga con flusso controcorrente i solidi viaggiano verso l'estremità conica mentre la fase liquida viene rimossa nella direzione opposta. Nella centrifuga con flusso equicorrente sia la fase liquida che la fase solida percorrono tutta la lunghezza del tamburo. In questa tipologia i fanghi non vengono disturbati dall'alimentazione in ingresso e la turbolenza viene ridotta. Tuttavia, questo modello necessita di lunghi tubi di alimentazione e viene utilizzato più raramente a causa dei maggiori problemi di manutenzione.

I principali vantaggi della centrifugazione consistono nella possibilità di lavorare in continuo, all'interno di un sistema chiuso che minimizza i problemi legati agli odori, nel limitato ingombro e nella ridotta richiesta di manodopera per la conduzione. Tuttavia, le centrifughe sono soggette ad abrasione, sono spesso rumorose, hanno consumi energetici elevati e richiedono manodopera specializ-

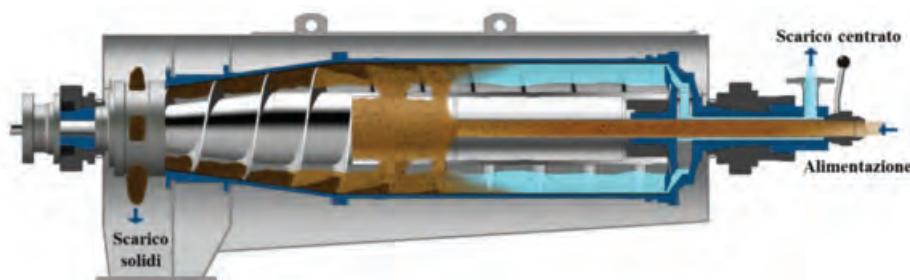


Figura 5 – Schema di una centrifuga (Flottweg, 2016)

zata per la manutenzione. Di conseguenza, alcune linee guida generali di progettazione per le centrifughe prevedono i seguenti punti:

- all'avvio deve essere prevista una linea di ritorno per il fango con basso contenuto di SS;
- può essere necessario rimuovere la sabbia e settacciare il flusso di fanghi di alimentazione;
- le parti soggette ad usura devono essere protette con materiali duri come il carburo di tungsteno;
- il basamento della macchina deve essere in grado di assorbire i carichi e le vibrazioni.

### 7.1.2. Parametri operativi

La *Tabella 4* riporta i range dei parametri operativi delle centrifughe per fanghi. Per poter confrontare la centrifuga con le macchine di disidratazione descritte nei capitoli successivi, si devono tenere in considerazione le dimensioni della centrifuga, la portata di fango in ingresso e la potenza installata. L'elevata velocità di rotazione del tamburo mette in evidenza i fattori più limitanti della tecnologia: consumi energetici importanti, se comparati a dispositivi come nastropresse o presse a vite, forti vibrazioni e rumore e maggiori costi per la manutenzione delle parti soggette ad usura.

Analizzando più nel dettaglio, dalla *Tabella 5* si può notare come al variare dei parametri operativi della centrifuga vengano modificate le efficienze di disidratazione, in termini di SS e indice di cattura dei solidi nel centrato.

Aumentando il diametro o la lunghezza del tamburo, incrementa il tempo di ritenzione del fango all'interno della macchina, migliorando quindi l'indice di cattura dei solidi. Tuttavia, le particelle più piccole rimosse dal centrato tendono ad accumularsi sul fango andando a bagnarlo e causando un minore contenuto di SS nel fango. L'aumento della velocità di rotazione del tamburo aumenta la forza centrifuga e permette un miglioramento sia del contenuto di SS nel fango sia dell'indice di cattura nel centrato. Tuttavia, un'eccessiva velocità di

*Tabella 4 – Parametri operativi di una centrifuga (Andreoli et al., 2007; Metcalf & Eddy and AECOM, 2014; Sanin et al., 2011)*

Parametro operativo	Valore
Diametro tamburo (mm)	230 – 1.800
Rapporto lunghezza/diametro del tamburo	2,5 : 1 – 4 : 1
Velocità di rotazione del tamburo (rpm)	1.200 – 6.000
Portata fango (m <sup>3</sup> /h)	0,2 – 280
Potenza installata (kW)	7 – 410

*Tabella 5 – Influenza dei parametri operativi di una centrifuga sull'efficienza di disidratazione (Andreoli et al., 2007; Metcalf & Eddy and AECOM, 2014; Porteous, 1983; Sanin et al., 2011). ↓ indica una diminuzione e ↑ indica un incremento della concentrazione di SS nel fango o dell'indice di cattura dei solidi all'aumentare del valore del parametro*

Incremento nel parametro	Concentrazione SS nel fango	Indice di cattura dei solidi
Diametro del tamburo	↑	↓
Lunghezza tamburo	?	↓
Velocità di rotazione del tamburo	↓	↓
Velocità differenziale coclea/tamburo	↓	↑
Altezza di anello liquido	↑	↓
Passo dell'elica	↓	↑
Tempo di residenza del fango	↑	↓
Angolo della sezione conica	↓	↑
Portata alimentazione	↑	↑
Concentrazione dell'alimentazione	↓	?
Condizionamento chimico	?	↓

rotazione potrebbe causare la rottura dei fiocchi, e quindi risultati peggiori, e implicherebbe inoltre maggiori costi di manutenzione.

Aumentando la velocità differenziale coclea/tamburo, i solidi vengono spinti fuori dalla centrifuga più velocemente, lasciando i solidi più pesanti ed umidi indietro nella macchina e risultando quindi in un fango con contenuto di SS maggiore. Questo comporta però un minore indice di cattura nel centrato. Tuttavia, una troppo elevata velocità differenziale aumenta la turbolenza all'interno della centrifuga, peggiorando l'efficienza di disidratazione (“Acqua aria: mensile di scienze e tecniche ambientali,” 1987). Un maggiore contenuto di SS nel fango lo si ottiene anche all'aumentare della dimensione del passo dell'elica e a maggiori angoli della sezione conica.

Una maggiore altezza dell'anello liquido comporta un aumento del tempo di ritenzione del fango e quindi dell'indice di cattura, causando però un minore contenuto di SS.

L'aumento della portata riduce il tempo di permanenza della sospensione nel tamburo, provocando un aumento della quantità di solidi nel filtrato e aumentando il livello del liquido.

Gli additivi chimici più comunemente usati per il condizionamento sono i polimeri che vengono ge-

neralmente immessi direttamente all'interno della centrifuga per evitare il taglio dei fiocchi. La massima efficacia si ottiene generalmente diluendo il flocculante a concentrazioni dello 0,1% o inferiori.

### 7.1.3. Prestazioni

In *Tabella 6* sono riportate le prestazioni di disidratazione delle centrifughe, in termini di contenuto di SS e indice di cattura dei solidi, su diverse tipologie di fanghi.

In generale, l'efficienza di disidratazione per fanghi primari risulta superiore rispetto ai fanghi misti o fanghi attivi. Il processo di stabilizzazione, ed in particolare la stabilizzazione aerobica, porta infatti ad un contenuto di SS minore rispetto al fango tal quale. A condizioni operative e dosaggi di polielettrolita ottimali, l'indice di cattura dei solidi è solitamente superiore al 95%. Va però tenuto in considerazione che gli intervalli di SS riportati in *Tabella 6* sono fortemente dipendenti dai modelli di centrifughe utilizzate, dai parametri operativi, dai tipi e dosaggi di polimero e dall'alta variabilità nelle caratteristiche dei fanghi. Pertanto, risulta molto spesso complesso avere una visione complessiva e definitiva delle prestazioni delle centrifughe e delle altre tecnologie di disidratazione.

trolita ottimali, l'indice di cattura dei solidi è solitamente superiore al 95%. Va però tenuto in considerazione che gli intervalli di SS riportati in *Tabella 6* sono fortemente dipendenti dai modelli di centrifughe utilizzate, dai parametri operativi, dai tipi e dosaggi di polimero e dall'alta variabilità nelle caratteristiche dei fanghi. Pertanto, risulta molto spesso complesso avere una visione complessiva e definitiva delle prestazioni delle centrifughe e delle altre tecnologie di disidratazione.

### 7.1.4. Innovazioni

Una possibile soluzione che possa permettere un ulteriore incremento del contenuto di SS nel fango consiste nell'utilizzo di una centrifuga collegata ad un essiccatore termico o ad un'altra sorgente di calore (*Figura 6*). Le particelle solide che vengono espulse ad alta velocità dalla centrifuga vengono circondate dal vapore caldo e sono pre-essiccate ad un contenuto di secco di circa il 65%. Ovviamente, questa tecnologia deve tenere in considerazione maggiori consumi energetici rispetto ai metodi di disidratazione convenzionali.

*Tabella 6 – Tipici intervalli di SS finale e indice di cattura dei solidi ottenuti dalla disidratazione di diverse tipologie di fanghi con centrifughe*

Tipo di fango	SS <sub>OUT</sub> (%)		Indice di cattura solidi (%)
	[1]	[2]	
<b>Non stabilizzato</b>			
Primario	25 – 50	28 – 34	95+
Primario + Attivo	25 – 35	28 – 32	95+
Attivo	16 – 25	14 – 18	95+
<b>Stabilizzato anaerobicamente</b>			
Primario	25 – 40	35 – 40	95+
Primario + Attivo	22 – 35	26 – 30	95+
<b>Stabilizzato aerobicamente</b>			
Attivo	18 – 25	18 – 22	95+

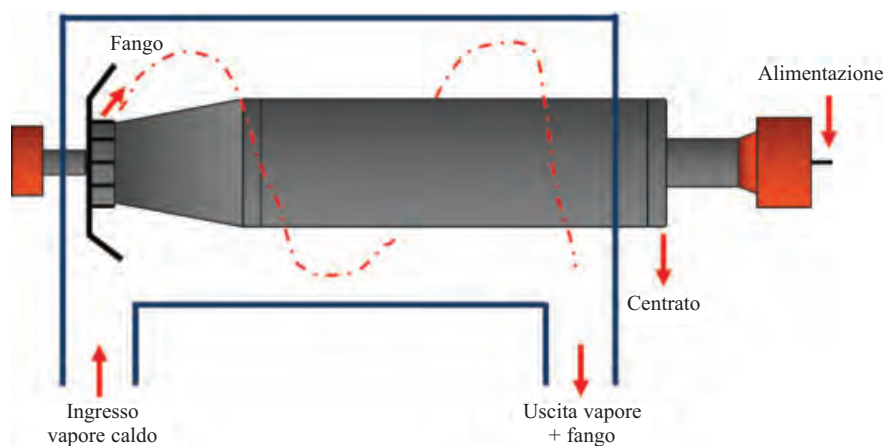
[1] (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

[2] (Andreoli et al., 2007)

## 7.2. Filtropressa

### 7.2.1. Descrizione e principi di funzionamento

Nelle filtropresse a piastre a volume fisso la disidratazione del fango avviene sotto pressione in una serie di piastre scanalate ricoperte di tessuto drenante, in cui l'acqua attraversa il tessuto mentre i solidi vengono trattenuti (*Figura 7*). In un ciclo di lavoro della filtropressa si susseguono le seguenti fasi: riempimento delle camere, compressione dei pannelli, apertura del filtro e scarico dei pannelli. Nella prima fase ha luogo il riempimento della camera che dura circa 20-30 minuti e, raggiunta la pres-



*Figura 6 – Esempio di disidratazione ed essiccazione del fango con una centrifuga modificata*

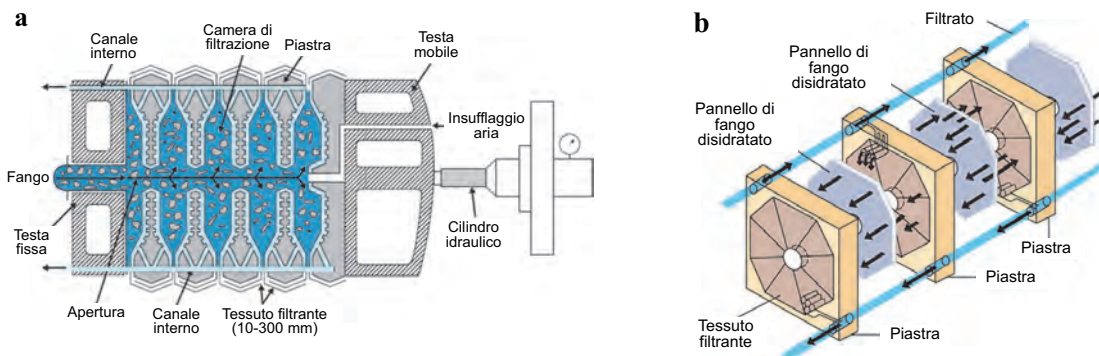


Figura 7 – (a) schema di una filtropressa (Degremont, 2019) e (b) descrizione della fase di scarico del pannello di fango (Beckart Environmental, 2019)

sione di esercizio, la filtrazione continua per 1-4 ore. La durata del tempo di filtrazione deve garantire un compromesso tra SS finali e produttività oraria della macchina. Dopo aver interrotto l'alimentazione e aver scaricato la pressione dal polmone, il filtro viene aperto e i pannelli scaricati in una tramoggia che normalmente alimenta un trasportatore a nastro. È evidente come uno dei limiti principali di questa tecnologia risulti nella discontinuità dell'operazione di disidratazione.

Prima della chiusura del filtro, periodicamente, si può procedere con il lavaggio delle tele utilizzando acqua in pressione fino a 100 bar. L'operazione di lavaggio è effettuata ogni 2-3 settimane nel caso di utilizzo di cloruro ferrico e calce (in questo caso il lavaggio deve essere acido) come condizionanti e ogni 2-4 mesi nel caso di policlorigli di alluminio o di polielettroliti.

A differenza della filtropressa a volume fisso, le filtropresse a membrana sono dotate di una membrana di gomma posta dietro il filtro (Figura 8). Durante la filtrazione, questo diaframma si espande per raggiungere la pressione di compressione fi-

nale, riducendo così il volume del pannello durante la fase di compressione. Generalmente, sono necessari da 10 a 20 minuti per riempire la pressa e 15-30 min a pressione fissa per disidratare il pannello di fango.

Quando per la disidratazione viene utilizzata una filtropressa, la ventilazione dell'edificio è essenziale per la riduzione degli odori e la protezione dai fumi. Infatti, il condizionamento con calce e cloruro ferrico porta alla produzione di quantità significative di ammoniaca che viene rilasciata all'aumentare del pH.

#### 7.2.2. Parametri operativi

La Tabella 7 elenca gli intervalli tipici di alcuni parametri operativi delle filtropresse a volume fisso. Come detto precedentemente, i tempi di filtrazione e disidratazione sono molto lunghi, se paragonati ad una centrifuga. Per sostenere maggiori portate di fango, le filtropresse si estendono in lunghezza occupando una superficie significativa all'interno di un impianto di depurazione. Inoltre, la disidratazione procede con processo *batch* e la

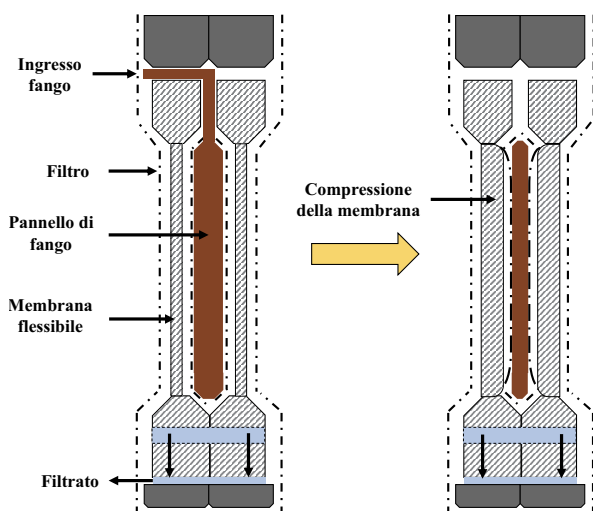


Figura 8 – Schema di una filtropressa a membrana

Tabella 7 – Parametri operativi di una filtropressa a volume fisso (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

Parametro operativo	Valore
Pressione di esercizio (kPa)	500 – 2.100
Tempo di filtrazione (ore)	1 – 3
Tempo totale carico/scarico (ore)	2 – 5
Spessore pannello di fango (mm)	25 - 38
Dimensione piastre (mm)	400 x 400 / 2.000 x 2.000
Max numero piastre	5 – 180
Superficie filtrante (m <sup>2</sup> )	1,5 – 2.000
Portata specifica di secco (kgSS m <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> )	1 – 5
Potenza installata (kW)	3 – 15

rimozione del pannello richiede spesso assistenza manuale da parte degli operatori.

Come anticipato, oltre a un valore finale di secco superiore rispetto alle filtropresse a volume fisso, il vantaggio delle filtropresse a membrana consiste nei minori tempi di filtrazione che variano dai 15 ai 30 min, con tempi totali di carico/scarico del fango fino a circa 45 min.

L'Eq. 6 mostra come calcolare la portata di filtrato ( $Q_{filtrato}$ , m/s) rimossa con una filtropressa:

$$Q_{filtrato} = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{\mu \times (R_{fangho} + R_{filtro})}$$

(Eq. 6)

Dove  $A$  è l'area di filtrazione ( $m^2$ ),  $dV/dt$  ( $m^3/s$ ) è la velocità di filtrazione,  $\Delta P$  ( $N/m^2$ ) è la differenza di pressione tra le due parti del filtro,  $\mu$  ( $N \cdot s/m^2$ ) è la viscosità del filtrato e  $R_{fangho}$  e  $R_{filtro}$  sono rispettivamente la resistenza del pannello di fango filtro e del filtro ( $m^{-1}$ ).

### 7.2.3. Prestazioni

Il vantaggio principale delle filtropresse consiste nella capacità di disidratare tutti i tipi di fanghi raggiungendo concentrazioni elevate, che arrivano fino al 45-50% di SS (Tabella 8). Le filtropresse sono anche in grado di ottenere elevate efficienze nella cattura di solidi e di conseguenza produrre un filtrato relativamente pulito.

Tra tutte le tecnologie di disidratazione meccanica, le filtropresse sono quelle che consentono di ottenere il maggior contenuto di SS nei fanghi.

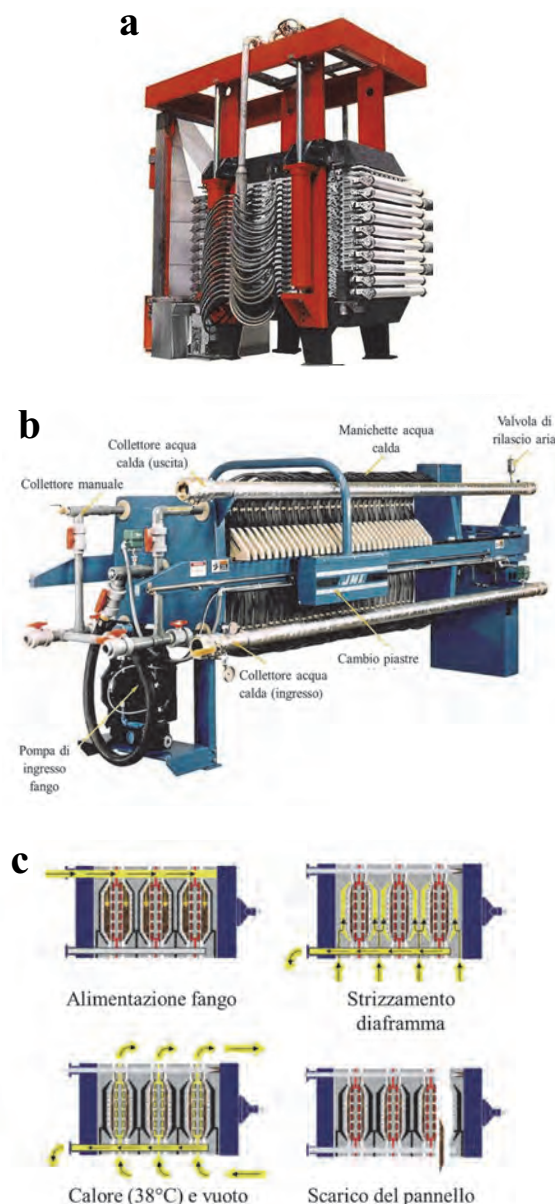
**Tabella 8 – Tipici intervalli di SS finale e tempi di filtrazione ottenuti dalla disidratazione di diverse tipologie di fanghi con filtropresse**

Tipo di fango	SS <sub>OUT</sub> (%)	Tempo di filtrazione (h)
<b>FILTROPRESSA A VOLUME FISSO</b>		
<b>Non stabilizzato</b>		
Primario	45	1,5 – 2,0
Primario + Attivo	27 – 41	2,5 – 3,5
<b>Stabilizzato anaerobicamente</b>		
Primario	23 – 37	1,0 – 3,0
Primario + Attivo	37 – 42	2,0 – 3,0
<b>Stabilizzato aerobicamente</b>		
Attivo	22 – 30	-
<b>FILTROPRESSA A MEMBRANA</b>		
<b>Non stabilizzato</b>		
Primario + Attivo	35 – 50	0,75 - 1,0

### 7.2.4. Innovazioni

Le filtropresse disponibili sul mercato includono diversi accorgimenti atti a migliorare l'efficienza di disidratazione e la facilità di trattamento, diminuendo anche il costo della manodopera. Alcune modifiche riguardano l'alimentazione del fango che può essere eseguita dall'alto o al centro della macchina, lo scarico del pannello di fango che può essere assistito dall'insufflazione di aria, il lavaggio automatico dei mezzi filtranti, il rilascio sequenziale o simultaneo del pannello di fango e infine l'utilizzo di una fase finale di compressione per mezzo di una membrana (filtropressa a membrana, descritta sopra).

Tra le innovazioni più recenti di questa tecnologia, è da menzionare la filtropressa verticale (Figura 9a) che utilizza un nastro continuo e diverse camere so-



**Figura 9 – (a) Filtropressa verticale (Toncin, 2019), (b) filtropressa J-Vap e (c) suo schema di funzionamento (Siemens, 2019)**

vrapposte per ottenere una filtrazione uniforme ed efficiente. Non appena tutte le camere del sistema si chiudono simultaneamente, il fango viene pompato all'interno e distribuito uniformemente in tutte le camere sulla superficie dei teli filtranti orizzontali. Immediatamente inizia la rimozione del filtrato e la formazione del pannello di fango disidratato. Successivamente, viene pompata acqua ad alta pressione dietro i diaframmi, comprimendo il pannello in tutte le camere e creando un flusso di filtrazione ancora maggiore, disidratando ulteriormente il fango.

Un ulteriore esempio di innovazioni della tecnologia è il sistema di disidratazione J-Vap® (Figura 9b-9c) che combina una filtropressa a membrana e una tecnologia di evaporazione sottovuoto. Questo sistema consente di raggiungere un contenuto di SS fino al 99% in un solo passaggio. Il sistema è completamente chiuso per ridurre gli odori e consente un minor consumo di energia rispetto ai sistemi di essiccamento termico.

I vantaggi di questa tecnologia sono i seguenti:

- processo *single-step*;
- facilità di operazione e manutenzione;
- minimo intervento degli operatori;
- basse emissioni;
- riduzione del contenuto di patogeni;
- minor consumo energetico della disidratazione termica.

### 7.3. Nastropressa

#### 7.3.1. Descrizione e principi di funzionamento

Le nastropresse sono essenzialmente costituite da due nastri continui che permettono la compressione e la filtrazione del fango. Generalmente, una nastropressa è dotata di tre zone di disidratazione distinte: una zona di drenaggio per gravità, una zona di pressione e una zona di taglio ad alta pressione (Figura 10). La pressione viene esercitata dai rulli e dai nastri trasportatori. Durante la fase di dre-

naggio iniziale si utilizzano solitamente polimeri ad alta densità di carica che possano agire e far flocculare il fango rapidamente. Nella zona di taglio, il pannello di fango viene ulteriormente disidratato facendo passare i nastri attorno e tra i rulli disassati verticalmente, che causano una configurazione a serpentina nel movimento del pannello: l'azione di taglio risulta dalla differente velocità lineare delle due tele che si avvolgono su rulli con raggi differenti e su un tamburo che ruota a una determinata velocità angolare.

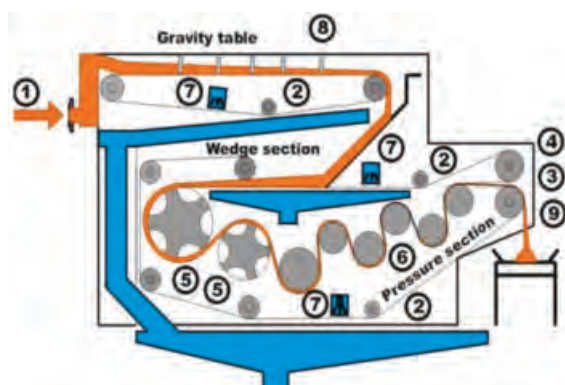
#### 7.3.2. Parametri operativi

In Tabella 9 sono elencati i parametri operativi delle nastropresse. È evidente come la potenza installata risulti nettamente inferiore rispetto a quella delle centrifughe.

A causa della loro configurazione aperta, le nastropresse possono causare emissione di aerosol e cattivi odori. Inoltre, la presenza di un elevato numero di cuscinetti richiede assistenza e sostituzioni regolari. Tuttavia, le nastropresse hanno bassi costi iniziali e ridotto consumo di energia elettrica. Un limite di questa tecnologia consiste nei considerevoli consumi di acqua di lavaggio.

Tabella 9 – Parametri operativi di una nastropressa (Andreoli et al., 2007)

Parametro operativo	Valore
Larghezza tela (m)	0,5 – 3,5
Area installazione (m <sup>2</sup> )	3,3 – 36
Velocità della tela (m/h)	50 – 100
Flusso specifico di fango (L/(min·m))	110 – 640
Flusso specifico di fango (kg <sub>SS</sub> /(h·m))	180 – 1.600
Pressione acqua di lavaggio (kPa)	400 – 600
Consumo di acqua (m <sup>3</sup> /h)	4 – 30
Portata di fango (m <sup>3</sup> /h)	0,5 – 80
Potenza installata (kW)	0,4 – 6,5



- 1) fango di alimentazione,
- 2) rullo di ritorno
- 3) rullo di trazione
- 4) rullo di scarico
- 5) rulli perforati a bassa pressione
- 6) rulli a elevata pressione
- 7) lavaggio delle tele
- 8) aratri di distribuzione del fango
- 9) scarico del fango

Figura 10 – Schema di una nastropressa (Wastewater 101, 2019)

Tabella 10 – Tipici intervalli di portate di fango, SS finale e indice di cattura dei solidi ottenuti dalla disidratazione di diverse tipologie di fanghi con nastropresse (Andreoli et al., 2007; Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

Tipo di fango	Portata di fango (kg/h·m)	SS <sub>OUT</sub> (%)	Indice di cattura solidi (%)
<b>Non stabilizzato</b>			
Primario	1130 – 1590	26 – 35	95
Primario + Attivo	340 – 820	15 – 25	95
Attivo	180 – 340	12 – 20	90 – 95
<b>Stabilizzato anaerobicamente</b>			
Primario	680 – 910	24 – 35	-
Attivo	230 – 410	13 – 23	-
Primario + Attivo	320 – 540	15 – 28	95
<b>Stabilizzato aerobicamente</b>			
Attivo	250 – 410	12 – 22	92 – 95

### 7.3.3. Prestazioni

La Tabella 10 riporta le prestazioni delle nastropresse in termini di portata di fango in ingresso, contenuto di SS e indice di cattura dei solidi in diverse tipologie di fango.

In generale, i valori di SS finali risultano inferiori rispetto a quanto ottenuto con centrifughe e, soprattutto, filtropresse. Tuttavia, le minori efficienze di disidratazione sono bilanciate dai minori consumi energetici.

### 7.3.4. Innovazioni

Tra le innovazioni della tecnologia, troviamo il modello 2VP (Figura 11). Esso utilizza un gradiente di pressione che, iniziando da bassi valori e aumentando gradualmente, evita picchi di pressione e riduce la tendenza all'estrusione del pannello di fango. Inoltre, la struttura di questo modello con-

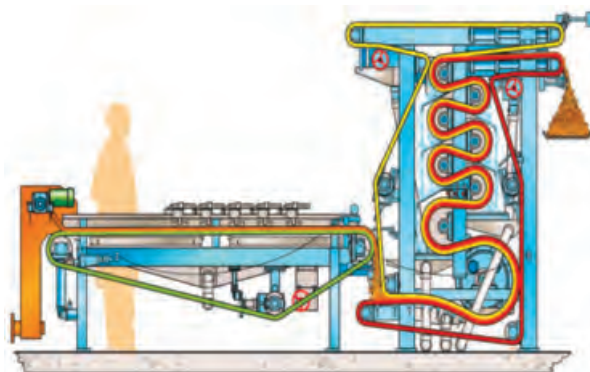


Figura 11 – Modello di nastropressa 2VP (BDP Industries, 2015)

sente di non bagnare il pannello di fango a causa della caduta del filtrato da aree e rulli adiacenti. A differenza delle altre nastropresse, che spesso necessitano di essere sollevate a causa del punto di scarico del fango posto in basso, il modello 2VP ha la zona dello scarico ad altezza elevata e non richiede costose piattaforme o scale che ostacolano l'accesso dell'operatore. Questo permette di ridurre i costi di installazione e semplifica il layout della struttura.

## 7.4. Filtropressa idraulica a maniche

### 7.4.1. Descrizione e principi di funzionamento

La filtropressa a maniche (Figura 12) permette la compressione del fango all'interno di una camera in cui sono presenti alcune maniche in tessuto che catturano e filtrano la parte liquida del fango.

In Figura 13 sono mostrate le fasi della disidratazione. Inizialmente si ha il riempimento della camera con il fango (circa 60-70 min), seguito da molteplici fasi di compressione e decompressione (circa 60-70 min) in cui le maniche in tessuto filtrano la fase liquida e la rimuovono dal fango stesso. Al termine del processo, la macchina viene aperta e il fango scaricato (5 min).

### 7.4.2. Parametri operativi

In Tabella 11 sono mostrati i parametri operativi di una filtropressa a maniche. A differenza delle convenzionali tecnologie di filtrazione eseguite con nastropresse, filtropresse a volume fisso e filtropresse a membrana, la potenza installata e i consumi energetici sono superiori.

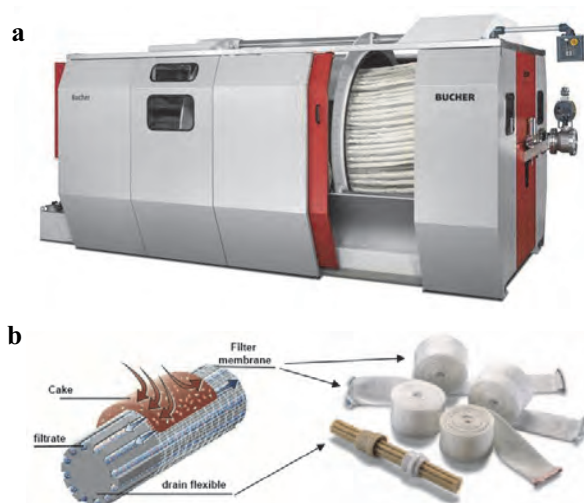


Figura 12 – (a) Filtropressa a maniche e (b) dettaglio delle maniche utilizzate per la disidratazione (Bucher Unipektin, 2019)



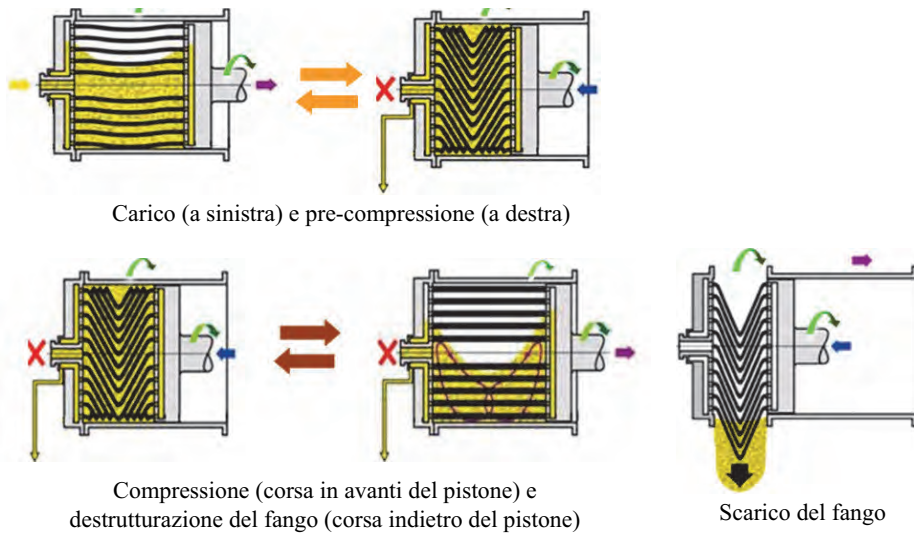


Figura 13 – Fasi della disidratazione del fango con filtropressa a maniche (Bucher Unipektin, 2019)

Tabella 11 – Parametri operativi di una filtropressa a maniche (Bucher Unipektin, 2019)

Parametro operativo	Valore
Portata fango (kgSS/h)	100 – 800
Area filtrante (m <sup>2</sup> )	82
Tempo di processo (min)	70 – 120
Portata di fango (m <sup>3</sup> /ciclo)	80
Potenza (kW)	17 – 48

7.4.3. Prestazioni

Il contenuto di SS nei fanghi disidratati con filtropressa a maniche può arrivare fino al 50%.

7.5. Pressa a vite

7.5.1. Descrizione e principi di funzionamento

La pressa a vite (Figura 14) permette la disidratazione del fango all'interno di un'unità cilindrica chiusa, per mezzo della rotazione di una co-

clea a bassa velocità. Il fango, preventivamente condizionato con polielettrolita altamente cationico, viene alimentato all'interno di un vaglio forato (wedge wire) ad una pressione relativamente bassa e portato in avanti per mezzo di una coclea rotante. Il filtrato passa attraverso il fondo e i lati del vaglio mentre il fango viene portato in avanti verso il cono in pressione, continuando la disidratazione. È richiesta acqua di lavaggio a intermittenza per pulire il vaglio forato e sciacquare i solidi dall'unità durante il normale ciclo operativo. Solitamente, le presse a vite sono disponibili sia in configurazione orizzontale sia inclinata.

7.5.2. Parametri operativi

In Tabella 12 sono riportati i parametri operativi delle presse a vite. Da notare come la potenza installata, date le basse velocità di rotazione della coclea, sia considerevolmente bassa rispetto ad altri sistemi di disidratazione.

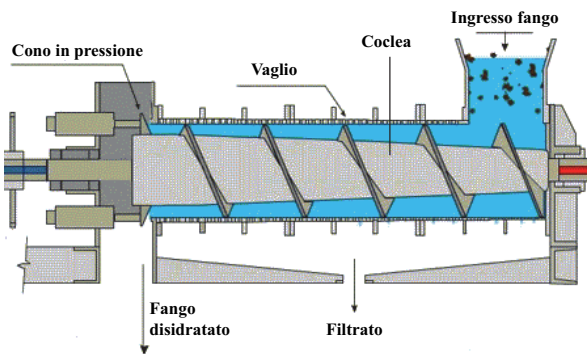


Figura 14 – Schema di una pressa a vite (TIM Shredding & Dewatering, 2019)

Tabella 12 – Parametri operativi di una pressa a vite (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

Parametro operativo	Valore
Pressione di esercizio (kPa)	280 – 550
Acqua di lavaggio (L/min)	7 – 45
Ciclo di lavaggio (s/min)	15 s / 10 min
Numero di giri (rpm)	0,3 – 1,5
Portata fango (kg <sub>SS</sub> /h)	10 – 756
Portata fango (m <sup>3</sup> /h)	0,1 – 52
Potenza installata (kW)	0,25 – 9

Si deve però considerare che alcune tipologie di fanghi, avendo una consistenza gelatinosa, sono meno adatti alla disidratazione con presse a vite: quando viene applicata la pressione, può succedere che il fango esca dai filtri senza rilasciare la parte acquosa impedendone il compattamento. Per questo motivo, il consumo di acqua di lavaggio dei filtri risulta molto spesso elevato.

### 7.5.3. Prestazioni

La *Tabella 13* riporta le prestazioni delle presse a vite in termini di contenuto di SS e indice di cattura dei solidi in diverse tipologie di fango.

Come già visto nel *Capitolo 3*, il dosaggio di polimero risulta considerevolmente alto se confrontato con le nastropresse e le centrifughe. Tuttavia, il contenuto di SS finale risulta generalmente inferiore rispetto a quanto ottenuto con le altre tecniche di disidratazione, mentre l'indice di cattura dei solidi raramente supera il 95%.

*Tabella 13 – Tipici intervalli di SS finale e indice di cattura dei solidi ottenuti dalla disidratazione di diverse tipologie di fanghi con presse a vite (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)*

Tipo di fango	SS <sub>OUT</sub> (%)	Indice di cattura solidi (%)
<b>Non stabilizzato</b>		
Primario	30 – 40	90+
Primario + Attivo	25 – 35	90+
Attivo	15 – 22	88 – 95
<b>Stabilizzato anaerobicamente</b>		
Primario	22 – 28	90+
Attivo	17 – 25	90+
Primario + Attivo	15 – 25	88 – 95
<b>Stabilizzato aerobicamente</b>		
Attivo	15 – 20	88 – 95

### 7.5.4. Innovazioni

A differenza dei convenzionali tamburi forati o con conformazione *wedge wire*, la tecnologia *Volute™* (*Figura 15*) utilizza degli elementi filtranti dotati di molteplici anelli metallici. Infatti, il tamburo di queste presse a vite è composto da anelli fissi e da anelli mobili che sono spinti e deformati dalla coclea in movimento. Le aperture tra gli anelli e il passo dell'elica sono disegnate in modo da restringersi nella direzione dell'uscita del fango. Questa configurazione permette di ridurre l'ostruzione del tamburo da parte del fango e quindi limita l'utilizzo di acqua di lavaggio.

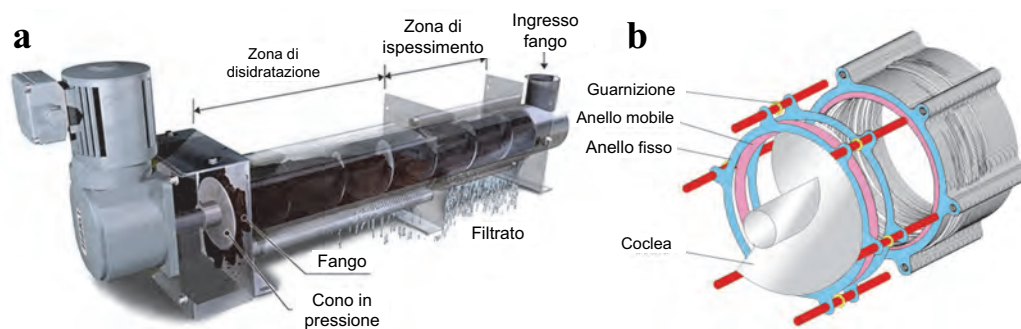
## 7.6. Pressa rotativa

### 7.6.1. Descrizione e principi di funzionamento

La pressa rotativa (*Figura 16*) è un'unità modulare chiusa a velocità ridotta. Il fango viene alimentato nell'unità, dopo condizionamento con polielettroliti cationici, ad una pressione relativamente bassa nello spazio tra i due filtri metallici paralleli. Il fango flocculato avanza all'interno del canale che si forma tra i due filtri in acciaio inossidabile, e, mentre viene disidratato, il filtrato passa attraverso i lati dei filtri, mentre i solidi vengono trattenuti. La forza di attrito sui filtri causata dalla lenta rotazione e la restrizione nell'uscita creano una contropressione che spinge ulteriore filtrato al di fuori del filtro stesso che permette la formazione di un'estrusione di fango disidratato relativamente asciutta. Per pulire i filtri e sciacquare i solidi dall'unità, è richiesta acqua di lavaggio circa 5 minuti al giorno a fine esercizio. Poiché la pressa rotativa è totalmente racchiusa, essa fornisce maggiore sicurezza, contenimento degli odori e livelli di rumore relativamente bassi rispetto ad altri sistemi di disidratazione.

### 7.6.2. Parametri operativi

In *Tabella 14* sono riportati i parametri operativi delle presse rotative. Il numero di unità collegate



*Figura 15 – (a) Modello di pressa a vite Volute™ (AMCON, 2019) e (b) particolare del tamburo (Boeep, 2019)*

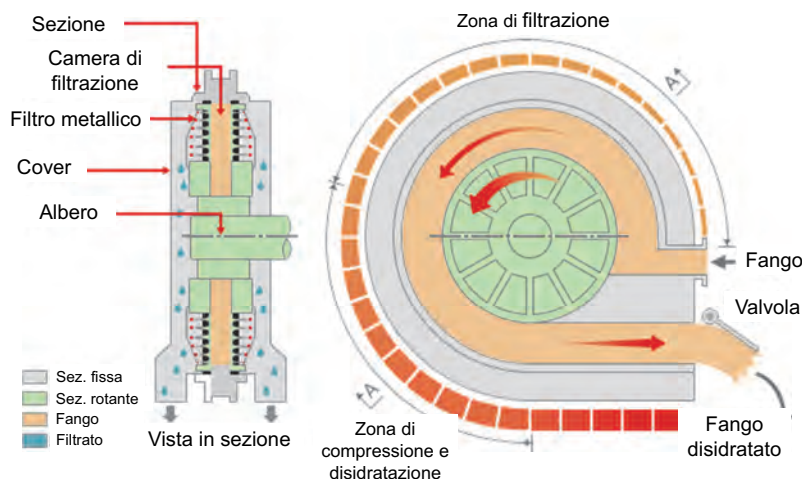


Figura 16 – Schema di una pressa rotativa (Metawater, 2019)

Tabella 14 – Parametri operativi di una pressa rotativa (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

Parametro operativo	Valore
Numero di canali	1 – 8
Diametro (mm)	460 – 1220
Acqua di lavaggio (L/min)	190 – 1.520
Ciclo di lavaggio (min/giorno)	5
Pressione in ingresso (kPa)	10 – 100
Numero di giri (rpm)	0,2 – 2
Portata massima fango al 3% (kg/h·m <sup>2</sup> )	244 – 254
Potenza installata (kW)	1,1 – 56

determina sia le portate di fango trattate sia i consumi energetici.

### 7.6.3. Prestazioni

La Tabella 15 riporta le prestazioni delle presse rotative in termini di contenuto di SS e indice di cattura dei solidi in diverse tipologie di fango.

Come per la pressa a vite, l'efficienza di disidratazione risulta inferiore rispetto a quanto ottenuto con centrifughe e filtropresse.

## 7.7. Disidratazione elettro-assistita

### 7.7.1. Descrizione e principi di funzionamento

Come descritto precedentemente, a causa delle elevate forze di legame e la natura colloidale dei fanghi, l'acqua legata non può essere rimossa efficacemente con mezzi meccanici. Come trattamento alternativo alla convenzionale disidratazione meccanica, la disidratazione elettro-assistita (*Electro-Dewatering*, EDW) permette di liberare l'acqua intrappolata nelle cellule rendendola maggiormente separabile ed è in grado di incrementare il contenuto di SS fino al

Tabella 15 – Tipici intervalli di SS finale e indice di cattura dei solidi ottenuti dalla disidratazione di diverse tipologie di fanghi con presse rotative (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

Tipo di fango	SS <sub>OUT</sub> (%)	Indice di cattura solidi (%)
<b>Non stabilizzato</b>		
Primario	28 – 45	95+
Primario + Attivo	20 – 32	92 – 98
Attivo	13 – 18	90 – 95
<b>Stabilizzato anaerobicamente</b>		
Primario	22 – 32	90 – 95
Attivo	18 – 25	90 – 95
Primario + Attivo	12 – 17	85 – 90
<b>Stabilizzato aerobicamente</b>		
Attivo	28 – 45	90 – 95

40-45% (Feng et al., 2014; Mahmoud et al., 2010; Tuan et al., 2008; Weng et al., 2013).

Questa tecnologia consiste nell'applicazione di un campo elettrico ai fanghi che vengono posti tra due elettrodi. Durante il processo, il fango, caricato negativamente, si muove verso l'elettrodo positivo (anodo) mentre le molecole d'acqua si muovono verso l'elettrodo negativo (catodo), dove vengono poi rimosse attraverso il tessuto filtrante che copre l'elettrodo. In generale, diversamente dai processi di filtrazione comuni (filtropresse e nastropresse) il filtro non si ostruisce, poiché le particelle solide vengono respinte dal catodo. Solitamente, il fango viene sottoposto a compressione per consentire alla corrente applicata di muoversi in modo più uniforme dall'anodo al catodo e aumentare le effi-

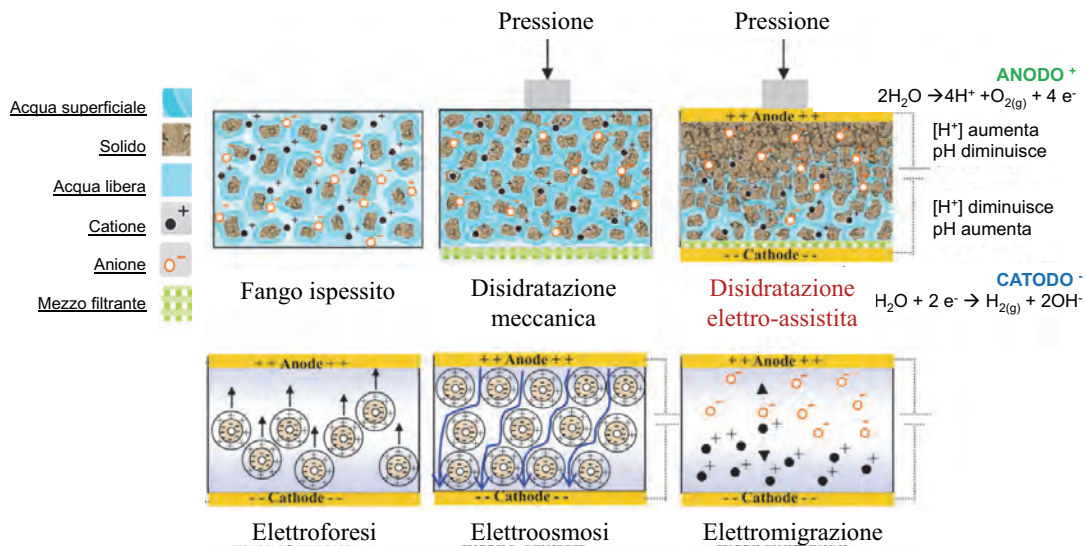


Figura 17 – Schema del processo di disidratazione elettro-assistita (Mahmoud et al., 2010)

cienze di disidratazione. La *Figura 17* mostra lo schema del processo.

Negli ultimi anni, il processo EDW ha riscosso notevole interesse e sono stati sviluppati diversi dispositivi, come ad esempio i sistemi Cinetik® (Ovivo, USA), Dehydris™ Osmo (Suez, Francia) ed Elode® (Siemens Water Technologies & ACE Korea Corporation, Corea del Sud).

#### 7.7.2. Cinetik® e Dehydris Osmo

I sistemi Cinetik® e Dehydris™ Osmo (*Figura 18*) permettono la disidratazione di fanghi civili ed industriali attraverso fasi di compressione e applicazione di un campo elettrico su fanghi pre-ispessiti e/o disidratati con concentrazioni di SS superiori al 10-20%. I fanghi vengono alimentati in una tramoggia e, all’inizio di ogni ciclo di trattamento, vengono attivati il nastro trasportatore e il modulo di alimentazione che formano uno strato sottile ed uniforme di fango. Una volta che il pannello di fango viene spostato nell’area di trattamento, dei pistoni, che fungono da anodi, applicano una pres-

sione predeterminata e permettono alla corrente continua di fluire attraverso il pannello verso il nastro filtrante, che funge da catodo.

La corrente continua viene applicata a valori predefiniti per un periodo di tempo controllato fino a quando non viene raggiunto il livello di disidratazione desiderato. Successivamente, i blocchi anodici vengono risolti e il pannello di fango viene scaricato. Durante il suo spostamento, il nastro filtrante viene pulito utilizzando un sistema di lavaggio ad alta pressione con acqua di processo filtrata o acqua potabile. I controlli della macchina garantiscono la gestione di parametri operativi quali pressione, tensione, corrente, tempo di trattamento, velocità del nastro e cicli di lavaggio automatici. Tra i vantaggi di questa tecnologia troviamo:

- semplicità di funzionamento;
- processo completamente automatizzato;
- SS fino al 50%;
- consumi energetici inferiori ai trattamenti termici;
- riduzioni significative degli odori;
- abbattimento del contenuto dei patogeni.

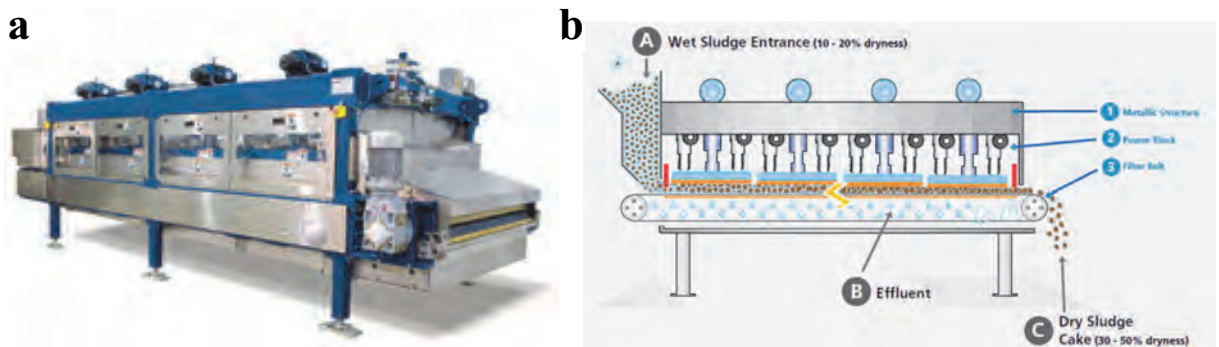


Figura 18 – Sistemi di disidratazione elettro-assistita (a) Cinetik® (Ovivo, 2019) and (b) Dehydris Osmo™ (Suez, 2019a)

Tabella 16 – Tipici intervalli di SS in ingresso e uscita e consumi energetici ottenuti dalla disidratazione elettro-assistita di diverse tipologie di fanghi con tecnologia Cinetik® (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014)

Tipo di fango	SS <sub>IN</sub> (%)	SS <sub>OUT</sub> (%)	Consumo di energia specifico (kWh/ton)	Consumo di energia specifico (kWh/kg <sub>H2O</sub> )
<b>Non stabilizzato</b>				
Primario	22 – 24	29 – 49	110 – 260	0,12 – 0,29
Attivo	13 – 17	28 – 43	150 – 270	0,17 – 0,30
Attivo	25	33 – 38	210 – 310	0,23 – 0,34
Attivo	16 – 20	32 – 43	230 – 310	0,25 – 0,34
<b>Stabilizzato aerobicamente</b>				
Attivo	16 – 20	32 - 43	230 – 310	0,25 – 0,34

Le macchine Cinetik®, a seconda della taglia scelta, necessitano di un'area di installazione di 11,6-27,9 m<sup>2</sup> e permettono di trattare da 270 a 2.360 kg/h di fanghi. La Tabella 16 mostra i tipici intervalli di SS in ingresso e uscita su diversi tipi di fango. Ovviamente, i consumi energetici risultano superiori rispetto a quelli della convenzionale disidratazione meccanica.

#### 7.7.3. Elode®

La Figura 19 mostra i modelli Elode® SELO e BELO. SELO consiste in una nastropressa compatta che utilizza il processo elettro-osmotico per disidratare ulteriormente fanghi già disidratati meccanicamente, in modo da ottenere un contenuto di SS maggiore. BELO combina un primo stadio di disidratazione meccanica con nastropressa e un secondo stadio con processo elettro-osmotico. La Tabella 17 mostra i parametri operativi dei modelli SELO e BELO di Elode®. Con questa tecnologia, si possono ottenere contenuti di SS finali fino al 40-45%.

#### 7.7.4. X E-RAD (Figura 20)

A differenza dalle macchine descritte precedentemente, che applicano il principio elettro-osmo-

Tabella 17 – Parametri operativi dei modelli SELO e BELO di Elode® (Ace Korea Incorporation Co. LTD, 2019)

Parametro operativo	Valore	
	SELO (SS = 10-32%)	BELO (SS = 1-5%)
Larghezza nastro (mm)	1.000 – 3.000	1.000 – 3.000
Acqua di lavaggio (m <sup>3</sup> /h)	0,9 – 1,9	11,2 – 33
Spessore iniziale fango (mm)	<8	<9
Velocità nastro	0,5 – 2,4	0,5 – 2,4
Portata fango (m <sup>3</sup> /h)	0,2 – 2,3	1,6 – 23,3
Potenza installata (kW)	40 – 206	80 – 220

tico su nastropresse o simili, il modello X E-RAD (X2 Solutions Srl, Italia) sfrutta la tecnologia delle presse a vite. In questo modello (brevetto No. WO/2019/082150 – Device for sludge treatment) vengono applicati degli elementi anodici sulla colea mentre il tamburo esterno si comporta da catodo. Uno dei vantaggi di questa macchina è rappresentato dalla possibilità di avere una continua miscelazione del fango sottoposto a campo elettrico, evitando la formazione di una crosta secca, ad alta resistività elettrica, vicino all'anodo. In questo modo, il passaggio della corrente e il pro-



Figura 19 – Modelli Elode® per la disidratazione elettro-assistita: (a) SELO e (b) BELO (Ace Korea Incorporation Co. LTD, 2019)



Figura 20 – Modello X E-RAD di X2 Solutions Srl

cesso elettro-osmotico vengono favoriti e, al contempo, vengono ridotte le emissioni di fumi prodotti dall'incremento della temperatura per effetto Joule.

### 7.8. Disidratazione a bassa intensità tecnologica

#### 7.8.1. Letti di essiccamento

I letti di essiccamento a sabbia (Figura 21) vengono generalmente utilizzati per disidratare i fanghi digeriti e sedimentati da impianti che utilizzano il processo di trattamento a fanghi attivi senza pre-spessimento. Sono quindi utilizzati per comunità di piccole e medie dimensioni (<20.000 AE).

In un tipico letto di essiccamento, il fango viene posto su strati di sabbia e ghiaia di varia granulometria e lasciato essiccare per gravità e per evaporazione dalla superficie esposta all'aria. I letti di essiccamento sono dotati di linee di drenaggio laterali, mediante tubi di plastica perforati o di argilla, sono inclinati di almeno 1% e distanziati tra di loro di 2,5-6 m. L'area di essiccamento è tipicamente suddivisa in letti singoli di 7,5 m di larghezza e 30-60 m di lunghezza (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014). Le partizioni sono in genere costruite con terrapieni di terra, assi di legno, tavole di cemento o blocchi di cemento armato. Lo strato di sabbia ha una profondità compresa tra 200

e 460 mm e una dimensione delle particelle di circa 0,3-0,75 mm: gli strati di sabbia più profondi generalmente ritardano il processo di drenaggio.

I fanghi vengono generalmente alimentati tramite un canale aperto o tubazioni chiuse. Inoltre, di fronte agli sbocchi del fango sono posizionate delle piastre paraspruzzi per spargere il materiale sul letto e prevenire l'erosione della sabbia. La velocità di caricamento del fango varia da 50 a 125 kg/(m<sup>2</sup>·anno) per letti di essiccamento aperti e da 60 a 200 kg/(m<sup>2</sup>·anno) per letti chiusi (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014; Sanin et al., 2011). Quando il contenuto di SS nel fango raggiunge valori all'incirca del 30% (Andreoli et al., 2007), la rimozione del fango viene effettuata spalando manualmente in carriole o camion. Da sottolineare, inoltre, che per letti di essiccamento chiusi si possono raggiungere valori di SS fino al 75% (Sanin et al., 2011).

A causa dell'odore sgradevole, i letti di essiccamento dovrebbero essere posizionati a sufficiente distanza dagli insediamenti ed abitazioni circostanti in funzione del loro tipo e situazione locale.

#### 7.8.2. Lagunaggio

Il lagunaggio (Figura 22) può essere utilizzato come sostituto dei letti di essiccamento per la disidratazione dei fanghi digeriti. Le lagune non sono adatte per disidratare fanghi non trattati o fanghi



Figura 22 – Esempio di lagunaggio (FA. IMP. Impianti Trattamento Acque, 2014)

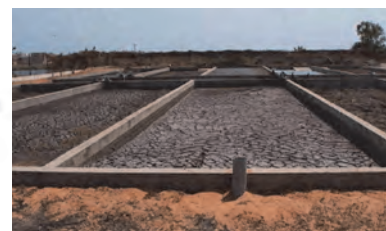
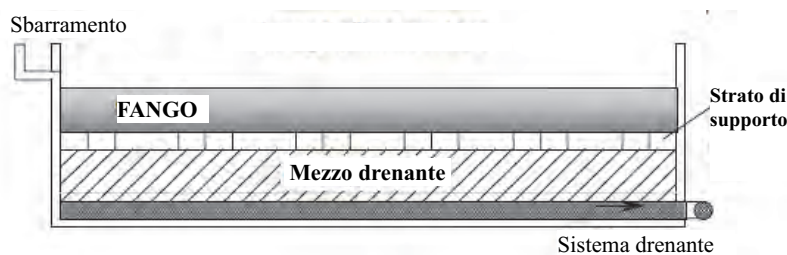


Figura 21 – Schema e foto di un tipico letto di essiccamento a sabbia (Andreoli et al., 2007)

calcinati a causa del loro odore sgradevole. Le efficienze di disidratazione sono influenzate dal clima, in quanto precipitazioni e basse temperature rallentano l'evaporazione. Inoltre, la disidratazione con drenaggio sotterraneo e percolazione è limitata da normative ambientali sempre più severe (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014).

Le profondità dei fanghi variano solitamente da 0,75 a 1,25 m o superiori. Generalmente si ottengono fanghi con un contenuto di SS compreso tra il 25% e il 30%. Il tempo del ciclo per le lagune varia da diversi mesi a diversi anni e i tassi di caricamento dei fanghi variano da 35 a 39 kg/(m<sup>3</sup>·anno) (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014; Sanin et al., 2011).

### 7.8.3. Fitodisidratazione

La fitodisidratazione dei fanghi è una particolare tecnologia per la gestione dei fanghi di supero provenienti da grossi impianti a fanghi attivi che può sostituire l'intera linea fanghi di un impianto di depurazione, garantendo notevoli vantaggi economici e permettendo il riutilizzo in agricoltura dei fanghi prodotti. I letti di fitodisidratazione con macrofite (Figura 23) permettono la disidratazione dei fanghi grazie a meccanismi di decomposizione che risultano dall'interazione fra le piante, i microrganismi, il sistema filtrante e lo strato di fango depositato. I principali meccanismi che si instaurano sono i seguenti:

- disidratazione, evapotraspirazione;
- percolazione;
- stabilizzazione;
- ri-ossigenazione;
- processi di riduzione aerobici.

La fase di ispessimento avviene mediante filtrazione delle particelle solide sulla superficie del bacino, costituita da uno strato crescente di fanghi residui, mentre la maggior parte dell'acqua filtra attraverso lo strato di fango e gli strati inferiori di ghiaie fini e grossolane. Il contenuto in acqua re-

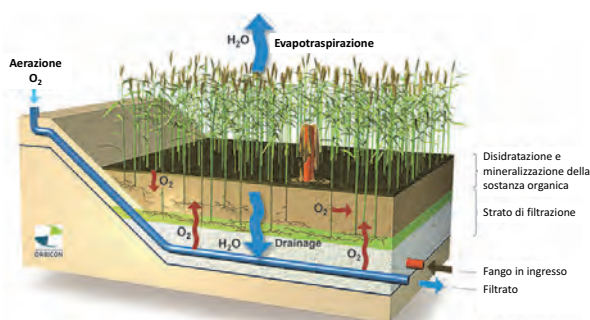


Figura 23 – Schema di un letto di fitodisidratazione (Orbicon, 2019)

siduo che rimane nello strato superficiale viene ulteriormente ridotto mediante evapotraspirazione (IRIDRA srl, 2019), raggiungendo contenuti di SS nel fango fino al 40%.

La velocità di caricamento del fango varia da 30 a 60 kgSS/(m<sup>2</sup>·anno) (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014).

Tuttavia, questa tecnologia di disidratazione presenta alcuni limiti di applicazione legati a:

- area disponibile: richiede ampi spazi su aree pianeggianti, sufficientemente lontani dalle abitazioni ma vicini all'impianto di depurazione;
- costo elevato dei terreni nelle aree residuali;
- tipologia di fango: se le concentrazioni di metalli fossero troppo elevate, si porrebbero problematiche legate allo smaltimento delle macrofite alla fine del ciclo di utilizzo dell'area;
- clima: in zone sottoposte ad eccessivo dilavamento da piogge potrebbe causare inquinamento della falda acquifera superficiale e dei corsi d'acqua;
- caratteristiche idrogeologiche: se l'area non insiste su orizzonti naturalmente impermeabili, va prevista una impermeabilizzazione del fondo, ad evitare infiltrazioni del liquido di percolazione;
- caratteristiche morfologiche: l'area deve essere pianeggiante o con pendenza molto modesta, tale da consentire il drenaggio superficiale delle acque piovane senza che questi provochino danni per una eccessiva azione erosiva;
- acque di percolazione: vanno raccolte e trattate prima della immissione in un corpo idrico recettore;
- emissioni in atmosfera: emissioni di N<sub>2</sub>O e metano causati dai processi di degradazione rispettivamente anossica o anaerobica del fango.

Pertanto, nonostante la letteratura riporti l'utilizzo della fitodisidratazione anche per impianti di grandi dimensioni, la sua applicazione è strettamente dipendente dall'area geografica. Ad esempio, considerando una produzione media di fanghi già stabilizzati (su base secca), di circa 25-30 gSS per AE al giorno, il fabbisogno di area per un impianto che serve 100 000 AE sarebbe pari a 1,5 – 1,8 ha. La disponibilità di aree residuali a basso costo diventa quindi un requisito indispensabile per la fattibilità di questa tecnica. Va inoltre considerato l'impegno di manodopera per la rimozione e il ripristino dell'area per accogliere nuovi fanghi dopo un periodo di non oltre 10-12 anni. Infine, nel caso di fanghi inadatti all'utilizzo agricolo, questa tecnica potrebbe richiedere la impermeabilizzazione del terreno al di sotto della vegetazione, per evitare la percolazione in falda di metalli e composti organici non biodegradabili.

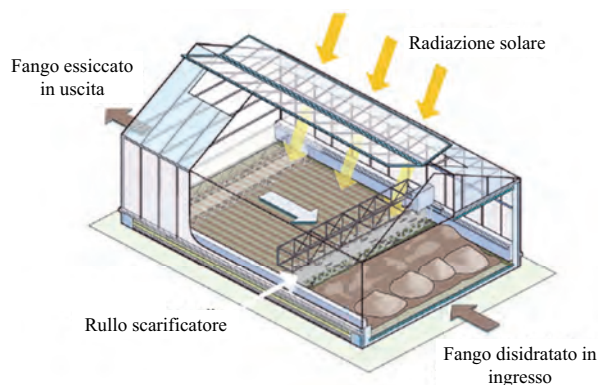


Figura 24 – Schema di un impianto per essiccamento solare (Suez, 2019b)

#### 7.8.4. Essiccamento solare

L'essiccamento solare (Figura 24) permette la disidratazione del fango tramite irradiazione solare in serre apposite, ottenendo contenuti di SS finali pari a circa l'85%. Questo processo consiste in una soluzione economicamente ed ambientalmente favorevole. Solitamente i sistemi di essiccamento solare non vengono utilizzati per fanghi primari non digeriti a causa della produzione di odori sgradevoli e l'elevato contenuto di SS finale, superiore al 90%, richiesto per poter rientrare nella classe A dei biosolidi (definiti come solidi provenienti da trattamenti delle acque reflue che, previa stabilizzazione, possono essere utilizzati come ammendante agricolo). I biosolidi di classe A, per poter essere smaltiti senza restrizioni in agricoltura, devono rispettare standard rigorosi per quanto riguarda il contenuto di metalli, gli odori e l'attrazione di possibili vettori di malattie, con concentrazioni di patogeni praticamente non rilevabili (Norma U.S. EPA). Questa tecnologia viene quindi maggiormente utilizzata sui fanghi stabilizzati, i quali rientrano nella classe A dei biosolidi a valori di SS inferiori (SS del 75%).

La serra utilizzata per l'essiccamento è costituita da una struttura a base rettangolare, una camera traslucida, dei sensori per misurare le condizioni atmosferiche, dei deflettori d'aria, delle ventole di circolazione e ventilazione, un dispositivo elettromeccanico mobile che agita e muove i fanghi essiccati e un microprocessore che controlla l'ambiente. Questo sistema permette anche la disidratazione di fango liquido ma necessita di aree maggiori e spesso questo fattore riduce il vantaggio derivante dall'eliminazione della fase di disidratazione meccanica di disidratazione. L'essiccamento solare è più adatto per ambienti tropicali o aridi, tuttavia ci sono installazioni anche in paesi del nord o in montagna.

#### 7.8.5. Geofiltro tubolare

Recentemente è stata sviluppata un'innovativa tecnologia di disidratazione che prevede l'impiego di geofiltri tubolari (Figura 25): si tratta di contenitori tubolari flessibili con superficie filtrante in grado di drenare i liquidi e di trattenere al suo interno le particelle solide. I geofiltri sono in grado di funzionare sia in continuo che in discontinuo, permettono di realizzare strutture per lo stoccaggio dei fanghi direttamente in sito, hanno ridotti consumi energetici e costi di esercizio e gestione contenuti. La maturazione del sedimento dipende dalla natura del fango trattato e, orientativamente, può richiedere tempi dell'ordine di qualche mese. I geofiltri tubolari sono realizzati con filtri in polipropilene ad elevata permeabilità, inerzia chimica e resistenza a trazione: essi hanno elevata affidabilità e richiedono una manutenzione pressoché nulla. Ciascun geofiltro può sostenere portate di fango fino a 2000 m<sup>3</sup>/h. Al termine del processo di disidratazione, il materiale, ormai consolidato e con un contenuto di SS fino al 50%, può essere facilmente rimosso e smaltito (Nuove Tecnologie Ambientali S.r.l., 2019).

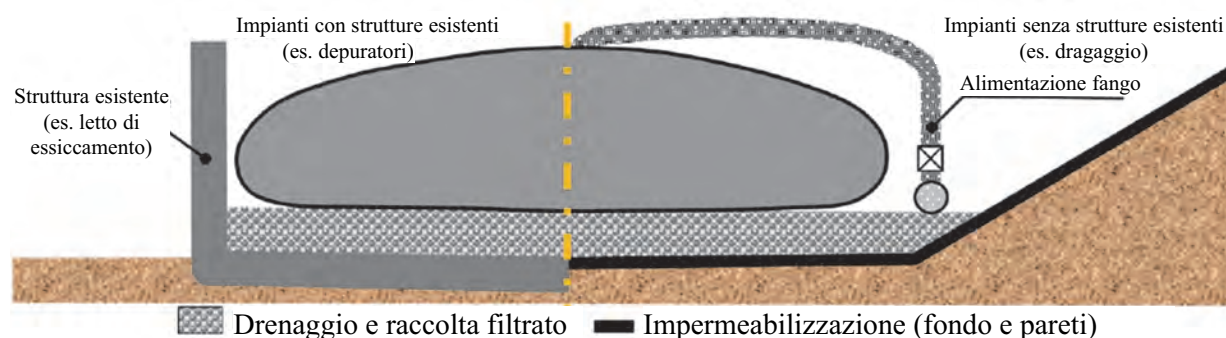


Figura 25 – Schema di un geofiltro tubolare (Nuove Tecnologie Ambientali S.r.l., 2019)



## 8. CONFRONTO TRA LE TECNOLOGIE DI DISIDRATAZIONE

La *Tabella 18* elenca sinteticamente vantaggi e svantaggi delle diverse tecnologie di disidratazione dei fanghi di depurazione.

È evidente come ogni tecnologia abbia pro e contro per la sua applicazione all'interno di un impianto di depurazione. Tuttavia, le dimensioni dell'impianto, le portate da trattare e la destinazione finale del fango per lo smaltimento sono tre fattori importanti da tenere in considerazione.

*Tabella 18 – Vantaggi e svantaggi delle diverse tecnologie utilizzate per la disidratazione dei fanghi*

Metodo di disidratazione	Vantaggi	Svantaggi
<b>Centrifuga</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemi di odore ridotti</li> <li>• Avvio e arresto rapido</li> <li>• Facilità di installazione</li> <li>• Design compatto</li> <li>• Produzione di fango relativamente asciutto</li> <li>• Costo del capitale relativamente basso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenzione frequente dovuta all'elevata usura</li> <li>• Elevato consumo energetico</li> <li>• Alta rumorosità e vibrazioni</li> <li>• Necessità di personale qualificato per la manutenzione</li> <li>• Contenuto di solidi sospesi nel centrato superiore ai sistemi di filtrazione</li> <li>• Richiesti pretrattamenti di rimozione di sabbia</li> <li>• Ottimizzazione delle prestazioni limitata a causa della zona di disidratazione nascosta</li> </ul>
<b>Filtropressa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzione di fango ad elevato contenuto di secco</li> <li>• Alto indice di cattura dei solidi</li> <li>• Funzionamento semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operazione discontinua</li> <li>• Elevato costo dell'apparecchiatura</li> <li>• Alti costi operativi</li> <li>• Requisiti speciali per la struttura di supporto</li> <li>• Elevata superficie richiesta</li> <li>• Maggiore produzione di solidi dovuti ad elevate quantità di prodotti chimici</li> <li>• Limitazioni sulla durata del filtro</li> </ul>
<b>Nastropressa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo di energia relativamente basso</li> <li>• Costi del capitale e di funzionamento relativamente bassi</li> <li>• Facilità di manutenzione</li> <li>• Produzione di fango ad elevato contenuto di secco</li> <li>• Facilità di spegnimento del sistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevata richiesta di acqua di lavaggio</li> <li>• Possibile formazione di aerosol</li> <li>• Richiesti pretrattamenti di rimozione di sabbia</li> <li>• Elevata sensibilità alle caratteristiche dei fanghi in ingresso</li> <li>• Vita media breve rispetto ad altri dispositivi che utilizzano supporti in tessuto</li> <li>• Possibile intasamento del tessuto</li> </ul>
<b>Pressa a maniche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzione di fango ad elevato contenuto di secco</li> <li>• Alto livello di automazione e flessibilità</li> <li>• Bassa rumorosità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevato consumo energetico</li> </ul>
<b>Pressa a vite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bassa velocità (0,3 – 1,5 rpm)</li> <li>• Bassa rumorosità (&lt;68 dBA)</li> <li>• Il design non permette la fuoriuscita di odori e aerosol</li> <li>• Consumo di energia relativamente basso</li> <li>• Il sovraddosaggio di polimero non ostruisce il vaglio e non ostacola la disidratazione</li> <li>• La bassa forza di taglio riduce gli odori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I limiti di capacità richiedono più unità per gli impianti medio-grandi</li> <li>• L'acqua di lavaggio è necessaria periodicamente per tutto il tempo del ciclo operativo</li> <li>• Ottimizzazione delle prestazioni limitata a causa della zona di disidratazione nascosta</li> </ul>
<b>Pressa rotativa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bassa velocità (0,5 – 2,5 rpm)</li> <li>• Bassa rumorosità (&lt;68 dBA)</li> <li>• Il design non permette la fuoriuscita di odori e aerosol</li> <li>• Il sovraddosaggio di polimero non ostruisce il vaglio e non ostacola la disidratazione</li> <li>• Acqua di lavaggio utilizzata solo durante lo spegnimento del sistema</li> <li>• La bassa forza di taglio riduce gli odori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevato spazio richiesto in rapporto alla capacità di disidratazione</li> <li>• I limiti di capacità richiedono più unità per gli impianti medio-grandi</li> <li>• Ottimizzazione delle prestazioni limitata a causa della zona di disidratazione nascosta</li> </ul>
<b>Elettro-disidratazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funzionamento automatico</li> <li>• Buoni risultati per fanghi poco disidratabili</li> <li>• Miglioramento degli odori e abbattimento degli agenti patogeni sul fango</li> <li>• Buona flessibilità per le caratteristiche dei fanghi in ingresso</li> <li>• Risparmio energetico 3-5 volte superiore rispetto agli essiccatori termici in relazione al contenuto di SS ottenibile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costi di capitale da moderati ad elevati</li> <li>• Non adatto per grandi impianti</li> <li>• Contenuto di solido secco finale del 45-50%</li> <li>• Difficile prevedere la prestazione senza preliminari test in laboratorio</li> <li>• Richiede trattamento degli odori</li> <li>• Necessaria disidratazione preliminare per ottenere un contenuto di solido del 10-25%</li> <li>• Consumi energetici superiori ai sistemi di filtrazione tradizionali</li> </ul>
<b>Letto di essiccamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basso costo del capitale se il terreno è a disposizione</li> <li>• Non necessita di operatori specializzati</li> <li>• Basso consumo energetico</li> <li>• Poco o nessun consumo di additivi chimici</li> <li>• Poco sensibile alla variabilità dei fanghi</li> <li>• Maggiore contenuto di solidi rispetto ai metodi meccanici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Richiede ampi spazi su terreni</li> <li>• Richiede tempi lunghi</li> <li>• Bassa flessibilità</li> <li>• Richiede fango stabilizzato</li> <li>• La progettazione deve tenere in considerazione il clima</li> <li>• Contenuto di solidi sospesi moderatamente elevato nel filtrato</li> <li>• Può attrarre insetti</li> <li>• La rimozione del fango essiccato richiede lavoro intenso</li> </ul>
<b>Lagunaggio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basso consumo energetico</li> <li>• Nessun consumo di additivi chimici</li> <li>• La materia organica è ulteriormente stabilizzata</li> <li>• Basso costo del capitale se il terreno è a disposizione</li> <li>• Minima specializzazione degli operatori per il funzionamento intenso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenziale vettore di odori</li> <li>• Potenziale inquinamento delle acque sotterranee</li> <li>• Sfruttamento del terreno più intensivo rispetto ai metodi meccanici</li> <li>• L'aspetto potrebbe essere sgradevole</li> <li>• La progettazione richiede di tenere in considerazione il clima</li> </ul>
<b>Fito-disidratazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maggiore contenuto di solidi rispetto ai metodi meccanici</li> <li>• Alta flessibilità rispetto ai carichi in ingresso</li> <li>• Bassa produzione di percolato</li> <li>• Assenza di problemi igienici</li> <li>• Buona integrazione paesaggistica con il territorio circostante</li> <li>• Costi operativi e di manutenzione ridotti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Richiede ampi spazi su terreni pianeggianti</li> <li>• Non è applicabile in zone sottoposte a dilavamento eccessivo</li> <li>• Necessita metiatura periodica delle piante</li> <li>• Può attrarre insetti</li> </ul>
<b>Essiccamento solare</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenuto di solidi molto elevato</li> <li>• Non produce odori</li> <li>• Costi operativi e di manutenzione ridotti</li> <li>• Alto livello di automazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Richiede ampi spazi su terreni</li> <li>• Preferibile l'utilizzo su fango già disidratato</li> <li>• Richiede fango stabilizzato</li> <li>• La progettazione richiede di tenere in considerazione il clima</li> </ul>
<b>Geofiltro tubolare</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pretrattamenti non necessari</li> <li>• Elevate portate (&gt; 400 m<sup>3</sup>/h)</li> <li>• Elevata qualità del filtrato</li> <li>• Bassi consumi energetici</li> <li>• Bassi costi di gestione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Richiede ampi spazi su terreni</li> </ul>

Tabella 19 – Valori medi del contenuto di SS in diverse tipologie di fango ottenuti con centrifuga, filtropressa, nastropressa, pressa a vite, pressa rotativa e processo di disidratazione elettro-assistita

Tipo di fango	SS fango disidratato (%) – VALORI MEDI					
	Centrifuga	Filtropressa	Nastropressa	Pressa a vite	Pressa rotativa	Elettro-disidratazione
<b>Non stabilizzato</b>						
Primario	34,2	<b>45,0</b>	27,2	35,0	36,5	39,0
Primario + Attivo	30,0	34,0	22,7	30,0	26,0	<b>36,0</b>
Attivo	18,0	<b>28,0</b>	16,0	18,5	15,5	-
<b>Stabilizzato anaerobicamente</b>						
Primario	<b>35,0</b>	30,0	29,5	25,0	27,0	-
Primario + Attivo	28,0	<b>39,5</b>	21,2	21,0	21,5	-
Attivo	-	-	18,0	20,0	14,5	-
<b>Stabilizzato aerobicamente</b>						
Attivo	21,5	-	16,5	17,5	36,5	<b>37,0</b>

Limitandosi alle considerazioni relative al contenuto di SS finale, i valori medi riportati in *Tabella 19* mettono nuovamente in evidenza come filtropressa e, in minor misura, centrifuga siano i processi più efficienti. La disidratazione elettro-assistita porta ovviamente a contenuti di SS finali elevati, ma a discapito di consumi energetici maggiori.

Per meglio confrontare le diverse tecnologie di disidratazione, la *Figura 26* mostra gli intervalli di consumi energetici, portate di fango in ingresso e valori di SS in uscita. Appare evidente come centrifughe e filtropresse coinvolgano maggiori consumi energetici specifici rispetto agli altri metodi di disidratazione, ma con efficienze di disidratazione, in termini di SS finali e di portate trattate, maggiori. Limitandosi ad un'analisi relativa alle prestazioni, la filtropressa appare la migliore

candidata per la disidratazione dei fanghi di depurazione. Tuttavia, per trattare le stesse portate di fango di una centrifuga, una filtropressa richiede maggiori ingombri, ha un minore livello di automazione e il condizionamento con cloruro ferrico e calce è causa di aumento considerevole dei volumi. La pressa rotativa e la pressa a vite trattano invece portate molto inferiori, con valori finali di SS solitamente minori del 25%, mentre la nastropressa si colloca a valori intermedi. Geofiltri tubolari e letti di essiccamento, ovviamente, hanno consumi energetici specifici di molto inferiori, con una buona resa in termini di SS finale. In conclusione, La *Tabella 20* riassume graficamente il confronto di alcune caratteristiche da tenere in considerazione per la scelta della tecnologia di disidratazione in un impianto di depurazione.

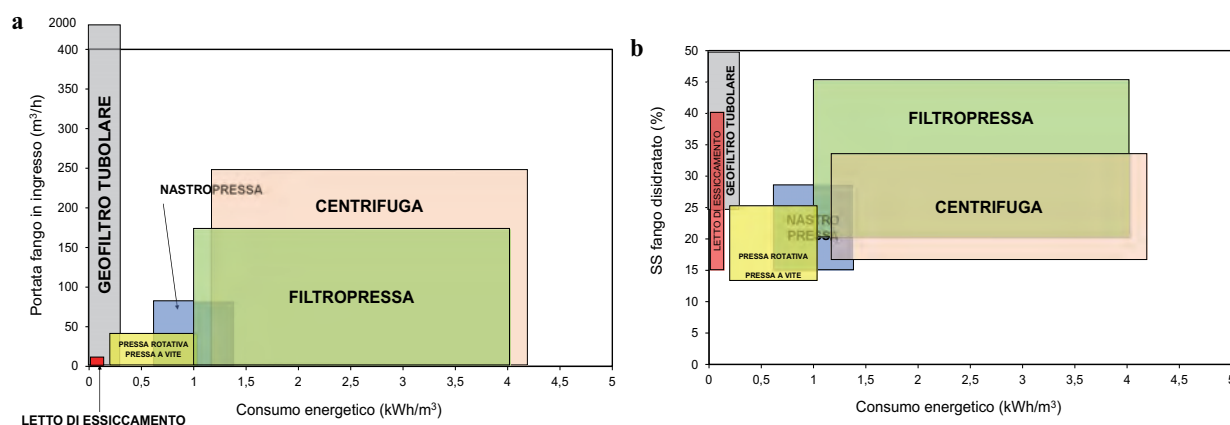


Figura 26 – Efficienze di disidratazione delle diverse tecnologie di disidratazione: (a) consumo energetico vs. portata di fango in ingresso e (b) consumo energetico vs. contenuto di SS nel fango disidratato (Nuove Tecnologie Ambientali S.r.l., 2019)

Tabella 20 – Confronto tra le diverse tecnologie di disidratazione dei fanghi

	Centrifuga	Filtropressa	Nastropressa	Pressa a vite	Pressa rotativa	Elettro-disidratazione
Ingombro	■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■	■ ■	■ ■ ■
Consumo energetico	💡 💡 💡 💡	💡 💡 💡	💡 💡	💡	💡 💡 💡	💡 💡 💡 💡
Efficienza disidratazione	😊 😊 😊	😊 😊 😊 😊	😊 😊	😊 😊	😊 😊	😊 😊 😊 😊
Manodopera	👤	👤 👤 👤	👤 👤	👤	👤	👤 👤
Rumore	🔊 🔊 🔊 🔊	🔊 🔊 🔊	🔊 🔊	🔊	🔊	🔊 🔊
Costi di manutenzione	🔧 🔧 🔧 🔧	🔧 🔧	🔧 🔧 🔧	🔧	🔧	🔧 🔧 🔧 🔧
Costi operativi	€ € € €	€ € €	€ € €	€	€ €	€ € € € €

## 9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Ace Korea Incorporation Co. LTD, 2019. Elode.
- Acqua aria: mensile di scienze e tecniche ambientali, 1987.
- AMCON, 2019. AMCON's VOLUTE technology [WWW Document]. URL <https://en.amcon.co.jp/products/volute/features1/> (accessed 10.11.19).
- Andreoli C.V., von Sperling M., Fernandes F., Vitorio Andreoli C., von Sperling M., Fernandes F., 2007. Biological Wastewater Treatment Series – Sludge Treatment and Disposal. IWA Publishing, London.
- APHA/AWWA/WEF, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Stand. Methods 541. ISBN 978-087553-013-0  
<http://www.standardmethods.org/>
- Arimieari L.W., Ademiluyi J.O., 2019. Effect of sludge compressibility coefficient on sludge filtration resistance. Int. J. Sci. Eng. Res. 10, 631-637.
- BDP Industries, 2015. Model 2VP Belt Filter Press.
- Beckart Environmental, 2019. Filter Press Manufacturer Specializes in Dewatering Industrial and Municipal Sludges with Over 2000 Recessed Plate Filter Presses Installed Worldwide [WWW Document]. URL [http://www.beckart.com/wastewater\\_treatment/filter\\_presses.php](http://www.beckart.com/wastewater_treatment/filter_presses.php) (accessed 10.14.19).
- Bertanza G., Papa M., Canato M., Collivignarelli M.C., Pedrazzani R., 2014. How can sludge dewatering devices be assessed? Development of a new DSS and its application to real case studies. J. Environ. Manage. 137, 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.02.002>
- Boeep, 2019. Volute screw press [WWW Document]. URL <https://www.chinaboep.com/Volute-Screw-Press-id592137.html> (accessed 10.15.19).
- Bucher Unipektin, 2019. Sludge dewatering technology.
- Chu C., Lee D., 2001. Experimental analysis of centrifugal dewatering process of polyelectrolyte flocculated waste activated sludge. Water Res. 35, 2377-2384. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00539-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00539-X)
- Degremont S., 2019. Conventional recessed plate filter press [WWW Document]. URL <https://www.suezwaterhandbook.com/processes-and-technologies/liquid-sludge-treatment/filter-press/conventional-recessed-plate-filter-press>
- Drusiani R., 2017. L'utilità di un approccio aperto per la valorizzazione dei fanghi di depurazione, in: Ecomondo. Rimini.
- Erdinçler A., Vesilind P.A., 2000. Effect of sludge cell disruption on compactibility of biological sludges. Water Sci. Technol. 42, 119-126. <https://doi.org/10.2166/wst.2000.0185>
- Eshtiaghi N., Markis F., Yap S.D., Baudez J.-C., Slatter P., 2013. Rheological characterisation of municipal sludge: A review. Water Res. 47, 5493-5510. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.001>
- Eurostat, 2016. Sewage sludge production and disposal [WWW Document]. URL [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_ww\\_spd&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ww_spd&lang=en)
- FA. IMP. Impianti Trattamento Acque, 2014. Lagunaggio aerato [WWW Document]. URL <http://www.faimp.it/portfolio/lagunaggio-aerato/> (accessed 10.15.19).
- Feng J., Wang Y.L., Ji X.Y., 2014. Dynamic changes in the characteristics and components of activated sludge and filtrate during the pressurized electro-osmotic dewatering process. Sep. Purif. Technol. 134, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.07.019>
- Flottweg, 2016. The new Xelleto Series.
- He D.-Q., Zhang Y.-J., He C.-S., Yu H.-Q., 2017. Changing profiles of bound water content and distribution in the activated sludge treatment by NaCl addition and pH modification. Chemosphere 186, 702-708. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.045>
- IRIDRA srl, 2019. Fitodisidratazione fanghi [WWW Document]. URL <http://www.iritra.eu/it/fitodepurazione/applicazioni/fito-fanghi-2.html> (accessed 8.29.19).
- IRSA-CNR, 1984. Quaderni Ist. Ric. Acque, 64, Metodi Analitici per i Fanghi.
- Jin B., Wilén B.M., Lant P., 2004. Impacts of morphological, physical and chemical properties of sludge flocs on dewaterability of activated sludge. Chem. Eng. J. 98, 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2003.05.002>
- Kopp J., Dichtl N., 2001. Influence of the free water content on the dewaterability of sewage sludges. Water Sci. Technol. 44, 177-183.
- Lin F., Zhu X., Luo Y., Yu P., Liu M., 2019. Improvement of activated sludge dewatering properties using green conditioners: Chitosan hydrochloride and lysozyme. RSC Adv. 9, 6936-6945. <https://doi.org/10.1039/c8ra10349f>

- Mahmoud A., Olivier J., Vaxelaire J., Hoadley A.F.A., 2011. Electro-dewatering of wastewater sludge: Influence of the operating conditions and their interactions effects. *Water Res.* 45, 2795-2810. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.02.029>
- Mahmoud A., Olivier J., Vaxelaire J., Hoadley A.F.A., 2010. Electrical field: A historical review of its application and contributions in wastewater sludge dewatering. *Water Res.* 44, 2381-2407. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.01.033>
- Marinetti M., 2007. Condizionamento e disidratazione dei fanghi. Politecnico di Milano.
- Metawater, 2019. Rotary press filter [WWW Document]. URL [http://www.metawater.co.jp/eng/product/plant/sewer/rotary\\_press/](http://www.metawater.co.jp/eng/product/plant/sewer/rotary_press/) (accessed 9.3.19).
- Metcalf & Eddy, AECOM (Eds.), 2014. *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*. McGraw Hill Education, New York.
- Nuove Tecnologie Ambientali S.r.l., 2019. Dewatering fanghi con geofiltri tubolari.
- Orbicon, 2019. Treatment of sludge in sludge treatment reed beds [WWW Document]. URL <https://www.orbicon.com/expertise/treatment-of-sludge-in-sludge-treatment-reed-beds> (accessed 10.15.19).
- Ovivo, 2019. Cinetik(R) Linear Electro-dewatering.
- Phuong To V.H., Nguyen T.V., Vigneswaran S., Ngo H.H., 2016. A review on Sludge Dewatering Indices. *Water Sci. Technol.* 75, 1-23. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.102>
- Porteous G.C., 1983. *Dewatering Sewage Sludge by Centrifuge*. London.
- Sanin F.D., Clarkson W.W., Vesilind P.A., 2011. *Sludge Engineering: The Treatment and Disposal of Wastewater Sludges*. DEStech Publications, Inc, Lancaster, Pennsylvania.
- Senthilkannan Muthu S., 2018. *Detox Fashion, Textile Science and Clothing Technology*. Springer Singapore, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-4780-0>
- Siemens, 2019. J-Vap System [WWW Document]. URL <http://corrosion.thomasnet-navigator.com/Asset/J-Vap-Dewatering-and-Drying-System.pdf> (accessed 8.29.19).
- Skinner S.J., Studer L.J., Dixon D.R., Hillis P., Rees C.A., Wall R.C., Cavalida R.G., Usher S.P., Stickland, A.D., Scalles P.J., 2015. Quantification of wastewater sludge dewatering. *Water Res.* 82, 2-13. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.04.045>
- Smith J.K., Vesilind P.A., 1995. Dilatometric measurement of bound water in wastewater sludge. *Water Res.* 29, 2621-2626.
- Spinosa L., Lotito V., 2003. A simple method for evaluating sludge yield stress. *Adv. Environ. Res.* 7, 655-659. [https://doi.org/10.1016/S1093-0191\(02\)00041-2](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(02)00041-2)
- Spinosa L., Mininni G., 1984. Assessment of sludge centrifugability, in: Casey T.J., L.P. and N.P. (Ed.), *Methods of Characterization of Sewage Sludges*. D. Reidel Publishing Company, Dublin, Eire, pp. 16-30.
- Suez, 2019a. DehydrisTM Osmo.
- Suez, 2019b. Natural sludge drying in green house – HeliantisTM [WWW Document]. URL <https://www.suezwater-handbook.com/degremont-R-technologies/sludge-treatment/drying/natural-sludge-drying-in-green-house-Heliantis> (accessed 8.29.19).
- TIM Shredding & Dewatering, 2019. High Performance Dewatering Squeezer [WWW Document]. URL <http://shred-ding-machine.com/index.php/product/dewatering-screw-press/> (accessed 10.15.19).
- To V.H.P., Nguyen T.V., Vigneswaran S., Duc Nghiem L., Murthy S., Bustamante H., Higgins M., 2016. Modified centrifugal technique for determining polymer demand and achievable dry solids content in the dewatering of anaerobically digested sludge. *Desalin. Water Treat.* 57, 25509-25519. <https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1157524>
- Toncin, 2019. HVPF vertical fully-automatic filter press [WWW Document]. URL <http://www.toncin.com/product/872.html> (accessed 9.3.19).
- Tsang K.-W.R., Vesilind P.A., 1990. Moisture distribution in sludges, in: *Water Science and Technology*. pp. 135-142. <https://doi.org/10.2166/wst.1990.0108>
- Tuan P.-A., 2011. *Sewage Sludge Electro-dewatering*. Lap-pee-ranta University of Technology. <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/72598>
- Tuan P.-A., Jurate V., Mika S., 2008. Electro-Dewatering of Sludge Under Pressure and Non-Pressure Conditions. *Environ. Technol.* 29, 1075-1084. <https://doi.org/10.1080/09593330802180294>
- UNI – Ente Italiano di Normazione, 2013. UNI EN 14701-2:2013 Caratterizzazione dei fanghi – Proprietà di filtrazione – Parte 2: Determinazione della resistenza specifica alla filtrazione.
- Vaxelaire J., Cézac P., 2004. Moisture distribution in activated sludges: A review. *Water Res.* 38, 2214-2229. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.02.021>
- Vesilind P.A., Hsu C.-C., 1997. Limits of sludge dewaterability. *Water Sci. Technol.* 36, 87-91. [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00673-2](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00673-2)
- Vesilind P.A., Martel C.J., 1990. Freezing of water and wastewater sludges. *J. Environ. Eng. (United States)* 116, 854-862. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1990\)116:5\(854\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1990)116:5(854))
- Wastewater 101, 2019. Study Time Treatment Plant (Discussion) – Solids Handling [WWW Document]. URL <https://wastewater101.net/2018/10/study-time-treatment-plant-discussion-solids-handling-8/> (accessed 10.15.19).
- Weng C.H., Lin Y.T., Yuan C., Lin Y.H., 2013. Dewatering of bio-sludge from industrial wastewater plant using an electrokinetic-assisted process: Effects of electrical gradient. *Sep. Purif. Technol.* 117, 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.06.013>
- Wu C.C., Wu J.J., Huang R.Y., 2003. Floc strength and dewatering efficiency of alum sludge. *Adv. Environ. Res.* 7, 617-621. [https://doi.org/10.1016/S1093-0191\(02\)00048-5](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(02)00048-5)
- Wu R., Lee D., Wang C., Chen J., Tan R.B., 2001. Novel cake characteristics of waste-activated sludge. *Water Res.* 35, 1358-1362. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00513-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00513-3)
- Zhang W.J., Sun K.C., 2012. Comparative analysis of the measurement methods of bound water content in municipal sewage sludge. *Adv. Mater. Res.* 518-523, 2991-2995. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.518-523.2991>

## RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca ha ricevuto finanziamenti dal *Seventh Framework Programme* dell'Unione Europea nell'ambito del progetto n. 611593 "SLUDGE-treat".

# VALUTAZIONE DEI SERVIZI WASH NELLE SCUOLE DI ANÁPOLIS, BRASILE

Carmencita Tonelini Pereira<sup>1\*</sup>, Sabrina Sorlini<sup>1</sup>, Sara Pugliese<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Università di Brescia, Dip. di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica (DICATAM), Brescia.

<sup>2</sup> Università di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Pavia.

**Sommario** – La presente ricerca intende valutare il livello dei servizi WaSH (acqua, sanità e igiene) in dieci scuole pubbliche di primo grado del Comune di Anápolis, in Brasile, le quali accolgono un totale di 3.816 studenti e 205 professori. La valutazione WaSH è stata realizzata attraverso i criteri dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e le indicazioni del Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP). Successivamente, sono stati realizzati il campionamento e l'analisi microbiologica delle acque potabili. Delle dieci scuole considerate, nove sono situate nella zona urbana e una in quella rurale. Le scuole urbane usano come fonte di approvvigionamento idrico la rete pubblica comunale, la cui acqua è trattata tramite clorazione; la scuola rurale, invece, utilizza un pozzo artesiano protetto. Le analisi microbiologiche hanno rilevato la presenza di *Escherichia coli* nel 50% delle scuole. L'UNICEF e l'OMS hanno stabilito che le scuole devono disporre di una toilette ogni 25 ragazze e di una toilette più un orinatoio ogni 50 ragazzi. Basandosi su questi parametri nel 100% delle scuole il numero di servizi igienici è insufficiente. In tutte le scuole sono presenti strutture per il lavaggio delle mani, ma il sapone non è disponibile. I servizi WaSH per l'acqua potabile sono stati valutati nel 50% delle scuole come avanzati perché riescono a fornire acqua da fonti migliorate, in quantità sufficiente, disponibile e accessibile a tutti, priva di contaminazione microbiologica e con un numero di fontanelle adeguate al numero di bambini. Il restante 50% delle scuole hanno invece servizi considerati di base perché l'acqua è contaminata da coliformi fecali. Per la *sanitation*, si è rilevato che il 70% delle scuole hanno un livello di servizio considerato limitato, ossia esistono strutture sanitarie, separate per sesso, ma che non funzionano adeguatamente. Per quanto riguarda l'igiene, il livello del servizio è limitato nel 100% delle scuole poiché è presente l'impianto dove lavarsi le mani, ma senza sapone.

**Parole chiave:** acqua potabile, acqua di scarico, igiene, WaSH in schools, SDG6.

## EVALUATION OF WASH SERVICES IN SCHOOLS OF THE MUNICIPALITY OF ANÁPOLIS, BRAZIL

**Abstract** – The supply of drinking water, the management of wastewater (defined as the supply of structures and services designated for the elimination of human urine and faeces) and hygiene are the key points of the Sustainable Development Goal n. 6

(SDG 6). These three aspects are internationally resumed with the acronym WaSH: water, sanitation and hygiene. This study evaluated the level of the WASH services in 10 public primary schools in the municipality Anápolis (Brazil), involving a total of 3816 students and 205 professors. Anápolis is a Brazilian municipality of the State of Goiás located in the Center-West region of the country, the city is 50 km from the capital Goiania and 140 km from the Federal Capital Brasilia. The WaSH evaluation was done through a questionnaire that was developed following the recommendations of the World Health Organization (WHO) and the Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP). Subsequently the water was collected for the microbiological analysis that was performed by the microbiology laboratory of the State University of Goiás using the criteria of the "Practical Manual of Water Analysis of the National Health Foundation" (FUNASA). Of the 10 schools taken into account, 9 were located in urban areas and 1 in a rural area. Urban schools use the public water system as a source of supply. The water is treated with chlorine by the company Saneago and in schools, water is stored in tanks with a capacity of 5000 L. The rural school instead, uses water coming from a protected artesian well. Students of the 10 schools drink water from the drinking fountains equipped with a ceramic filter with charcoal activated for potabilization. The microbiological analysis revealed the presence of *Escherichia coli* in 50% of the examined schools. Regarding sanitation it emerged that 40% of the schools use an off-site sewage system and that 60% of the schools dispose the wastewater in septic tanks. UNICEF and WHO defined that schools must have at least one toilette for each 25 female students and one toilette and one urinal for each 50 male students. Based on these parameters, all of the 10 schools revealed an insufficient number of toilettes and regarding the accessibility, 40% of the schools didn't have bathrooms suitable for mobility-impaired children. All schools were equipped with handwashing structures, but soap was not available in the restrooms. Hygiene education is taught sporadically, there is not a planned moment for handwashing before meals and the importance of washing hands is not emphasized. In 100% of schools there isn't menstrual hygiene program dedicated to girls. The WaSH services for drinking water were evaluated as advanced in 50% of the schools in Anápolis because they were able to supply water from improved sources, in sufficient quantity, available and accessible to all when necessary and free from microbiological contamination. In the other 50% of the schools examined, the services were considered basic due to

\* Per contatti: Via Branze 43, 25123 Brescia. Tel 3420362462. c.tonelinpereira@unibs.it

water contamination by faecal coliforms. Regarding sanitation, 70% of the schools revealed a service that was considered as limited, because improved sanitary facilities exist, separated per gender, but sometimes they didn't work properly, or they aren't accessible for disable children. The level of hygiene service was considered limited in all schools because there were handwashing structures, but soap was not provided. The research showed that the coordinators of the schools are not aware of the importance of good management of the WaSH services, in this sense, it will be necessary to hold a training course for them. In addition, soap dispensers will be installed in the bathrooms and a hygiene education program will be implemented in the schools of Anápolis.

**Keywords:** *drinking water, sanitation, hygiene, WaSH in schools, SDG 6.*

*Ricevuto il 16-10-2019. Modifiche sostanziali richieste il 14-11-2019. Accettazione il 13-1-2020.*

## 1. INTRODUZIONE

Nel 2015 sono stati definiti i 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (OSS) con 169 targets per porre fine alla povertà, combattere le disuguaglianze e le ingiustizie e affrontare il cambiamento climatico entro il 2030. L'acqua è il tema trattato nell'OSS 6, che mira a "garantire la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e dei servizi igienico-sanitari per tutti" riassunti con l'acronimo WaSH (UNICEF, 2016).

I termini "universale" e "per tutti" dell'OSS 6 sottolineano la necessità di espandere il monitoraggio WaSH e richiedono un'attenzione particolare alle esigenze delle ragazze e delle persone vulnerabili. L'obiettivo 4a introduce il WinS (WaSH in Schools), quale invita a considerare la "percentuale di scuole che hanno accesso a: energia, acqua pulita, servizi igienico-sanitari di base e strutture di base per il lavaggio delle mani", mentre l'obiettivo 1.4 garantisce il diritto di accesso a servizi di base, tra cui acqua potabile, servizio igienico sanitario e igiene (UNICEF, 2018).

È in questo contesto che i servizi WaSH, approssimabili agli obiettivi 6.1 e 6.2 degli OSS, rivestono un'importanza fondamentale nell'avanzamento degli obiettivi verso uno sviluppo sostenibile. In particolare per "servizi WaSH" si intendono tutti quei servizi atti a ridurre l'esposizione delle persone alle malattie, cioè consistono sia in comportamenti che in strutture che contribuiscono, insieme, a formare un ambiente igienico (Zurbrügg, 2018).

Il Target 6.1 descrive il numero di scuole (pre-primarie, primarie e secondarie) con fornitura di acqua potabile "di base". Un servizio è definito "di base"

se la fonte di acqua potabile e le strutture igienico-sanitarie sono considerate migliorate. Una fonte di acqua potabile "migliorata" è quella adeguatamente protetta dalla contaminazione esterna, in particolare dalla materia fecale. Le fonti d'acqua "migliorate" in un ambiente scolastico includono tubature, pozzi o sorgenti protette. Le fonti "non migliorate" includono pozzi o sorgenti non protetti e acque superficiali (ad esempio laghi, fiumi, ruscelli, stagni) o qualsiasi altra fonte in cui l'acqua non sia protetta dall'ambiente esterno (JMP, 2018). Se nella scuola esiste una fonte di acqua potabile migliorata ma l'acqua non è disponibile al momento dell'indagine, il servizio è definito "limitato".

Il target 6.2 descrive il numero di scuole (pre-primarie, primarie e secondarie) con servizi igienico-sanitari "di base". Le strutture igienico-sanitarie di tipo "migliorato" tengono separati gli escrementi dal contatto umano. Le strutture "migliorate" in un ambiente scolastico includono i servizi igienici con scarico, latrine con lastra e servizi igienici per il compostaggio. Le strutture "non migliorate" includono latrine senza protezione o qualsiasi altra struttura in cui gli escrementi umani non sono separati dal contatto umano (JMP, 2018).

Il servizio è definito "inesistente" se l'acqua potabile proviene da una fonte non migliorata o non è presente una fonte d'acqua; se le strutture igienico-sanitarie sono assenti o non migliorate; e se non esistono strutture per il lavaggio delle mani o l'acqua non è disponibile.

Il monitoraggio WaSH si basa sui parametri dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e UNICEF, nonché sulle indicazioni date dai diritti umani concepite al fine di formulare specifiche norme legali. WaSH riflette e include tutti gli elementi dei diritti umani relativi all'acqua e ai servizi igienico-sanitari, compresi la disponibilità, l'accessibilità, la qualità, la quantità e l'accettabilità.

Gli indicatori chiave sono stati creati sulla base del documento *WaSH in Schools Water, Sanitation and Hygiene Standards for Schools in Low-Cost Settings* (Adams et al., 2009) e sui parametri indicati dai diritti umani, ma in seguito ciascuno Stato deve integrarli adattandoli agli standard nazionali e alle domande dei sondaggi. Ogni indicatore si riferisce al criterio di livello di servizio: nessun servizio, limitato, di base o avanzato (Tabella 1).

Nel mondo circa 570 milioni di bambini non accedono a un servizio basilare di fornitura di acqua potabile e nel 19% delle strutture scolastiche non esiste acqua potabile. Per i servizi igienico-sanitari la situazione non è migliore: 620 milioni di bam-

Tabella 1 – Livelli dei servizi per il monitoraggio WASH nelle scuole

Livelli del servizio	Acqua potabile	Servizi igienico-sanitari	Igiene
<b>Avanzato</b>	Acqua disponibile quando necessario, accessibile a tutti e sicura, priva di contaminazione chimica e biologica basata su test di qualità dell'acqua.	Strutture accessibili a tutti, in quantità sufficiente, pulite e adatte all'igiene mestruale.	Impianti di lavaggio delle mani disponibili nei momenti critici e accessibili a tutti; educazione alla salute e all'igiene mestruale e fornitura di prodotti per le ragazze.
<b>Base</b>	Acqua potabile da fonte migliorata disponibile nella scuola.	Strutture migliorate, separate per sesso e utilizzabili nella scuola.	Impianti sanitari per il lavaggio delle mani con acqua e sapone disponibili.
<b>Limitato</b>	Esiste fonte migliorata (acqua canalizzata, pozzo protetto, acqua piovana), ma l'acqua non è disponibile al momento della ricerca.	Ci sono strutture sanitarie migliorate (toilette, latrine, bagno di compostaggio), ma non separate per sesso o non utilizzabili.	Esiste impianto di lavaggio delle mani ma senza sapone.
<b>Senza servizio</b>	Nessuna fonte di acqua o fonte non migliorata (pozzo non protetto, acque superficiali).	Non ci sono strutture migliorate.	Non ci sono strutture per lavare le mani o le strutture non hanno acqua.

Fonte: Manual for Monitoring WASH in Schools in the Sustainable Development Goals (SDGs), JMP 2017.

bini non hanno servizi di base nella propria scuola, il 23% degli istituti non hanno strutture migliorate, la defecazione è all'aperto e 900 milioni di bambini non hanno la possibilità di lavarsi le mani con acqua corrente e sapone. Il 36% delle scuole non presenta nessuna struttura per lavarsi le mani (UNICEF, 2018).

Il Brasile ha raggiunto gli Obiettivi di Sviluppo del Millennio (MDG) i quali si ponevano l'obiettivo di dimezzare, entro il 2015, la percentuale di popolazione senza accesso all'acqua potabile di base. Con l'arrivo degli SDG l'attenzione si è spostata sulle aree più critiche, senza servizi o con servizi di scarsa qualità, e sulle disuguaglianze tra le zone rurali e urbane. Le regioni più critiche sono gli Stati del nord e del nordest (Ministério das Cidades, 2017). Esistono importanti differenze nella distribuzione delle risorse idriche tra le varie zone del Paese. Il Nord grazie al bacino amazzonico presenta abbondanti risorse di acqua, ma è scarsamente popolato e povero. Il Nordest è semiarido e ospita 40 milioni di persone che vivono in condizioni critiche. Il Centro-Ovest, che comprende lo Stato del Goiás, presenta due ecosistemi predominanti, il *cerrado* e le *wetland* del Pantanal, e si dedica all'allevamento e all'agricoltura intensiva. Il Sud rappresenta il centro industriale ed economico del Paese e le più grandi aree urbanizzate che, se da un lato richiedono enormi risorse idriche, dall'altro sono responsabili di un crescente inquinamento. L'acqua è una risorsa fondamentale e necessaria ma rappresenta una questione critica per il Brasile, un Paese con gravi disuguaglianze regionale e socio-economico (Ministério das Cidades, 2017).

Per quanto riguarda l'acqua potabile, la legge principale in Brasile è il *National Water Act* promulgato nel 1997, che definisce gli obiettivi, i principi e

gli strumenti della politica e del sistema di gestione nazionale (Porto, 2000). Per la *sanitation* la *National Basic Sanitation Law* del 2007 (Legge n° 11.445/2007) definisce i servizi igienico-sanitari di base come l'insieme dei servizi, operazioni e infrastrutture per la fornitura di acqua, fognature, gestione dei rifiuti solidi, drenaggio e gestione delle acque piovane. La legge regola la raccolta e il trattamento dell'acqua potabile e delle acque reflue e sancisce le principali politiche, i ruoli e le responsabilità legate all'approvvigionamento idrico e l'igiene. Tale legge stabilisce la necessità di un piano nazionale (PLANSAB) per i servizi igienico-sanitari.

Nel 2013 è stato creato il PLANSAB, il quale dà priorità all'eliminazione della defecazione all'aperto, al raggiungimento dell'accesso universale all'acqua gestita in modo sicuro e al raggiungimento di almeno il 92% degli accessi ai servizi igienici gestiti in modo sicuro entro il 2033. Inoltre, secondo il piano, l'ampliamento dell'accesso a WaSH aiuta a ridurre le disuguaglianze regionali e locali, in accordo con gli SDG (Dias et al., 2017). Dal 2007 al 2017 le risorse finanziarie per il settore WaSH e per le politiche idriche e igienico-sanitarie in Brasile sono aumentate notevolmente e sono stati compiuti enormi sforzi per combattere le disuguaglianze riducendo, in particolare, la povertà estrema attraverso il programma "Brasil sem miséria".

Il miglioramento dei servizi WaSH nelle scuole, dove i bambini trascorrono la maggior parte delle loro giornate, influisce sulla salute degli studenti e sul loro grado di apprendimento (UNICEF 2015). Fornire acqua potabile e strutture igienico-sanitarie adeguate sono i primi passi fondamentali per la creazione di un ambiente di apprendimento sano e adatto ai bambini. Tuttavia, nel mondo e in parti-

colare nei Paesi in via di sviluppo, i servizi WaSH nelle scuole non sono garantiti (Adams et al. 2009). Si calcola che, in tutto il mondo, circa 443 milioni di giorni di scuola sono persi a causa di condizioni non adeguate dei servizi idrici e igienico-sanitari. Lavarsi le mani con sapone può ridurre il rischio di diarrea del 42-48% e la presenza di patogeni di origine fecale sulle mani (Greene et al. 2012).

Nonostante i progressi registrati negli ultimi anni, le disuguaglianze in ambito scolastico in materia di acqua, servizi igienico-sanitari e igiene rimangono pronunciate in molte parti del mondo (UNICEF, 2018). Strutture adatte che assicurino privacy e dignità, sistemi di chiusura delle porte e presenza di acqua corrente per potersi lavare correttamente permettono di combattere l'assenteismo. Numerosi questionari e sondaggi mostrano come le ragazze abbiano problemi a frequentare la scuola durante le mestruazioni a causa di strutture inadeguate, assenza di acqua corrente e di assorbenti (Sommer et al. 2010, Jasper et al. 2012).

Il lavaggio delle mani e la gestione dell'igiene mestruale sono considerate priorità universali da raggiungere entro il 2030, in modo che alle ragazze siano offerte le stesse opportunità e l'accesso all'istruzione.

Senza strutture WaSH accessibili nella scuola, le percentuali di abbandono sono elevate, soprattutto per i bambini con disabilità. Il modo più economico per migliorare l'accesso per tutti i bambini è inserire nei progetti iniziali strutture accessibili a tutti, bagni con appoggi, rampe d'accesso e strutture per lavare le mani adatte a disabili e a bambini piccoli (UNICEF, 2018). Tuttavia le strutture non ba-

stano. L'equità è sostenuta e promossa nei programmi WinS, garantendo strutture pulite e accessibili a tutti gli studenti, con un'attenzione maggiore ai soggetti più vulnerabili.

## 2. MATERIALI E METODI

Da settembre a dicembre 2018 è stata condotta una ricerca in dieci scuole pubbliche di primo grado del Comune di Anápolis (Fig. 1), di cui nove in area urbana e una in zona rurale, con l'obiettivo di valutare il livello dei servizi WaSH delle scuole coinvolgendo un totale di 3.816 studenti e 205 professori. Il criterio usato per selezionare le istituzioni è stato la distribuzione geografica e la ricerca è stata autorizzata dalla Segreteria d'Istruzione di Anápolis. Anápolis è un comune brasiliano di 381.970 abitanti (IBGE, 2018) situato nello Stato del Goiás, nella regione Centro-Ovest del Brasile, a 50 km dalla capitale dello Stato, Goiânia, e a 140 km dalla capitale federale Brasília. Della popolazione stimata, il 48,8% sono uomini e il 51,2% donne. È la terza città dello Stato per numero di persone e la seconda più grande per potenza economica. Dal 1976, infatti, si è affermata come polo industriale, principalmente nel settore farmaceutico. Il censimento nel settore dell'istruzione mostra che ad Anápolis esistono 141 scuole pubbliche con 61.196 studenti immatricolati. Tra queste, 96 sono scuole comunali di primo grado con 32.175 studenti iscritti e di queste 43 (il 44%) non dispongono di un sistema pubblico di raccolta e trattamento delle acque reflue (MEC/INEP, 2017). Secondo l'IBGE (2018), solo il 45,5% della popolazione di Anápolis dispone di mezzi per la rac-



Figura 1 – Localizzazione delle scuole di Anápolis, Brasile



colta e il trattamento delle acque reflue, mentre il 53,8% possiede una fossa biologica. Per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico, il 72% della popolazione ha fornitura di acqua potabile proveniente dal fiume João Leite, che è potabilizzata e distribuita dall'ente pubblico Saneago. L'impianto di potabilizzazione depura l'acqua della diga João Leite, che rifornisce l'intera zona di Goiânia, Anápolis e altre città. La filiera di trattamento è costituita da coagulazione, flocculazione, sedimentazione, filtrazione, disinfezione e fluorazione.

La valutazione è stata realizzata attraverso questionari, interviste, osservazione, campionamento e analisi microbiologica dell'acqua. Il questionario è stato elaborato utilizzando le linee guida dell'UNICEF e dell'OMS: *WASH in Schools Monitoring Package* (2016); *Core questions and indicators for monitoring WASH in Schools in the Sustainable Development Goals* (2011) e *Manual Joint monitoring programme for water supply, sanitation and hygiene in schools* (2018).

Il questionario è stato diviso in quattro sezioni: informazioni generali sulla scuola; acqua potabile (17 domande); servizi igienico-sanitari (13 domande) e igiene (14 domande).

Le scuole sono state valutate conformemente agli indicatori della Tabella 1 e classificate in tre categorie: servizio limitato, di base e avanzato.

In seguito sono stati realizzati il campionamento e l'analisi microbiologica delle acque potabili presso il laboratorio di microbiologia dell'Università Statale del Goiás, usando i criteri del *Manuale Pratico di Analisi dell'acqua della Fondazione Nazionale di Sanità* (FUNASA). La procedura utilizzata per l'analisi microbiologica è stata il metodo del *Most Probable Number* (MPN), che ha permesso di valutare la presenza o l'assenza di coliformi totali e, in particolare, di *Escherichia coli* nell'acqua.

Per ogni scuola sono stati realizzati due campionamenti di acqua, il primo nel mese di ottobre e il secondo a novembre 2018. In ogni istituto è stata prelevata acqua dal rubinetto della cucina e dalla fontanella di acqua potabile (*bebedouro*). Le due campagne di raccolta sono state realizzate sempre nello stesso orario e dagli stessi rubinetti.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

La valutazione dei servizi WaSH richiede un attento studio sulla qualità dell'acqua potabile e sullo smaltimento delle acque reflue, sulla presenza di toilette e impianti per il lavaggio delle mani con sapone e sulla responsabilità della manutenzione e delle riparazioni del sistema idrico e igienico-sanitario della scuola.

La Figura 2 mostra il numero di studenti e professori divisi per sesso; si nota che 50% degli studenti sono di sesso femminile, mentre per i professori 92% sono donne.

#### 3.1. Acqua potabile

L'UNICEF e l'OMS affermano che la scuola deve fornire in ogni momento un punto d'acqua affidabile e accessibile per il personale e gli scolari, compresi quelli con disabilità. Devono essere osservati i seguenti rapporti:

- 1 punto d'acqua per 12 studenti in età prescolare;
- 1 punto d'acqua per 20 studenti al di sopra del livello prescolare;
- 1 punto d'acqua per 10 membri del personale;
- acqua microbiologicamente libera di *E. coli* o batteri coliformi termotolleranti in 100 mL;
- l'acqua di fonte non protetta deve essere trattata per garantire la sicurezza microbiologica;
- la quantità minima di acqua necessaria per tutti gli studenti e i funzionari è di 5 L/hab/d.



Figura 2 – Percentuale di studenti e insegnanti per sesso

- la quantità d'acqua per lo sciacquone è di 10-20 L/hab/d.

Gli indicatori stabiliscono la principale fonte di acqua potabile della scuola; la disponibilità d'acqua in considerazione della differenza tra la scarsità diurna e i periodi dell'anno in cui l'acqua non è generalmente disponibile, le pratiche di trattamento delle acque e la conformità con le norme nazionali basate su test di qualità dell'acqua, accessibilità e accessibilità per le persone con mobilità ridotta, i bambini piccoli e il numero di fonti di acqua potabile presenti nella scuola (UNICEF, 2018). Per quanto riguarda l'acqua potabile, il 100% delle scuole ha una fonte di approvvigionamento idrico "migliorata", cioè protetta adeguatamente da contaminazione esterna, in particolare dalla materia fecale. Le fonti d'acqua "migliorate" in un ambiente scolastico includono reti idriche, pozzi o sorgenti protette, raccolta di acqua piovana e acqua confezionata o consegnata.

Tutte le scuole in area urbana sono collegate alla rete idrica pubblica e l'acqua è potabilizzata tramite clorazione prima di arrivare agli istituti, mentre la scuola in zona rurale usa l'acqua di un pozzo ed è consumata senza nessun tipo di trattamento.

Tutte le scuole immagazzinano l'acqua, derivante dalla fonte, in un serbatoio con capacità di stoccaggio tra i 2 e i 5 mila litri, e la utilizzano per vari scopi: bere, cucinare, igiene personale e per gli scarichi dei bagni. Questi serbatoi sono puliti dal Comune ogni sei mesi.

In Brasile le scuole e luoghi pubblici dispongono di fontanelle di acqua potabile chiamate comunemente "bebedouros". Tali fontanelle devono fornire acqua potabile pulita e sicura. Queste sono do-

tate di un elemento filtrante di carbone attivo che deve essere sostituito dopo sei mesi, o secondo le istruzioni del produttore. La relazione tra numero di studenti e numero di fontanelle è di 82:1 (Tabella 2), dunque non soddisfa i criteri dell'UNICEF di 1 fontanella ogni 20 studenti.

L'analisi microbiologica ha rivelato che il 50% delle scuole presenta l'acqua della fontanella (*bebedouros*) contaminata da *Escherichia coli*. La maggior quantità di coliformi è stata trovata nella scuola rurale Wady Cecilio, in cui l'unico metodo di trattamento è il filtro della fontanella, che non è mai stato cambiato. Solo due scuole avevano la data di scadenza del filtro indicata e uno era scaduto da più di un anno. Il filtro non ha una funzione di abbattimento batteriologico, ma se utilizzato oltre la data di scadenza può avere l'effetto opposto, accumulando batteri e formando un biofilm che contamina l'acqua.

Dalla ricerca risulta che nel 50% delle scuole la qualità dell'acqua non è garantita e queste sono classificate con livello WaSH base (Figura 3). Per conoscere la causa della contaminazione sono necessari nuovi campionamenti e un'analisi microbiologica in altri punti critici come: punto di entrata dell'acqua (PoE), uscita dal serbatoio e, nel caso della scuola rurale, prelevare l'acqua direttamente dal pozzo per l'analisi.

Le altre cinque scuole (il 50%) sono state classificate con un livello di servizi WaSH avanzato per l'acqua potabile, perché riescono a fornire acqua da fonte migliorata in quantità sufficiente, disponibile e accessibile a tutti quando necessario, priva di contaminazione microbiologica e con un numero di fontanelle adeguate al numero di bambini, professori e funzionari.

Tabella 2 – Valutazione dei servizi per acqua potabile nelle scuole di Anápolis, Brasile

Scuole	N. studenti	N. fontanelle	N studenti/ fontanella	N. Fontanel-la sufficiente	Fonte migliorata	Fonte disponibile e accessibile a tutti	Acqua libera da coliformi	Livello servizio
1. Wady Cecilio	213	3	71	No	Si	Si	No	base
2. Dinalva Lopes	353	3	117	No	Si	Si	Si	avanzato
3. Ayrton Senna	436	12	36	No	Si	Si	Si	avanzato
4. Francisca Miguel	250	3	83	No	Si	Si	No	base
5. Raimunda Oliveira	250	3	83	No	Si	Si	Si	avanzato
6. Tasso Barros	284	4	71	No	Si	Si	No	base
7. Euripedes Almeida	260	3	86	No	Si	Si	Si	avanzato
8. Josephina Simoes	725	8	90	No	Si	Si	No	base
9. Afonsina Mendes	755	4	188	No	Si	Si	Si	avanzato
10. Lar Sao Francisco	290	3	96	No	Si	Si	No	base
<b>Totale</b>	<b>3816</b>	<b>46</b>	<b>82,9</b>					

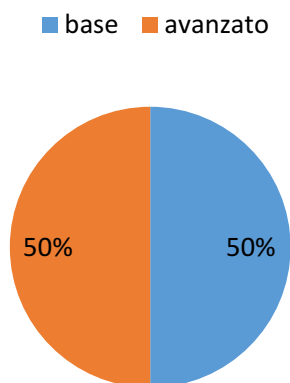


Figura 3 – Livello servizio WaSH per l'acqua potabile, Anápolis Brasile

Secondo la legge brasiliana la quantità di batteri coliformi totali nell'acqua potabile destinata al consumo umano deve essere pari a 0 UFC/100 ml (FUNASA, 2013). Lo stesso limite vale per gli standard dell'OMS (WHO, 2017).

Questo studio ha dimostrato che l'acqua di una fonte migliorata non assicura l'assenza di contaminazione fecale perché l'acqua può contaminarsi all'interno della stessa scuola a causa di una cattiva gestione dei sistemi interni di fornitura d'acqua.

Per conoscere la causa della contaminazione delle scuole sono necessarie successive analisi nei punti critici: punto di entrata (PoE); uscita dal serbatoio; uscita dal rubinetto della cucina; "bebedouro" con filtro; e indagini riguardanti la gestione del filtro, del serbatoio e delle risorse economiche in tale ambito.

### 3.2. Servizi igienico-sanitari

Come per l'acqua potabile, l'UNICEF e OMS hanno definito degli standard per i servizi igienico-sanitari:

- 1 toilette ogni 25 ragazze o funzionari di sesso femminile;
- 1 toilette e 1 orinatoio ogni 50 ragazzi o funzionari di sesso maschile e, nella mancanza di orinatoio il rapporto è 1 toilette ogni 25 persone.

Il JMP definisce le strutture sanitarie "migliorate" o "non migliorate", il che è fondamentale per valutare quelle delle scuole rurali, perché nella grande maggioranza non dispongono di un trattamento delle acque reflue, le quali vengono lanciate nella fossa nera o sversate direttamente nei fiumi causando inquinamento. L'indicatore controlla anche che il numero di bagni sia adeguato, che siano in buone condizioni, accessibili e funzionali, e che siano separati per donne e uomini. Altro elemento considerato nel monitoraggio degli indicatori WaSH nelle scuole è il lavaggio delle mani con sapone.

Il rapporto tra numero di toilette e numero di studenti non soddisfa i criteri dell'UNICEF e dell'OMS. Nelle scuole prese in esame, non è presente orinatoio e il rapporto è 54:1 per i ragazzi e 53:1 per le ragazze (Tabella 3).

Il rapporto tra numero di toilette e numero di studenti, in generale, è di 54:1 (Tabella 4) e nel 100% delle scuole non soddisfa i criteri normativi UNICEF, che sono di almeno una toilette ogni 25 studenti (UNICEF, 2012).

Le strutture sanitarie delle dieci scuole sono di tipo "migliorato", dunque il materiale fecale viene smaltito rispettando la sicurezza degli utenti. Nel 60% delle scuole le acque reflue sono smaltite in fossa settica (sistema *on site*), mentre nel 40% il sistema è *off site*, ossia, le acque reflue sono raccolte e trattate in un impianto di depurazione (Tabella 4).

Nella maggior parte delle scuole la fossa è svuotata solo quando raggiunge la sua capacità massima.

Tabella 3 – Rapporto tra numero di toilette e studenti, Anápolis, Brasile

Scuole	N. ragazze	N. toilette funzionale	N. ragazze/toilette	N. ragazzi	N. toilette funzionale	N. ragazzi/toilette
1. Wady Cecilio	113	3	37	100	2	50
2. Dinalva Lopes	157	5	31	196	5	39
3. Ayrton Senna	235	6	39	201	6	33
4. Francisca Miguel	130	1	130	120	1	120
5. Raimunda Oliveira	130	4	32	120	4	30
6. Tasso Barros	150	2	75	134	2	67
7. Euripedes Almeida	104	2	52	156	2	78
8. Josephina Simoes	250	6	41	475	6	79
9. Afonsina Mendes	511	4	127	244	4	61
10. Lar Sao Francisco	132	3	44	158	3	52
<b>Total</b>	<b>1912</b>	<b>36</b>	<b>53,1</b>	<b>1904</b>	<b>35</b>	<b>54,4</b>

Tabella 4 – Valutazione dei servizi igienico-sanitari nelle scuole di Anápolis, Brasile

Scuole	N. studenti	N. toilette funzionale	N. studenti/ toilette	Toilette sufficienti	Toilette accessibile a disabili	Toilette accessibile a bambini piccoli	Toilette pulite	Tipo trattamento acqua reflue
1. Wady Cecilio	213	5	42	No	No	No	No	On site
2. Dinalva Lopes	353	10	35	No	Si	No	Si	On site
3. Ayrton Senna	436	11	39	No	Si	Si	No	Off site
4. Francisca Miguel	250	2	125	No	No	Si	Si	Off site
5. Raimunda Oliveira	250	8	31	No	Si	Si	Si	On site
6. Tasso Barros	284	4	71	No	Si	Si	Si	On site
7. Euripedes Almeida	260	4	65	No	No	Si	Si	Off site
8. Josephina Simoes	725	12	60	No	Si	Si	Si	On site
9. Afonsina Mendes	755	8	94	No	Si	Si	Si	On site
10. Lar Sao Francisco	290	6	48	No	No	No	No	Off site
<b>Totale</b>	<b>3816</b>	<b>70</b>	<b>54,5</b>					

La scuola Wady Cecilio ha dichiarato che l'intervento di spurgo è programmato ogni sei mesi.

Nel 40% delle scuole non esistono bagni per persone disabili, nonostante alcuni studenti abbiano deficienze fisiche e nel 30% non esistono bagni per gli studenti più piccoli. Questo implica che tali alunni non possono utilizzare i servizi in autonomia, nel rispetto della dignità e della privacy. Per le ragazze non esiste un programma sull'igiene mestruale e il 100% delle scuole non mette a disposizione materiale per l'igiene mestruale. Quanto a pulizia, il 30% delle scuole presenta bagni non puliti adeguatamente.

In tutti gli edifici, i bagni per gli studenti sono separati per sesso, però solo il 30% delle scuole ha bagni che funzionano adeguatamente. La situazione è più critica per i bagni dei funzionari, che nel 30% delle scuole sono condivisi e in un istituto non esiste un bagno per funzionari uomini che devono utilizzare quello degli studenti.

Si osserva nella Figura 4 che per la *sanitation* il 70% delle scuole ha un livello di servizio considerato *limitato*, ossia esistono strutture sanitarie migliorate, separate per sesso, ma non funzionano adeguatamente (la porta non si chiude, lo sciacquone non funziona o è totalmente rotto), mentre il 30% delle scuole è classificato con servizio *base* perché esistono strutture migliorate, separate per sesso, ma non accessibili a tutti.

In Anápolis, l'ente pubblico Saneago si occupa della raccolta e trattamento delle acque reflue tramite lagune biologiche, di cui due anaerobiche e due falcoltative.

Il censimento del Ministero della Pubblica Istruzione Brasiliano (MEC, 2017) mostra che il 6,1%

■ base ■ limitato

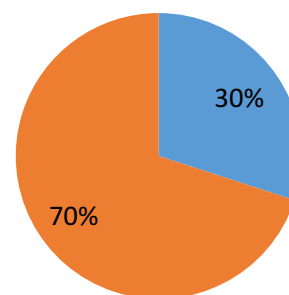


Figura 4 – Livello servizi WaSH per i servizi igienico-sanitari, Anápolis, Brasile

delle scuole urbane di Anápolis non ha un sistema fognario, il 52,3% possiede una fossa biologica e solo il 41,6% è collegato alla rete fognaria. La disparità è ancora maggiore nelle scuole della zona rurale, con il 24,6% privo di sistema fognario e il 19% senza una fonte di acqua potabile. Al contrario, tra quelle urbane, il 96,3% ha una fonte di approvvigionamento idrico migliorata con fornitura di acqua potabilizzata.

Malgrado l'ampia conoscenza dei diritti universali in merito all'accesso all'acqua potabile e ai servizi igienico-sanitari adeguati e l'importanza di tali servizi per la salute dei bambini, la maggioranza delle scuole di Anápolis non riescono a offrire condizioni ottimali nei servizi WaSH.

Secondo l'UNICEF (2018) senza strutture WaSH accessibili nella scuola, la percentuale di abbandono sono elevate per i bambini con disabilità. Il modo più economico per migliorare l'accesso per tutti i bambini è inserire nei progetti iniziali strutture

Tabella 5 – Valutazione dei servizi per igiene nelle scuole di Anápolis, Brasile

Scuole	N. studenti	N. impianto funzionale	N. studenti/impianto	Impianto sufficienti	Accessibile a tutti	Sapone disponibile	Livello servizio
1. Wady Cecilio	213	4	58	No	No	No	limitato
2. Dinalva Lopes	353	8	44	No	Si	No	limitato
3. Ayrton Senna	436	12	36	No	Si	No	limitato
4. Francisca Miguel	250	6	41	No	No	No	limitato
5. Raimunda Oliveira	250	5	50	No	Si	No	limitato
6. Tasso Barros	284	7	40	No	Si	No	limitato
7. Euripedes Almeida	260	4	65	No	No	No	limitato
8. Josephina Simoes	725	12	60	No	Si	No	limitato
9. Afonsina Mendes	755	8	94	No	Si	No	limitato
10. Lar Sao Francisco	290	7	41	No	No	No	limitato
<b>Totale</b>	<b>3816</b>	<b>73</b>	<b>52,2</b>				

accessibili a tutti: bagni con appoggi, rampe d'accesso e strutture per lavare le mani adatte a disabili e a bambini piccoli.

### 3.3. Igiene

L'UNICEF ha stabilito che le scuole debbano avere degli impianti di lavaggio delle mani con acqua e sapone o un'alternativa adatta in tutti i punti critici della scuola, in particolare nei bagni. Devono essere osservati i seguenti rapporti:

- 1 lavandino ogni 8 studenti di livello prescolare;
- 1 lavandino ogni 15 studenti oltre il livello prescolare;
- 1 lavandino ogni 15 membri dello staff.

In tutte le scuole esistono strutture per il lavaggio delle mani, però il 40% degli istituti non possiede strutture adeguate a persone con disabilità. Come mostra la Tabella 5, nel 100% delle scuole il numero di studenti in rapporto al numero di impianti per il lavaggio delle mani è insufficiente: la relazione è di 52:1 e non soddisfa il criterio dell'UNICEF di 15:1.

Nel 100% delle scuole non esiste il sapone per lavarsi delle mani (Tabella 5) e solo nel 50% è istituito, prima dei pasti, un momento dedicato al lavaggio delle mani.

Dal momento che è presente un impianto per lavarsi le mani con acqua disponibile, ma senza sapone, tutte le scuole di Anápolis sono classificate con livello di servizio *limitato*.

L'educazione all'igiene fa parte del programma scolastico nel 60% delle scuole, tuttavia, non è data la giusta attenzione alle corrette pratiche igieniche e questo si manifesta in comportamenti inadeguati, come l'utilizzo dello stesso bicchiere oppu-

Tabella 6 – Classifica delle scuole in relazione al livello dei servizi WaSH

Scuole	Acqua	Servizi igienico-sanitari	Igiene
Raimunda de Oliveira	avanzato	base	limitato
Euripedes Almeida	avanzato	base	limitato
Francisca Miguel	base	base	limitato
Ayrton Senna	avanzato	limitato	limitato
Dinalva Lopes	avanzato	limitato	limitato
Afonsina Mendes	avanzato	limitato	limitato
Tasso Barros	base	limitato	limitato
Josephina Simoes	base	limitato	limitato
Lar São Francisco	base	limitato	limitato
Wady Cecilio	base	limitato	limitato

re il non lavarsi le mani dopo l'uso del bagno. Nel 100% delle scuole non esiste un programma di igiene mestruale per le ragazze.

L'ultimo report dell'UNICEF (2018) contiene suggerimenti per l'adozione di indicatori specifici, come la presenza di cestini con coperchio nei bagni, l'educazione all'igiene mestruale a scuola, sapone e acqua vicino ai bagni, privacy, pulizia, assorbenti disponibili, impianti di lavaggio delle mani privato, gestione e smaltimento del materiale mestruale. Tenendo conto di questi parametri nel monitoraggio e nell'implementazione si possono raggiungere dei progressi nella lotta alle disuguaglianze. La Tabella 6 classifica le scuole in base ai livelli dei servizi WaSH. Gli istituti sono ordinati dal migliore al peggiore dando priorità ai parametri che definiscono i servizi di livello base.

Se incrociamo le scale di livello con i dati delle analisi microbiologiche, possiamo individuare le scuole con le condizioni peggiori. La Tabella 6 mo-

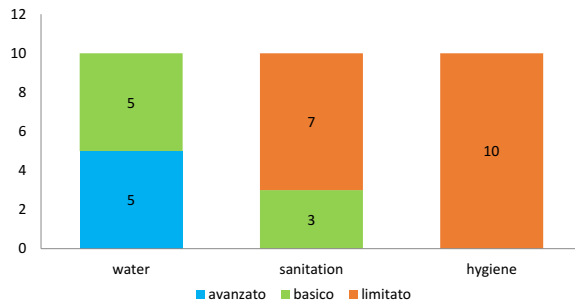


Figura 5 – Livello dei servizi WaSH nelle scuole di Anápolis, Brasile

stra che le scuole più critiche dal punto di vista WaSH sono quattro: Wady Cecilio, Lar São Francisco, Josephina Simões e Tasso Barros.

Si può notare come l'ambito dell'igiene sia il più critico. Nonostante la situazione dell'igiene nelle scuole in Brasile è al di sopra della media mondiale (UNICEF, 2018), il problema ricorrente è quello che si è verificato nel 100% dei casi, cioè la mancanza di sapone.

La Figura 5 mostra il livello dei servizi WaSH nelle dieci scuole di Anápolis. Per quanto riguarda l'acqua potabile, il livello è ottimale con il 50% *avanzato* e il 50% *base*, molto sopra la media brasiliana che è per l'83% *limitato* e il 17% *senza servizio*, secondo il rapporto del *Ministério das Cidades* (2017).

Per la *sanitation* il 30% delle scuole di Anápolis ha un servizio base, dato risultato inferiore alla media nazionale dell'84% base. L'igiene presenta il peggiore risultato con il 100% delle scuole di Anápolis di servizio *limitato*, mentre la media nazionale è del 35% *limitato* e 61% *base*.

#### 4. CONCLUSIONI

Dalla ricerca è emerso che nel 70% delle scuole la *sanitation* presenta un livello WaSH *limitato*, mentre il 100% presenta un servizio *limitato* nell'igiene. Pertanto mancano alcuni elementi per raggiungere il livello base necessario per rispettare i parametri del SDG 4 e i diritti degli studenti.

La priorità è garantire il servizio "base" in tutte le scuole e, solo laddove sia già garantito, ambire al servizio *avanzato*. Alla luce degli indicatori dell'OMS, i problemi principali sono:

- per quanto riguarda la componente *hardware*: a) l'acqua potabile contaminata da *E. coli*; b) bagni non funzionali con scarichi rotti o intasati, porte non chiudibili; c) l'assenza di bagni e infrastrutture per disabili in alcune scuole;

- per la componente *software*: a) numero di "fontanelle" e di toilette insufficienti e mal gestiti; b) mancanza di dispenser con sapone.

Nonostante in tutte le scuole siano presenti strutture (*hardware*) di tipo "migliorato" per acqua potabile e servizi igienico-sanitari l'utilizzo corretto e sicuro di tali servizi non è garantito. Cinque scuole su dieci hanno presentato una contaminazione da *E. coli*, che è un indicatore di servizio *avanzato*. Per legge, l'acqua fornita agli studenti deve essere sicura e rispettare gli standard microbiologici normativi (0 UFC/100ml), ma in gran parte delle scuole i presidi non conoscono l'importanza di mantenere una buona gestione dei filtri per una fornitura sicura di acqua potabile.

Nelle scuole urbane dove è stata riscontrata una lieve contaminazione da *E. coli* sarebbe opportuno cambiare i filtri delle fontanelle e fare una nuova analisi per capire da dove provenga la contaminazione, per poi chiarire di chi è la responsabilità di manutenzione di questi filtri.

La scuola rurale Wady Cecilio ha presentato un problema sia di *hardware* che di *software* come, per esempio, l'alto indice di contaminazione da *E. coli*, un numero insufficiente di fontanelle e toilette, bagni non funzionali e assenza di infrastrutture per disabili. Questa scuola è stata classificata come la peggiore di Anápolis. A questo punto, è necessario valutare un sistema per il trattamento delle acque potabili, che può essere la clorazione dell'acqua del serbatoio d'immagazzinamento – una tecnologia efficace ed economica – oppure la disinfezione con lampade UV, meno economica però più sicura per l'assenza di sottoprodotti. Per risolvere la problematica dell'igiene sarebbe opportuno realizzare l'educazione all'igiene per tutta la comunità scolastica e installare dei dosatori con sapone. Si può pensare anche di produrre il proprio sapone usando l'olio di frittura esausto raccolto dalla stessa comunità.

Tutte le scuole presentano gabinetti con sciacquone, cioè strutture igienico-sanitarie "migliorate". Tuttavia, non tutte sono collegate alla rete di trattamento delle acque reflue municipale, ma sono dotate di fossa. Nella maggior parte dei casi, i dirigenti o i coordinatori scolastici non hanno saputo dare informazioni in merito, oppure hanno dichiarato di chiamare l'azienda di spurgo solo quando la fossa è al limite, dal momento che i costi di tale servizio sono attribuiti alla scuola stessa, dunque anche in questo caso è necessario un chiarimento delle responsabilità a livello locale.

A livello strutturale, una riparazione delle porte e degli scarichi è essenziale e una soluzione alla

mancanza di sapone potrebbe essere l'istallazione di un dosatore vicino agli impianti di lavaggio delle mani dopo una corretta formazione all'igiene.

La presenza di componenti *hardware e software* non ne implica l'utilizzo corretto, e l'assenza di sapone ne limita l'efficacia, quindi, affinché gli studenti abbiano gli strumenti per utilizzare in maniera corretta le strutture WaSH, è necessaria una preparazione mirata sul tema da parte delle ONG e del governo locale attraverso un programma di educazione ambientale e all'igiene che coinvolga i direttori delle scuole, gli insegnanti, gli studenti, le famiglie e la comunità. Le attività con gli studenti possono aiutarli a prendere coscienza dei loro diritti, della loro salute e dei benefici che ne derivano.

Si può quindi concludere che la situazione attuale nelle scuole di Anápolis evidenzia la mancanza di preparazione da parte degli amministratori nei confronti dei servizi WaSH in ambiente scolastico. È opportuna una maggiore partecipazione delle famiglie e della comunità locale al fine di ottenere un miglioramento significativo delle condizioni igienico-sanitarie nelle scuole, creando, per esempio, un comitato WaSH formato da studenti, genitori, funzionari scolastici, ma anche rappresentanti comunali, tecnici e volontari.

Le modifiche della gestione dunque devono interessare tutti i livelli della società scolastica partendo dalla definizione chiara delle responsabilità. Una divisione lineare e definita dei ruoli è essenziale per riuscire a gestire in maniera efficiente tutte le strutture (filtri, serbatoi, fosse settiche, manutenzione ed eventuali riparazioni) e garantire un ambiente salubre agli alunni, fornendo un accesso equo e sicuro all'acqua potabile e ai servizi igienico-sanitari. È necessario creare una politica pubblica per i governanti e che il Comune e i direttori scolastici adottino misure di controllo e monitoraggio dei servizi WaSH.

## 5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Adams J., Bartram J., Chartier Y., Sims J. Water, Sanitation and Hygiene Standards for Schools in Low-cost Settings (2009). World Health Organization/UNICEF. Available online: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/WaSH\\_standards\\_school.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/WaSH_standards_school.pdf) (accessed on 20 April 2019). 2.
- Bain R., Cronk R., Hossain R., Bonjour S., Onda K., Wright J., Yang H., Slaymaker T., Hunter P., Pruss-Ustun A., Bartram J. (2014) Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review.
- Dias C.M.M., Rosa L.P., Gomez J.M.A., D'Avignon A. (2017) Achieving the Sustainable Development Goal 06 in Brazil: the universal access to sanitation as a possible mission.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). Censo Escolar 2017. Brasil. Brasília.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde (2013). Manual prático de análise de água. 4. ed. Brasília. Funasa, 150 p.
- Greene L.E., Freeman M.C., Akoko D., Saboori S., Moe C., Rheingans R. (2012). Impact of a school-based hygiene promotion and sanitation intervention on pupil hand contamination in Western Kenya: A cluster randomized trial. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 87, 385-393. [CrossRef] [PubMed]
- Jasper C., Thanh-Tam L., Bartram J. (2012). Water and Sanitation in Schools: A Systematic Review of the Health and Educational Outcomes. *Int. J. Environ. Res. Public.*, 9, 2772–2787. [CrossRef] [PubMed]
- Jordanova T., Cronk R., Obando W., Medina O.Z., Kinoshita R., Bartram J. (2015). Water, Sanitation, and Hygiene in Schools in Low Socio-Economic Regions in Nicaragua: A Cross-Sectional Survey.
- MEC/INEP. Ministério da Educação/Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2017). Censo Escolar da educação básica 2017. Notas estatísticas. Brasil. Brasília.
- Ministério das Cidades, Brazil (2017) Overview: Water, sanitation and hygiene. Achieving the SDGs targets for water, sanitation and hygiene.
- Porto M. e Kelman J. (2000). Water resources policy in Brazil. In: *Rivers – Studies in the Science Environmental Policy and Law of Instream Flow*, v. 7, n. 3, 2000.
- Sommer M. (2010). Where the education system and women's bodies collide: The social and health impact of girls' experiences of menstruation and schooling in Tanzania. *J. Adolesc.*, 33, 521–529. [CrossRef] [PubMed].
- UNICEF (2011). WaSH in schools monitoring package. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO), 92p.
- UNICEF (2012). Raising Even More Clean Hands. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF).
- UNICEF (2015). Progress on sanitation and drinking water: 2015 Update and MDG Assessment. Geneva: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO).
- UNICEF (2016). Core Questions and Indicators for Monitoring WASH in Schools in the Sustainable Development Goals. Geneva: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization.
- UNICEF (2018). Drinking water, Sanitation, and Hygiene in Schools: Global Baseline Report 2018. Joint Monitoring Programme for water supply, sanitation and hygiene. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization, 84 p.
- WHO (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization.
- Zurbrugg C. (2018). SDG 6: Acqua pulita e servizi igienico-sanitari. Dove siamo e dove ci porterà questo SDG 6? Svizzera, Sandec/Eawag.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori vogliono ringraziare la Fondazione SIPEC (Brescia), l'azienda Aqualit Saneamento (Brasile), i professori Plinio Naves e Osvaldo Pinto dell'Università Statale di Goiás (Brasile) per la collaborazione in questo progetto e tutti i volontari dell'Istituto 4 Elementos.

# UN PREZZO MINIMO PER LE EMISSIONI DI CO<sub>2</sub>: OBIETTIVI E PROSPETTIVE DI UNA INIZIATIVA DEI CITTADINI EUROPEI

Alberto Majocchi<sup>1</sup>, Carlo Maresca<sup>2</sup>, Claudia Basta<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> Università di Pavia.

<sup>2</sup> Università Luigi Bocconi.

<sup>3</sup> Netherlands Environmental Assessment Agency, Sector Spatial Planning and Quality of the Environment.

**Sommario** – La Commissione Europea ha recentemente ammesso alla raccolta firme una iniziativa dei cittadini europei (ICE) la cui finalità è introdurre un prezzo minimo per le emissioni di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>). L'obiettivo della misura sarebbe di disincentivare il consumo di combustibili fossili, incentivando così la transizione verso tecnologie di abbattimento efficienti e verso le fonti di energia rinnovabile. La misura è impostata sul principio di revenue neutrality, ossia sull'obiettivo di convertire le maggiori entrate derivanti dall'imposizione di un prezzo minimo per le emissioni di CO<sub>2</sub> sia in investimenti diretti nella transizione energetica europea che nella riduzione dell'imposizione fiscale sui redditi più bassi. La proposta recepisce sia gli indirizzi della letteratura internazionale in tema di 'carbon pricing' che l'obiettivo di stabilire un 'border carbon adjustment' per i beni in ingresso nell'Unione Europea. In questo articolo si esaminano le ragioni e gli obiettivi della ICE dal punto di vista tecnico-economico e si delineano le prospettive ed i limiti di una sua possibile implementazione su scala europea.

**Parole chiave:** emissioni, Iniziativa dei Cittadini Europei, tassazione CO<sub>2</sub>, transizione energetica.

## INTRODUCING A MINIMUM PRICE ON CO<sub>2</sub> EMISSIONS: OBJECTIVES AND PERSPECTIVES OF A EUROPEAN CITIZENS INITIATIVE

**Abstract** – The European Commission has recently admitted a European Citizens Initiative (ECI) on carbon pricing to the collection of signatures. The initiative aims at introducing a minimum price on climate-altering emissions, specifically on CO<sub>2</sub>. The proposal adopts the principle of revenue neutrality, that is, it aims at re-investing the revenue deriving from the imposition of a minimum price on carbon both in the advancement of the European energy transition and in the reduction of the current fiscal pressure on lower incomes. The proposal draws on the latest findings of the international literature on 'carbon pricing' and promotes a 'border carbon adjustment' for any goods imported in the European Union. This article examines the rationale and objectives of the ECI from the technical-economic viewpoint and discusses the perspectives and limitations of its possible implementation on the European Union scale.

**Keywords:** emissions, European Citizens Initiative (ECI), carbon pricing, carbon border adjustment, energy transition.

Ricevuto il 2-10-2019. Correzioni richieste il 10-10-2019. Accettazione finale il 12-12-2019.

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Alcune osservazioni preliminari sulle Iniziative dei Cittadini Europei (ICE)

Introdotta nel 2007, malgrado le sue note limitazioni le Iniziative dei Cittadini Europei (ICE) sono *de facto* l'unico strumento di partecipazione diretta dei cittadini europei nella formazione delle politiche pubbliche dell'Unione (Monaghan, 2012; Smith, 2012). L'iter della proposta dipende interamente dalla capacità dei soggetti promotori di mobilitare le conoscenze e risorse necessarie a raccogliere un milione di firme in sette diversi Paesi europei nei tempi previsti. Di contro, l'iter si conclude con l'ammissione della proposta al dibattito parlamentare, senza alcuna garanzia di una sua implementazione anche parziale.

Val la pena sottolineare come lo strumento della ICE serva ad indicare ambiti di regolamentazione considerati coerenti con e rilevanti per l'implementazione dei trattati europei; in questo senso, si tratta di uno strumento di democrazia partecipativa atto ad influenzare l'agenda politica europea attraverso l'indicazione e prioritizzazione di obiettivi di rilevanza comunitaria. In merito agli aspetti valutativi e implementativi delle proposte, prevale dunque la centralità, qualora attivato, del dibattito parlamentare (Setala e Schiller, 2012). Ciò malgrado, la rilevanza politico-sociale delle ICE consiste nella loro capacità di segnalare istanze transnazionali rispetto alle quali gli strumenti legislativi nazionali sono insufficienti o contraddittori; in questo senso, il valore di queste iniziative nel quadro del dibattito pubblico europeo è senz'altro considerevole.

In questo contesto, l'Iniziativa dei Cittadini Europei "A price for carbon to fight climate change"

\* Per contatti: Bezuidehouthouseweg 30, 2594 AV The Hague, The Netherlands, claudia.basta@pbl.nl. M: +31611723303.



(Science for Democracy, 2019, *online*), recentemente dichiarata ammissibile dalla Commissione Europea, merita una discussione approfondita. Dal 22 luglio ha preso avvio la raccolta delle firme necessarie a sottoporre la proposta al Parlamento Europeo. Se la raccolta dovesse andare a buon fine, la proposta contenuta nella ICE potrà essere valutata dalla Commissione Europea al fine di essere ammessa all'iter parlamentare.

Elaborata da un gruppo multidisciplinare di professori universitari, ricercatori ed attivisti, l'ICE propone l'introduzione di un prezzo minimo europeo sulle emissioni di CO<sub>2</sub> puntando, al contempo, ad inserirsi nell'ambito di una ampia riforma del welfare europeo e a contribuire agli obiettivi comunitari di equità generazionale ed intergenerazionale. Questa duplice collocazione della proposta a cavallo tra le politiche ambientali e di welfare comunitario è motivata dalla volontà di tramutare la transizione energetica da costo sociale ad opportunità di re-distribuzione della ricchezza: oltre all'obiettivo di "zero emissioni", l'introduzione del *carbon pricing* europeo persegue infatti quello di creare un *carbon dividend* che possa sostenere i cittadini con redditi più bassi attraverso la proposta di utilizzare i proventi della misura per ridurre le tasse sui relativi redditi.

Più dettagliatamente, la ICE *"ha lo scopo di incoraggiare il passaggio dai combustibili fossili a fonti rinnovabili attraverso:*

- 1) *l'introduzione di un prezzo minimo per il carbonio, partendo da 50 € per tonnellata di CO<sub>2</sub> nel 2020, fino a 100 € per tonnellata di CO<sub>2</sub> nel 2025;*
- 2) *l'abolizione del sistema di allocazione di quote gratuite per le imprese incluse nell'Emissions Trading System (ETS);*
- 3) *introduzione di un meccanismo di "aggiustamento fiscale alle frontiere" per le importazioni da paesi terzi;*
- 4) *l'utilizzo delle maggiori entrate derivanti dalla tassazione del carbonio per incentivare le politiche europee sulle fonti rinnovabili, il risparmio energetico e la riduzione delle imposte sui redditi bassi".*

La ICE si propone di colmare un gap regolamentativo noto a quanti si occupano di politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici – ossia di introdurre un meccanismo di mercato che disincentivi il consumo di combustibili fossili e faciliti la transizione verso tecnologie sostenibili e fonti di energia rinnovabile. A questo obiettivo

viene associato quello complementare di re-distribuire i relativi introiti tra i cittadini europei più a rischio di non beneficiare della transizione stessa.

Relativamente al primo obiettivo, la ICE propone l'introduzione di un prezzo minimo per ogni tonnellata di CO<sub>2</sub> emessa (il cosiddetto *carbon floor*) e di una misura di aggiustamento alla frontiera, ossia l'applicazione del medesimo prezzo sui beni in entrata nell'Unione Europea. Obiettivo, quest'ultimo, oggetto di un lungo dibattito in letteratura (Gros & Egenhofer, 2010; Horn & Sapir, 2013; Pisani-Ferry, 2019) e che rappresenta il fine forse più ambizioso e complesso della proposta.

Nei paragrafi successivi si discutono i principali aspetti tecnico-economici della proposta in esame, rimandando la discussione degli aspetti regolamentativi ed implementativi a future pubblicazioni.

## 2. MATERIALI E METODI

In questo contributo gli obiettivi della ICE "A price for carbon to fight climate change" sono esaminati attraverso un breve sommario critico della letteratura internazionale in materia di carbon pricing. Successivamente si estraggono alcuni criteri di valutazione della ICE in esame, in particolare in merito a) alla sua consistenza con gli indirizzi tecnico-economici suggeriti dalla letteratura più recente, b) alle prospettive della proposta di incidere sulla mitigazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> a livello europeo. I limiti della valutazione dell'impatto complessivo delle misure promosse dalla ICE in termini di mitigazione delle emissioni climalteranti sono discussi nell'apposita sezione del contributo.

### 2.1. Carbon pricing e carbon floor: brevi note dalla letteratura internazionale

Con *carbon pricing* vanno intesi tutti i meccanismi di mercato che creano un disincentivo economico al consumo di combustibili fossili responsabili di emissioni di CO<sub>2</sub>. A livello globale, si stima che il 20% delle emissioni di CO<sub>2</sub> siano soggette a una qualche forma di tassazione (World Bank, 2019). Ad oggi, 46 Paesi al mondo implementano una misura di questo tipo, tra cui i dieci Paesi membri dell'UE che applicano una carbon tax (Marcu et al., 2019). Ad averla introdotta sono Svezia (114 euro/tCO<sub>2</sub>), Finlandia (67 euro/tCO<sub>2</sub>),

Francia (48 euro/tCO<sub>2</sub>), Danimarca (26 euro/tCO<sub>2</sub>), Irlanda (25 euro/tCO<sub>2</sub>), Slovenia (18 euro/tCO<sub>2</sub>), Portogallo (9 euro/tCO<sub>2</sub>); seguono Polonia, Estonia e Lettonia in misura inferiore a 4 euro/tCO<sub>2</sub>. Si tratta di aliquote molto differenziate e nella maggior parte non adeguate ai livelli minimi, tra i 35 e i 70 euro/tCO<sub>2</sub>, che molti esperti ritengono necessari per disincentivare l'uso dei combustibili fossili e favorire il passaggio alle rinnovabili (Majocchi, 2018b).

Il rispettivo dibattito scientifico può considerarsi maturo e, nel contesto europeo, caratterizzato da largo consenso in merito a due aspetti fondamentali dell'imposizione di un prezzo sulle emissioni CO<sub>2</sub>: la sua efficacia nel disincentivare il consumo di combustibili fossili e la necessità, per cementare gli effetti di tale disincentivo, di applicare il medesimo prezzo ai beni in ingresso nell'Unione Europea (il cosiddetto *carbon border adjustment*, *CBA*; si vedano, tra altri studi, Condon e Ignaciuk, 2013).

Su quest'ultimo punto, complesso, di implementazione di misure sovranazionali di carbon pricing, esistono studi accurati (Dong & Whalley, 2009; Rocchi et al., 2018). Uno dei principali problemi consiste nella difficoltà di reperire dati sulle emissioni, ostacolo superato nello studio di Rocchi et al. (2018) attraverso l'utilizzo del criterio di "emissioni evitate" e della sua applicazione al bene prodotto anziché al settore industriale (per approfondire questo aspetto implementativo della misura si rimanda allo studio originale).

Sebbene la mancanza di dati e la difficoltà di indicizzazione delle emissioni per settore industriale e/o per bene prodotto pongano degli oggettivi ostacoli alla valutazione *ex ante* degli impatti della misura, vi è generale consenso sulla sua necessità per prevenire il fenomeno di *carbon leakage*, ossia la presenza (fino all'aumento) nel mercato europeo di beni importati esenti dalla tassazione. Al fine di non minare la competitività del mercato europeo e di promuovere uno standard ecologico che vada al di là dei suoi confini, il CBA incluso nella proposta in esame è quindi funzionale anche ad incentivare gli altri Paesi ad adottare misure coerenti e simili di carbon pricing. Tuttavia, va tenuto presente che, considerate la relativa immaturità delle politiche di carbon pricing a livello globale e la mancanza di basi empiriche su cui fondare le stime degli impatti complessivi di un'ipotetica misura di CBA, gli studi in materia usati come riferimento a questo

elemento della proposta restano di carattere perlopiù teorico ed orientativo (Condon and Ignaciuk, 2013, p. 4).

Un terzo aspetto dell'introduzione di misure di *carbon pricing* su cui sembra convergere il consenso degli esperti è infine la necessità di una sua complementarità – e non competitività – con l'Emissions Trading Scheme (ETS) già operativo all'interno dell'UE (Marcu et al., 2019; Monjon & Quirion, 2011). Come noto, l'ETS è stato introdotto dopo un ventennale tentativo di introdurre una carbon tax europea come strumento di abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> attraverso l'assegnazione, gratuita o all'asta, di quote di emissione, cioè di permessi che centrali elettriche e impianti industriali devono far valere per poter emettere CO<sub>2</sub>. Esso tuttavia presenta dei limiti, tra cui l'incapacità di sostenere attraverso il meccanismo di domanda e offerta il prezzo dei permessi; appunto, il *carbon price*. Questo limite è stato particolarmente evidente nell'ultimo decennio, quando per via della crisi economica si è creato un eccesso di offerta di permessi che ha portato a un progressivo calo dei prezzi: da 30 euro/tCO<sub>2</sub> nel 2008 a meno di 5 euro/tCO<sub>2</sub> nel 2017. Un prezzo, quest'ultimo, decisamente troppo basso per disincentivare le emissioni di CO<sub>2</sub> e stimolare la transizione di investimenti e ricerca & sviluppo verso tecnologie e modelli di produzione a basse emissioni.

Il prezzo delle quote di emissione ha quindi bisogno di essere sostenuto. Il processo di revisione in atto dell'ETS prevede misure per ridurre l'offerta e l'aggiornamento delle regole per l'assegnazione gratuita. Rispetto al primo punto, sebbene il prezzo delle quote sia risalito nel 2018 portandosi a circa 25 euro/tCO<sub>2</sub> nel 2019, la sua volatilità richiederebbe che il sistema ETS fosse supportato dall'introduzione di una soglia minima, in linea con le indicazioni degli esperti, al di sotto del quale il prezzo non possa scendere. È nella definizione di tale soglia minima che si esplica la complementarità del *carbon pricing* rispetto al sistema ETS.

Alla luce di questo breve sommario, del tutto non esaustivo ma coerente con un chiaro orientamento della letteratura, è possibile estrarre alcuni criteri di valutazione dell'efficacia di una ipotetica politica europea in ambito di *carbon pricing*:

- l'introduzione di un prezzo minimo per le emissioni di CO<sub>2</sub> unico sul territorio dell'Unione europea (*carbon floor*);
- la complementarità dell'introduzione di tale prezzo con il sistema esistente di crediti (ETS);

- l'adozione di un *border carbon adjustment* che compensi il fenomeno di *carbon leakage*, ri-equilibrando la competitività del mercato europeo con quello extra-europeo ed incentivando altri Stati non membri ad adottare misure simili.

## 2.2. La proposta in esame: punti salienti

Trattandosi di una indicazione di obiettivi di *policy* e non di una proposta di legge dettagliata, la ICE in esame ha un carattere di evidente genericità. L'unico aspetto altamente specifico consiste nel prezzo minimo di partenza indicato per il 2020 e nel suo raddoppio per il 2025, ossia “*da 50 € per tonnellata di CO<sub>2</sub> nel 2020, aumentando fino a 100 € per tonnellata di CO<sub>2</sub> nel 2025*”.

La definizione del prezzo di partenza e del suo incremento progressivo costituiscono un punto sensibile della proposta rispetto al quale, in virtù delle diverse metodologie utilizzate nei vari studi fin qui prodotti, non esistono riferimenti univoci. La ratio della loro definizione nel caso della ICE in esame è però piuttosto semplice: il prezzo associato alle emissioni dovrebbe riflettere il corrispondente danno marginale. Recentemente, alcuni ricercatori della Stanford University hanno valutato tale danno in \$220 per tonnellata di CO<sub>2</sub> (Diaz e Moore, 2017). Autori riuniti in un ampio studio sul carbon pricing coordinato dagli economisti Joseph Stiglitz e Nicolas Stern hanno proposto stime simili (Stiglitz e Stern, 2017). Il prezzo di partenza di 50€ per tonnellata di CO<sub>2</sub> è quindi una stima conservativa, funzionale tanto a permettere una transizione tecno-economica graduale che a lanciare la proposta nelle sedi istituzionali partendo da un prezzo sostenibile per il mercato attuale. L'incremento di prezzo previsto dal testo della ICE di 10€ ogni anno per cinque anni, ossia dagli iniziali 50 sino ai futuri 100€, dovrebbe incentivare, in maniera sistematica, l'innovazione tecnologica e lo sviluppo di infrastrutture su larga scala, nonché la graduale diffusione di beni e servizi a basso consumo di CO<sub>2</sub>. Il prezzo di arrivo di 100€ per tonnellata di CO<sub>2</sub> rappresenta anch'esso una stima conservativa comunque funzionale tanto a riflettere la stima del danno esterno quanto ad integrare l'obiettivo di riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>.

Il secondo punto saliente della proposta consiste nell'abolizione del cosiddetto *free-allowance system*, le quote gratuite di permessi di CO<sub>2</sub> per alcuni settori industriali, tra cui rientrerebbe il settore dell'aviazione. La ratio dell'abolizione del *free-*

*allowance* consiste nell'applicazione di un prezzo alle emissioni di CO<sub>2</sub> a prescindere dalla natura del soggetto emittente. Il *border carbon adjustment* provvederebbe poi “da sé” a livellare i prezzi in modo da non penalizzare interi comparti industriali ed operatori europei. Anche quest'ultima misura però non è priva di complessità né immune da controversie, tra cui la compatibilità con le regole dell'Organizzazione mondiale del Commercio (WTO) ed il rischio di un iniziale e consistente aumento dei prezzi nel settore della mobilità. Mentre il primo punto è stato ampiamente discusso (ed in qualche modo risolto) in letteratura (Majocchi 2018; Monjon & Quirion, 2011), rispetto al secondo mancano ancora delle proiezioni sufficientemente accurate.

Il terzo punto saliente della proposta consiste nell'utilizzo degli introiti della tassazione del carbonio per sostenere la transizione tecnologica ed i redditi più bassi, che verrebbero detassati. L'idea di un *carbon dividend* che possa beneficiare i cittadini con redditi più bassi è stata sottoscritta da numerosi premi Nobel e scienziati nel noto *Economists' Statement on Carbon Dividend* (2018, online), le cui proposte hanno fortemente influenzato la ICE in esame. In particolare, la ICE recepisce la proposta di compensare i cittadini delle perdite generate da imprese e famiglie che utilizzano combustibili fossili e provocano i cambiamenti climatici a danno di un bene comune per il resto della popolazione (Majocchi, 2018b; Majocchi, 2019). Nello *statement* si specifica infatti che “*se nell'Unione europea verrà imposto un carbon pricing, una parte del gettito potrà essere utilizzata a livello nazionale per ridurre il prelievo sui redditi più bassi, ma le risorse ottenute con l'imposizione di un diritto compensativo alla frontiera affluiranno direttamente, quali risorse proprie, al bilancio europeo. Potranno essere utilizzate per un “Piano europeo di sviluppo sostenibile”, al fine di promuovere la transizione ecologica, favorendo gli investimenti necessari per aumentare la produzione di energie rinnovabili e per ridurre drasticamente le emissioni di anidride carbonica*”.

## 3. DISCUSSIONE ED OSSERVAZIONI FINALI

Questo breve contributo propone un primo resoconto ragionato delle proposte contenute in una Iniziativa dei Cittadini Europei che ha come oggetto l'introduzione di una misura di tassazione del car-

bonio a livello europeo che contribuisca alla mitigazione di emissioni climalteranti. La ICE si propone anche come strumento di riforma del welfare comunitario attraverso il duplice obiettivo della creazione di un fondo europeo per il finanziamento della transizione tecnologica ed infrastrutturale verso fonti di energia rinnovabile e la redistribuzione del *carbon dividend* a favore dei cittadini con reddito più basso.

Attraverso l'estrazione dalla letteratura di tre generali criteri di valutazione delle prospettive di efficacia di una possibile policy europea in materia di carbon pricing, è possibile affermare che la ICE si caratterizza per consistenza scientifica (*consistency*) ed applicabilità pratica (*feasibility*). Tanto la letteratura economica internazionale quanto gli studi di politiche pubbliche riportati nel contributo concordano infatti sulla necessità di far convergere l'intervento del regolatore nel mercato – costituito dall'associazione di un prezzo minimo alle emissioni, il menzionato *carbon floor* – con la redistribuzione dei relativi proventi ai cittadini che rischiano di essere maggiormente penalizzati dalla misura. Inoltre, vi è largo consenso sull'insufficienza della stessa a meno di essere associata ad un *border carbon adjustment* che riequilibri il mercato comunitario con quello extra-comunitario e funzioni, al contempo, da incentivo all'adozione di regolamentazioni simili nei Paesi extra-europei. Il *border carbon adjustment* è quindi anch'esso presente tra le proposte contenute nella ICE.

Più complessa e bisognosa di ulteriore ricerca è la valutazione dell'impatto complessivo che la regolamentazione che scaturirebbe dalla ICE in esame – ed in generale da una misura di carbon pricing europea che perseguisse i medesimi obiettivi e ricalcasse i medesimi criteri – avrebbe sulla mitigazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> a livello globale. Ai fini di questa valutazione, dati ed analisi di pari complessità sono difatti necessari, in particolare (Tietenberg, 2013):

- un *baseline* delle emissioni prodotte che possa fungere da *benchmark* affidabile per la comparazione *ex ante* ed *ex post* degli effetti della misura di carbon pricing in un arco di tempo rappresentativo (ad esempio, tre, cinque e dieci anni);
- l'attribuzione (ed "attribuibilità") alla misura introdotta delle variazioni tra il *benchmark* e le stime delle emissioni effettive.

Mentre EUROSTAT ed altri istituti europei forniscono una base di dati relativamente solida per

elaborare dei *benchmark* affidabili, quello dell'attribuibilità delle variazioni tra benchmark e rilievi successivi resta un problema analitico rilevante. Inoltre, alcuni studi di scenario hanno contestato la rilevanza dell'impatto complessivo sulle emissioni climalteranti che deriverebbe dalla combinazione delle misure di carbon pricing e di border carbon adjustment (Dong and Whalley, 2009).

Alla luce di questi limiti, sia conoscitivi che analitici, è lecito concludere che l'efficacia della ICE in esame è da apprezzarsi, in questa prima fase di proposta, principalmente nell'ambito del tentativo di coniugare evidenza scientifica e obiettivi di politiche pubbliche europee – con evidenti ricadute su una questione ambientale di portata globale – in un'iniziativa di partecipazione diretta dei cittadini alla concezione delle politiche comunitarie in materia di cambiamento climatico. Un aspetto di sicuro rilievo della ICE che sarà discusso in uno studio successivo consiste proprio del suo carattere di "iniziativa popolare" capace di posizionarsi in quell'interfaccia tra *science, policy & society* solitamente demandata all'iniziativa istituzionale: aspetto, questo, già emerso nell'ambito della formazione delle politiche pubbliche a livello dei singoli Stati Membri, ma ancora emergente a livello europeo.

#### 4. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Condon N. e Ignaciuk A. (2013) Border carbon adjustment and international trade: A literature Review, OECD Working Paper n. 6.
- Diaz D. and Moore F. (2017), Quantifying the economic risks of climate change. *Nature Climate Change* 7: 774.782.
- Dong Y. e Whalley J. (2009) How large are the impacts of carbon-motivated border adjustments. National Bureau of Economic Research, Cambridge. Online: [www.nber.org/papers/w15613](http://www.nber.org/papers/w15613)
- Economists' Statement on Carbon Dividend, online: [www.econstatement.org](http://www.econstatement.org)
- Gros D. e Egenhofer C. (2010) Climate change and trade. Taxing carbon at the border? Brussel: CEPS.
- Horn H. e Sapir A. (2013), Can border carbon taxes fit into the global trade regime? Brussel: Brueghel Policy Brief.
- Majocchi A. (2018a) Carbon Pricing and border tax adjustment: the compatibility with the WTO rules. Research paper, Centro Studi sul Federalismo, online: [www.csfederalismo.it/images/Research\\_paper/CSF-RP\\_AMajocchi\\_Border-Tax-Adjustment\\_February2018.pdf](http://www.csfederalismo.it/images/Research_paper/CSF-RP_AMajocchi_Border-Tax-Adjustment_February2018.pdf)
- Majocchi A. (2018b) Carbon Tax: un'imposta da premio Nobel. Commento n. 136, Centro Studi sul Federalismo, online: [www.carbotermo.com/it/blog/carbon-tax-un-imposta-da-premio-nobel](http://www.carbotermo.com/it/blog/carbon-tax-un-imposta-da-premio-nobel)

- Majocchi A. (2019) *www.csfederalismo.it/it/publicazioni/commenti/1397-per-un-dividendo-ambientale-di-cittadinanza*. Centro Studi sul Federalismo, Commenti n. 140.
- Marcu et al. (2019) 2019 State of the EU ETS Report. Institute for Climate Economics, online: *www.i4ce.org/wp-content/uploads/2019/05/2019-State-of-the-EU-ETS-Report-1.pdf*
- Monaghan E. (2012) Assessing participation and democracy in the EU: the case of the European Citizens' Initiative. *Perspectives on European politics and society* 13(3) 285-298.
- Monjon S. e Quirion P. (2011) A border adjustment for the EU ETS: reconciling WTO rules and capacity to tackle carbon leakage. *Climate Policy*, 11: 1212-1225.
- Pisani Ferry J. (2019) The coming clash between climate and trade. Project Syndicate, online: *https://www.project-syndicate.org/commentary/european-union-needs-carbon-neutrality-strategy-by-jean-pisani-ferry-2019-07*
- Rocchi et al. (2018) Border Carbon Adjustments based on avoided emissions: addressing the challenge of its design. *Ecological Economics* 145:126-136.
- Tietenbergh T.H. (2013) Reflections: carbon pricing in practice. *Review of Environmental Economics and Policy*, 7 (2): 313-329.
- Setälä M. e Schiller T. (2012) *Citizens' initiatives in Europe: Procedures and consequences of agenda-setting by citizens*, New York: Pallgrave MacMillan, pp. 262.
- Science for Democracy (2019) A price for carbon to fight climate change, discourage fossil fuel consumption, encourage energy saving and use of renewable sources, online: *www.stopglobalwarming.eu*
- Smith G. (2012) "The European Citizens' Initiative (ECI): a new institution for empowering Europe's citizens?", in: Dougan, M., Shuibhne, N.N. and Spaventa, E. (Eds.) *Empowerment and disempowerment of the European citizen*, Oxford Hart.
- Stiglitz J.A. e Stern N., Eds. (2017) *Report of the High-Level Commission on Carbon Prices*. New York: International Bank for Reconstruction and Development and International Development Association / The World Bank.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Marco Cappato e Marco Perduca dell'Associazione Luca Coscioni per la Libertà di Ricerca Scientifica, co-fondatori di Science for Democracy, per avere costituito il gruppo interdisciplinare di ricercatori, esperti ed attivisti che ha concepito la ICE discussa in questo contributo. Si ringraziano Virginia Fiume e Guido Long per averne coordinato la redazione e curato la presentazione alla Commissione Europea.



Photo by Chris LeBoutillier from Pexels

# L'END OF WASTE: DALLA CULLA ALLA CRISI

Federica Carollo<sup>1\*</sup>, Lucia Rigamonti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambiente – sezione Ambientale, Milano.

**Sommario** – Il termine End of Waste (in italiano “cessazione della qualifica di rifiuto”) rappresenta l’intero processo che permette al rifiuto di tornare a svolgere un ruolo utile e attivo come prodotto ed è un tassello fondamentale dell’economia circolare, che da ormai qualche anno si pone l’obiettivo di effettuare un cambio di modello di business rispetto al modo di consumare e di intendere l’utilizzo della materia, al fine di avvicinarsi sempre di più ai modelli naturali. Il raggiungimento di questo nuovo modello economico è però reso difficile a causa dei vincoli imposti dalla normativa vigente che risulta spesso frammentata e non chiara. Questo articolo si pone l’obiettivo di raccontare le vicende normative in campo End of Waste (EoW) che si sono susseguite, partendo dalla prima volta in cui viene definita la corretta gestione dei rifiuti, con una normativa europea risalente al 1975, seguita da una serie di Decreti Ministeriali in Italia indirizzati tutti al perseguimento della via per l’economia circolare. Questo fino alla Sentenza del 2018 che ha messo in crisi la gestione dei rifiuti poiché ha tolto alle autorità competenti il diritto di concedere autorizzazioni agli impianti produttori di EoW. Le imprese, avendo gli impianti bloccati, hanno incitato insieme alle associazioni di categoria e alle Regioni a creare un nuovo Decreto che sbloccasse la situazione. Il Ministero ha quindi emesso il Decreto cosiddetto “sblocca cantieri”, che ha fatto tornare il diritto di concedere autorizzazioni alle Regioni ma in molti punti richiama una Direttiva di 20 anni prima che rende limitativo il corretto riciclo dei materiali. Regione Lombardia, si è adoperata nel prendere le difese delle imprese convocando in più tavoli di confronto esperti del settore, figure politiche e associazioni di categoria in modo tale da cercare di trovare una soluzione al problema. Parallelamente, il tavolo sui rifiuti da costruzione e demolizione sta lavorando con obiettivo l’emissione di un regolamento End of Waste per i rifiuti inerti al momento ancora mancante. Ad oggi si continuano ad attendere nuove notizie da parte del Ministero dell’Ambiente riguardo al nuovo regolamento EoW per rifiuti inerti mentre per le “autorizzazioni” si è forse arrivati ad una conclusione grazie al recente D.L. Crisi Aziendali emesso lo scorso 2 novembre 2019.

**Parole chiave:** rifiuti, economia circolare, ciclo di vita, riciclo, rifiuti da costruzione e demolizione.

## END OF WASTE: FROM CRADLE TO CRISIS

**Abstract** – The End of Waste (EoW) represents the entire process that allows the waste to return to play a useful and active role as a product. It is a fundamental piece of the circular economy, which for the past few years has set the objective of making a change in the business model regarding the way of consuming and understanding the use of materials, in order to get closer to natural models. Unfortunately, the achievement of this new economic model is made increasingly difficult due to the constraints imposed by current legislation, which is often fragmented and unclear. This article aims to tell the regulatory events in the end of waste field that occurred during the years, starting from the first time that the correct waste management was defined with the European legislation of 1975, followed by a series of Ministerial Decrees in Italy, all aimed at pursuing the circular economy’s path. This up to the Sentence of 2018 that undermined the balance just created on waste management as it deprived the Regions of the right to grant authorisations to recycling facilities. The companies, to which all recycling activities have been blocked, urged together with the trade associations and the Regions to create a new Decree to unblock the situation. The Ministry then issued the so-called Decree “sblocca cantieri” (unlock construction), which effectively permits the returns of the right to grant authorisations to the Regions, but in many parts it refers to a 20-year ago Directive that limits proper recycling of materials. The authorisations that have suffered the sentence are essentially the ordinary ones. Recycling plants can in fact obtain authorisation either for ordinary procedures or for simplified procedures. The simplified procedure makes it possible to obtain authorisation directly by following certain strict criteria. If the material does not follow these criteria then it will go under the ordinary process. The Lombardy Region has worked to defend companies by calling experts, sector figures, political figures and trade associations to try to find a solution to the problem. Today, waiting for news from the Ministry, a Circular letter was issued by the Region in which companies are encouraged not to “remove” the authorisations in their possession. At the same time, among the subgroup for construction and demolition waste, some experts aim to issue a regulation for the end of waste regarding inert waste, a regulation that is still missing today. Nowadays we are still waiting for some news from the Ministry of the Environment regarding the new EoW regulation for C&D waste while the matter about “authorizations” has come into a conclusion thanks to the D.L. Crisi Aziendali issued last November 2, 2019.

**Keywords:** waste, circular economy, life cycle, recycling, construction and demolition waste.

\* Per contatti: Piazza Leonardo da Vinci, 32 – 20133 Milano. Tel. 02.23996241. E-mail: federicacarla.carollo@polimi.it

Ricevuto il 22-11-2019. Correzioni richieste il 2-1-2020. Accettazione il 10-1-2020.

## 1. L'END OF WASTE

Il termine “End of Waste”, di recente introduzione nel lessico tecnico, viene comunemente tradotto in italiano come “cessazione della qualifica di rifiuto” e rappresenta l'intero processo che permette al rifiuto di tornare a svolgere un ruolo utile e attivo come prodotto (Maglia & Maestri, 2018).

L'End of Waste è un tassello fondamentale dell'economia circolare, che da ormai qualche anno si pone l'obiettivo di effettuare un cambio di modello di business rispetto al modo di consumare e di intendere l'utilizzo della materia, al fine di avvicinarsi sempre di più ai modelli naturali.

Il raggiungimento di questo nuovo modello economico è però reso sempre difficile dai vincoli imposti dalla normativa vigente che risulta spesso frammentata e non chiara.

Nei seguenti paragrafi si ripercorre la vita normativa dell'End of Waste (Figura 1), per comprendere meglio le problematiche sorte negli ultimi anni e se e come queste sono state risolte.

### 1.1. La nascita europea

Il concetto di corretta gestione dei rifiuti entra in campo ben 44 anni fa, nel 1975, con la Direttiva 75/442/CEE.

In Europa, in quegli anni, si erano gettate le basi per iniziare a parlare di riciclo ed economia circolare. La prevenzione era già allora alla base del concetto di economia circolare: bisognerebbe infatti puntare a prevenire la produzione di rifiuti piuttosto che pensare direttamente al riciclo, che per quanto possa essere un processo volto alla salvaguardia dell'ambiente richiede comunque un certo consumo di energia e manodopera.

La Direttiva, che essendo tale impone il recepimento entro 2 anni dall'emissione, venne recepita abbastanza rapidamente da tutti gli stati membri dell'Unione Europea (UE), tranne che dall'Italia, che la prese in considerazione “solo” 7 anni dopo con il DPR 915/82 incentrato però sui criteri generali di regolamentazione dell'attività di smaltimento dei rifiuti e con scarso risalto alla possibilità di riutilizzo e riciclo degli stessi, auto-escludendosi, quindi, dal nuovo “way of thinking” Europeo.

### 1.2. Il tardivo recepimento italiano

Finalmente nel 1997, l'allora Ministro dell'Ambiente, Edoardo “Edo” Ronchi, presentò la legge che rivoluzionò il sistema di gestione dei rifiuti in

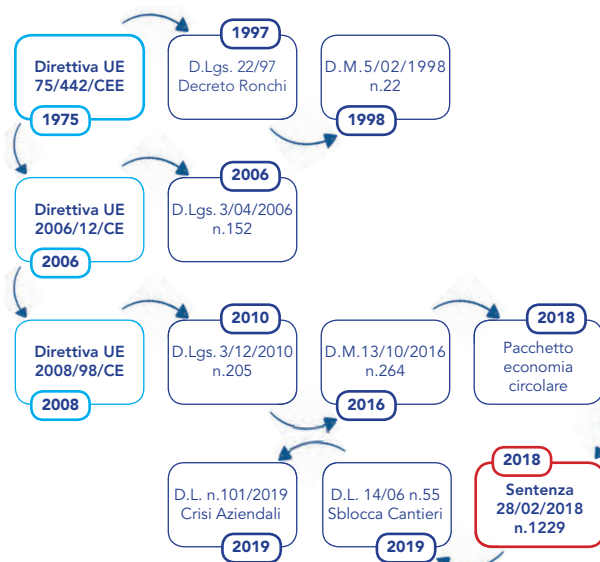


Figura 1 – Schema temporale della normativa End of Waste

Italia. Con il “Decreto Ronchi” (D.Lgs 22/97), dopo ben 22 anni, la Direttiva del 1975 venne finalmente recepita e si iniziò a parlare di corretta gestione dei rifiuti.

Il Decreto, emanato per rendere efficaci le Direttive Europee sui rifiuti urbani, sui rifiuti pericolosi e sugli imballaggi, rappresentando il principio cardine della gestione dei rifiuti in Italia, fino a quel momento frammentata, stabilì delle precise regole per:

- Ridurre la produzione dei rifiuti;
- Incentivare il recupero e il riciclo;
- Aumentare la coscienza ambientale dei cittadini;
- Creare una collaborazione attiva tra imprese e comuni.

La vera innovazione del Decreto Ronchi fu però l'introduzione di un sistema più equo di tassazione per la produzione dei rifiuti, il cosiddetto principio del “Chi più inquina, più paga” (MIL-TEK Italia, 2018), insieme alla creazione di un sistema di raccolta e riciclo dei rifiuti, regolato dal consorzio unico CONAI (consorzio nazionale imballaggi) e altri consorzi di filiera. Grazie a questi, oggi la situazione rifiuti è diventata più ordinata e gestibile rispetto agli anni '90 in cui il concetto di raccolta differenziata era ancora ostico e la quasi totalità dei rifiuti solidi urbani veniva direttamente inviata a smaltimento.

Qualche mese dopo l'uscita del Decreto del '97, entrò in vigore il Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998, il quale individuava i rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del Decreto 22 del 1997. Il Decreto del '98 è ancor oggi pre-

so come riferimento per il riciclo dei rifiuti, fatto che, come vedremo, fa nascere non poche polemiche.

### 1.3. Il Testo Unico Ambientale

Gli sviluppi legislativi degli ultimi anni partono nel 2006 quando venne adottata la Direttiva 2006/12/CE che rappresenta un restyling della Direttiva del 1975 e stabilisce, ancora una volta, il quadro normativo per il trattamento dei rifiuti nella Comunità Europea. La Direttiva ri-definisce alcuni concetti basilari, come le nozioni di rifiuto, recupero e smaltimento, e stabilisce gli obblighi essenziali per la gestione dei rifiuti.

Il 29 aprile 2006 con il Decreto legislativo 152/06 entra, invece, in vigore il Testo Unico Ambientale (TUA) che abroga il Decreto Ronchi per poi di fatto inglobarlo nella sua parte IV. Sovrapponendo questa parte al Decreto si prova infatti la totale corrispondenza a meno di un istituto, ossia quello che inserisce il concetto di sottoprodotto (Maglia, 2018).

Il Testo Unico Ambientale conosciuto anche come “Codice dell’Ambiente” viene considerato ancora oggi fondamento in materia ambientale e in questi anni ha subito una sessantina di modifiche (le principali nelle parti II, IV e V) oltre ad essere addirittura state aggiunte altre due parti, la V bis (“Disposizioni per particolari installazioni”) e la VI bis (“Disciplina sanzionatoria degli illeciti amministrativi e penali in materia di tutela ambientale”) (Maglia, 2018).

Il TUA definisce “l’End of Waste” all’art. 184-ter:

*“Comma 1. Un rifiuto cessa di essere tale, quando è stato sottoposto a un’operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfi i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni:*

- a) la sostanza o l’oggetto è comunemente utilizzato per scopi specifici;*
- b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;*
- c) la sostanza o l’oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;*
- d) l’utilizzo della sostanza o dell’oggetto non porterà impatti complessivi negativi sull’ambiente o sulla salute umana.*

*Comma 2. L’operazione di recupero può consistere semplicemente nel controllare i rifiuti per veri-*

*ficare se soddisfano i criteri elaborati conformemente alle predette condizioni. I criteri di cui al comma 1 sono adottati in conformità a quanto stabilito dalla disciplina comunitaria ovvero, in mancanza di criteri comunitari, caso per caso per specifiche tipologie di rifiuto attraverso uno o più Decreti del Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare, ai sensi dell’articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400. I criteri includono, se necessario, valori limite per le sostanze inquinanti e tengono conto di tutti i possibili effetti negativi sull’ambiente della sostanza o dell’oggetto.”*

Secondo il comma 2 i criteri specifici da soddisfare vengono adottati in conformità con quanto stabilito dalla disciplina comunitaria o qualora mancante, adottando il “caso per caso” attraverso Decreti Ministeriali appositamente creati.

Al riguardo, si precisa che a oggi, a livello Europeo, sono stati adottati solo sei regolamenti in materia di EoW, dedicati ai rottami metallici (regolamento n. 333/2011/UE), di vetro (regolamento n. 1179/2012/UE) e di rame (regolamento n. 715/2013/UE), ai combustibili solidi secondari (CSS) (DM 14 febbraio 2019 n. 22), al biometano e, l’ultimo arrivato, ai prodotti assorbenti per la persona (PAP) (DM 15 maggio 2019, n. 62), quindi le restanti autorizzazioni sono concesse dalle Regioni secondo il principio, sopra detto, del caso per caso.

Il comma 3 dell’art. 184-ter chiarisce che, nelle more dell’adozione dei Decreti Ministeriali, continuano ad applicarsi le disposizioni di cui ai Decreti MATTM del 5 febbraio 1998, 12 giugno 2002, n. 161 e 17 novembre 2005, n. 269, i quali dettano specifiche previsioni per le attività di recupero di rifiuti non pericolosi, pericolosi e pericolosi provenienti dalle navi, esercitate in regime semplificato (Bertuzzi, 2018):

*“Comma 3. Nelle more dell’adozione di uno o più Decreti di cui al comma 2, continuano ad applicarsi le disposizioni di cui ai Decreti del ministro dell’ambiente e della tutela del territorio in data 5 febbraio 1998, 12 giugno 2002, n. 161, e 17 novembre 2005, n. 269 e l’art. 9-bis, lett. a) e b), del Decreto-Legge 6 novembre 2008, n. 172, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 dicembre 2008, n. 210. La circolare del ministero dell’ambiente 28 giugno 1999, prot. N. 3402/v/min. si applica fino a sei mesi dall’entrata in vigore della presente disposizione.”*



Esso si riferisce alle procedure semplificate che sono riconosciute come linee guida nazionale di End of Waste e sostituiscono l'autorizzazione all'esercizio di una attività, prevista in via ordinaria dal Decreto legislativo 152/2006, se e solo se vengono seguiti degli standard ministeriali fissati nella forma del DM 05.02.1998, per i rifiuti non pericolosi, e del DM 161 del 12.06.2002, per i rifiuti pericolosi. Qualora questi criteri non fossero rispettati allora l'impianto rientrerebbe nelle procedure ordinarie.

#### 1.4. La Direttiva quadro n. 98 del 2008

Il contesto è quello della revisione della normativa Europea sui rifiuti contenuta nella Direttiva 2006/12/CE, alla quale il Parlamento e il Consiglio dell'UE hanno provveduto adottando la Direttiva 2008/98/CE del 19 novembre 2008, ancor oggi conosciuta come Direttiva Quadro in materia di rifiuti, la quale contiene oltretutto alcuni strumenti normativi utili per il raggiungimento del nuovo obiettivo per l'Italia: divenire la "società del riciclaggio" (Anile, 2011).

I tre principali strumenti normativi sono:

a) *Articolo 8: Responsabilità estesa del produttore*

È il primo istituto giuridico di economia circolare. Invita il Ministero dell'Ambiente ad adottare dei Decreti volti a responsabilizzare i produttori per facilitare l'utilizzo efficiente delle risorse durante l'intero ciclo di vita, comprese le fasi di riutilizzo, riciclaggio e recupero dei rifiuti.

Questi Decreti non sono mai stati proposti e adottati.

b) *Articolo 11: Riutilizzo e riciclaggio*

Atto a favorire la creazione di centri per il controllo, la pulizia, lo smontaggio, la riparazione dei

rifiuti, provvisti di autorizzazioni per operare. Il Ministero dell'Ambiente è ancora una volta invitato a definire, con uno o più Decreti, le modalità operative per la costituzione e il sostegno di centri e reti accreditati, e la definizione di procedure autorizzative semplificate oltre ad un catalogo esemplificativo di prodotti e rifiuti di prodotti che possono essere sottoposti, rispettivamente, a riutilizzo o a preparazione per il riutilizzo.

Questi Decreti non sono mai stati proposti e adottati.

c) *Articolo 5: Sottoprodotti*

Fornisce una definizione e i requisiti che rendono uno scarto un sottoprodotto.

*“È un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:*

*a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;*

*b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;*

*c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*

*d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.”*

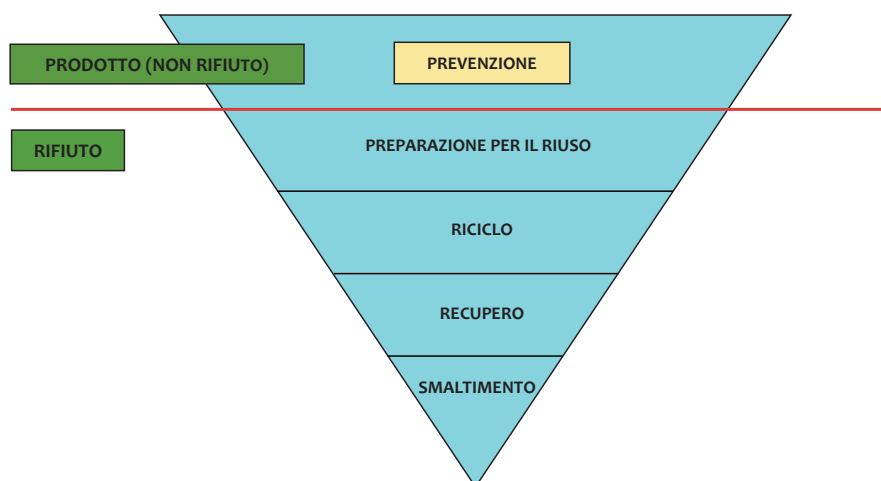


Figura 2 – Gerarchia dei rifiuti (Commissione Europea, 2008)

La Direttiva riprende, inoltre, nel suo art. 6 “Cessazione della qualifica di rifiuto”, l’art. 184-ter del Testo Unico Ambientale e stabilisce nel suo art. 4 la cosiddetta “gerarchia dei rifiuti” (Figura 2) che indica in generale un “ordine di priorità” di ciò che costituisce “la migliore opzione ambientale nella normativa e nella politica dei rifiuti” (EcoRecuperi, s.d.). La misura ideale da adottare, quella alla base del triangolo, è la prevenzione. Come già detto, è atta ad evitare la produzione del rifiuto stesso. Segue la preparazione per il riutilizzo, ovvero le operazioni di controllo, pulizia e riparazione attraverso cui prodotti o componenti di prodotti diventati rifiuti sono preparati in modo da poter essere reimpiegati senza altro pretrattamento. La terza possibilità è il riciclo del prodotto con l’obiettivo di dare nuova vita allo stesso e se questo, per qualsiasi motivo, non fosse possibile si tenta almeno il recupero di energia o altre operazioni il cui principale risultato sia di «permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile sostituendo altri materiali». L’ultimo gradino, in punta, è lo smaltimento in discarica o l’incenerimento senza recupero di energia, da considerarsi solo quando non è possibile applicare nessun’altra misura.

L’Italia ha recepito abbastanza in fretta la Direttiva del 2008, solo due anni dopo, con il D.Lgs 205/10, con il quale si modifica la parte IV del TUA, che cambia fundamentalmente in relazione ai 3 nuovi istituti (Maglia, 2018), Articolo 178-bis, Articolo 180-bis e Articolo 184-bis.

Sei anni dopo, con il Decreto Ministeriale del 13 ottobre 2016, n. 264 entra in vigore un regolamento recante indicazioni per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti.

### 1.5. *Pacchetto Legislativo sull’economia circolare*

Da qui in avanti si introduce il nuovo pacchetto dell’economia circolare approvato il 15 marzo 2017 dal parlamento europeo ed entrato in vigore il 4 luglio 2018.

Al fine di incentivare l’economia circolare vengono proposte modifiche a 6 Direttive:

- Dir. 2008/98: rifiuti;
- Dir. 1994/62: imballaggi;
- Dir. 2000/53: veicoli fuori uso;
- Dir. 2006/66: pile e accumulatori;
- Dir. 2012/19: rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE);

- Dir. 1999/31: discariche.

Tra gli obiettivi delle nuove Direttive è previsto (Petrucci, 2018):

- Il riciclo entro il 2025 per almeno il 55% dei rifiuti urbani (60% entro il 2030 e 65% entro il 2035) e parallelamente si vincola lo smaltimento in discarica (fino a un massimo del 10% entro il 2035).
- Il 65% degli imballaggi dovrà essere riciclato entro il 2025 e il 70% entro il 2030.
- I rifiuti tessili e i rifiuti pericolosi delle famiglie (come vernici, pesticidi, oli e solventi) dovranno essere raccolti separatamente dal 2025 e, sempre a partire dal 2025, i rifiuti biodegradabili dovranno essere obbligatoriamente raccolti separatamente o riciclati a casa attraverso il compostaggio.

## 2. *UNA SENTENZA CRITICA*

A febbraio del 2018 il Consiglio di Stato emette una Sentenza (n. 1229 del 28 febbraio 2018) che mette in crisi tutto il sistema della gestione dei rifiuti.

Il Consiglio di Stato, richiamando la citata Direttiva Quadro Europea sui rifiuti (2008/98/CE), in particolare l’art. 6 (o 184-ter del D.Lgs 152/06), la interpreta riservando in via esclusiva allo Stato la possibilità di determinare i criteri di dettaglio sulla definizione delle condizioni che permettono ai rifiuti di poter diventare nuovi prodotti realizzando quel processo di recupero di risorse definito “End of Waste” (Suardi & Maglia, 2018).

Le Regioni vengono quindi private della facoltà di individuare “caso per caso” i criteri per la cessazione della qualifica di rifiuti, in base ai quali concedere le autorizzazioni ordinarie.

Questa Sentenza ha messo in crisi le Aziende di recupero rifiuti con le autorizzazioni in scadenza con il conseguente parziale blocco delle attività di riciclo.

### 2.1. *Il Decreto “Sblocca Cantieri”*

Dopo oltre un anno di blocco per effetto della Sentenza del Consiglio di Stato, come risposta alle pressanti lamentele delle Regioni, il Ministero dell’Ambiente emana la legge 14 giugno 2019 n. 55, di conversione del Decreto Legge 32/2019 c.d. “Sblocca Cantieri”.

In tale legge si stabilisce che torni alle Regioni la competenza di concedere le autorizzazioni agli impianti volti al trattamento dei rifiuti per il cosiddetto End of Waste.

Il comma 3 dell'articolo 184-ter del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, viene sostituito dal seguente:

“...Le autorizzazioni... sono concesse dalle autorità competenti sulla base dei criteri indicati nell'allegato 1, sub allegato 1, al citato Decreto 5 febbraio 1998, nell'allegato 1, sub allegato 1, al citato regolamento di cui al Decreto 17 novembre 2005, n. 269...”

La facoltà di concedere autorizzazioni è quindi in questo modo tornata alle Regioni ma lo Sblocca Cantieri stabilisce che continuino ad essere utilizzati come Decreti per la cessazione della qualifica di rifiuto il Decreto Ministeriale del 5 febbraio 1998 e successivi.

La riforma rimane quindi ancorata al passato e non tiene conto dei progressi industriali e tecnologici nel frattempo raggiunti, da soli in grado di fare la differenza nella realizzazione di un'economia circolare effettiva. Inoltre, è limitata ad alcune categorie di rifiuto, quali i rifiuti di carta e cartone, i rifiuti di vetro in forma non disperdibile, i rifiuti di metalli o contenenti metalli, i rifiuti di plastiche, i rifiuti ceramici e inerti, i rifiuti tessili, i rifiuti di legno e sughero, i rifiuti di caucciù e gomma, i rifiuti provenienti dall'industria agroalimentare, i fanghi, i rifiuti compostabili ecc. (DM 5.02.98) lasciando scoperte categorie che raggruppano i rifiuti da costruzione e demolizione (C&D), i RAEE, i rifiuti in vetro-resina ecc.

Il primo a esprimere dubbi sul nuovo comma 3 è stato AssoARPA che attraverso un Position Paper ha chiesto al Ministero (ottenendo risposta solo con il DL Crisi Aziendali) di chiarire se le autorizzazioni vigenti possano considerarsi efficaci sino alla scadenza delle stesse (AssoARPA, 2019).

### 3. L'AZIONE DI REGIONE LOMBARDIA?

È opinione comune che il DM 5/2/98 sia generico, superato tecnicamente, mal si adatti al recupero dei rifiuti e non possa rappresentare un riferimento per le riforme che il settore richiede.

Regione Lombardia, a seguito dell'emanazione della Legge n. 1229 del 28 febbraio 2018, si è schierata a supporto delle Associazioni di categoria (CNA Nazionale, Confartigianato Imprese, Federbeton con ATECAP, FISE Unicircular, ANPAR, Legacoop Produzione e Servizi e il supporto di Centro Materia Rinnovabile) (FiseUnicircular, 2019) chiedendo tempestivamente al Ministe-

ro dell'Ambiente di confermare a livello interpretativo che le autorizzazioni esistenti, non in fase di rinnovo o revisione, potessero mantenere invariata la loro validità. A fronte di mancati riscontri e di un sostanziale mantenimento dello status quo, Regione Lombardia ha richiesto la convocazione del coordinamento delle Regioni sull'argomento per assumere comportamenti comuni sul territorio nazionale e portare a termine un nuovo regolamento “End of Waste”.

Ad oggi si sta quindi lavorando per riuscire a stilare delle linee guida sul tema che possano risollevare la critica situazione normativa. Da giugno sono stati convocati in più tavoli istituzionali gli esperti di categoria (FiseUnicircular, Arpa, Anpar ecc.), molti esponenti politici e le università (Politecnico di Milano, Università di Brescia, Università di Padova) per discutere di possibili soluzioni. L'ultimo incontro del “Tavolo Istituzionale dell'Osservatorio per l'economia circolare e la transizione energetica” tenutosi il 20 settembre 2019 a Brescia ha portato all'emissione di una Circolare (Petrucci, 2019) in cui la Regione Lombardia ha dato indicazione alle Province di non intervenire sulle autorizzazioni End of Waste in vigore. La Circolare si basa sull'ambiguità interpretativa riscontrata nel Decreto-Legge 32/2019 n.55 (c.d. sblocca cantieri) che lascia difatti spazio a due possibili interpretazioni riguardo al destino delle autorizzazioni ordinarie.

La prima è che il Decreto si applichi solo alle nuove autorizzazioni e non a quelle già esistenti, attaccandosi al principio giuridico del “tempus regit actum” ovvero della norma che valeva al momento in cui l'autorizzazione è stata rilasciata. La seconda interpretazione è che la norma vada subito applicata a tutte le autorizzazioni e quindi comporti l'avvio di procedimenti di revoca parziale o totale delle autorizzazioni non conformi al Decreto del 1998. La Regione ritenendo più conveniente adottare la prima interpretazione ha consigliato quindi alle Province di non “stralciare” le autorizzazioni vigenti in attesa di un ulteriore pronunciamento dal Ministero, il quale è recentemente arrivato con il DL Crisi Aziendali attraverso il quale sono fatte salve le autorizzazioni in essere.

### 4. LA VALORIZZAZIONE DEI RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE

La valorizzazione dei rifiuti da costruzione e demolizione (c.d. C&D) è una questione nodale per l'economia del Paese; è un problema, ma al tempo

stesso un'opportunità, che coinvolge decine di migliaia di impianti di recupero.

Secondo lo studio che il Politecnico di Milano ha recentemente condotto per Regione Lombardia (Rigamonti et al., 2017), gli impianti che nel 2014 hanno svolto attività di recupero (R5) dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione risultano 378 a livello regionale per un totale di rifiuti gestiti pari a circa 7,2 milioni di tonnellate con riferimento ai soli materiali inerti (escluse terre e rocce da scavo che vengono trattate separatamente), per arrivare a circa 12 milioni di tonnellate (incluso le terre e rocce da scavo) nel 2017 secondo il Rapporto Rifiuti Speciali di ISPRA (ISPRA, 2019).

Stabilire regole chiare attraverso le quali valorizzare pienamente questi materiali nelle costruzioni è quindi diventato un passo importante per l'economia del settore. Tra i regolamenti EoW, come già detto, ne manca uno riguardante proprio questo settore. L'obiettivo è perciò arrivare alla redazione di un nuovo testo di regolamento "End of Wa-

ste" per i rifiuti da Costruzione e Demolizione che preveda analisi e verifiche assolutamente rigorose ma costruite a misura degli scopi specifici ai quali "la sostanza o l'oggetto è destinato".

All'interno dell'Osservatorio per l'economia circolare e la transizione energetica della Regione Lombardia sono stati istituiti dei tavoli tecnici e un sotto gruppo di questi è dedicato proprio ai rifiuti inerti. In tale tavolo si sta lavorando alla preparazione di un regolamento "End of Waste" per i rifiuti da C&D.

L'ANPAR (Associazione Nazionale Produttori Aggregati Riciclati) ha chiesto agli operatori del settore del recupero dei rifiuti inerti quali fossero i problemi riscontrati quotidianamente a causa della normativa vigente in modo tale da proporre soluzioni ed elaborare delle linee guida per il nuovo regolamento (Tabella 1). Per ognuno di questi problemi ha proposto delle soluzioni che messe tutte insieme possono gettare le basi per le nuove linee guida.

*Tabella 1 – Position Paper (ANPAR, 2019): Criticità riscontrate dagli operatori del settore a causa della normativa vigente e relative soluzioni proposte da ANPAR*

CRITICITÀ	PROBLEMA	SOLUZIONE
<b>Limitazione dei codici EER già autorizzati</b>	L'eliminazione dei codici EER causerebbe la perdita della facoltà di trattamento, indirizzando il rifiuto verso lo smaltimento in discarica.	Aumentare il più possibile la lista dei codici EER ammessi alla produzione di aggregati riciclati.
<b>Accettazione dei rifiuti in ingresso</b>	Impossibilità di avere campioni rappresentativi sia dei rifiuti in ingresso sia dei prodotti in uscita a causa della loro estrema eterogeneità.	Inserire diversi momenti di controllo di qualità nell'intero processo di recupero in modo da prequalificare i rifiuti in ingresso sulla base della loro tipologia e origine.
	Nella caratterizzazione delle piccole quantità il costo delle analisi chimiche risulta essere superiore al costo del conferimento.	Si propone al produttore di autocertificare l'origine e la modalità di produzione del rifiuto.
<b>Caratterizzazione dei prodotti</b>	Impossibilità di avere campioni rappresentativi sia dei rifiuti in ingresso sia dei prodotti in uscita a causa della loro estrema eterogeneità.	Inserire diversi momenti di controllo di qualità nell'intero processo di recupero in modo da prequalificare i rifiuti in ingresso sulla base della loro tipologia e origine.
	Il test di cessione (All. 3 del DM 5/2/98) per la valutazione dell'impatto sulla salute dell'uomo e sull'ambiente contiene limitazioni alla concentrazione di sostanze costituenti i rifiuti da C&D.	Revisione accurata del test di cessione in modo tale da tener conto delle reali condizioni di utilizzo del materiale, integrando pure i test Eco-tossicologici.
	La normativa pone dei limiti alle concentrazioni di parametri costituenti i materiali e non solo è un controsenso logico, ma soprattutto rischia di negare il raggiungimento dello status di End of Waste agli aggregati riciclati prodotti da normali rifiuti da costruzione e demolizione.	Eliminare i parametri che rappresentano dei costituenti dei materiali prodotti e non dei contaminanti (es. cloruri, solfati, COD/TOC) e/o inserire nuovi criteri e metodi di misura.
	Presenza di cemento amianto tra i rifiuti in entrata all'impianto di conferimento.	Introdurre la ricerca del parametro amianto fissandone il limite previsto dalla Tab.1, Allegato 5, Parte IV del D.Lgs 152/06, che si ricorda essere pari a 1000 mg/kg.
<b>Tracciabilità dei lotti di produzione</b>	Difficoltà nel garantire la tracciabilità dei singoli lotti stoccati in cumuli in attesa dell'immissione sul mercato.	Consentire al gestore dell'impianto di recupero lo stoccaggio in unici cumuli di diversi lotti omogenei di aggregati, già certificati e qualificati, aventi le medesime caratteristiche.
<b>Garanzia della qualità ambientale per le specifiche destinazioni d'uso</b>	Utilizzare solo il test di cessione per valutare l'impatto ambientale su prodotti destinati a utilizzi diversi potrebbe risultare riduttivo in alcuni casi e superfluo in altri (utilizzi legati).	Determinare le condizioni di EoW dei prodotti da immettere sul mercato mantenendo l'impostazione delle norme Europee armonizzate sugli aggregati che sono emanate per le loro diverse tipologie d'uso.

Dal Position Paper presentato è evidente come gli operatori del settore riscontrino, nelle lavorazioni comuni, molte problematiche non indifferenti.

Una di queste, forse la più discussa, è quella legata alla modalità di valutazione del rilascio dei costituenti dei materiali e il potenziale inquinamento dell'ambiente. Attualmente la normativa impone l'applicazione del test di cessione (test di lisciviazione o leaching test) i cui valori limite sono dettati dal DM 5/02/98. Questi limiti risultano essere molto restrittivi e oltretutto sono posti anche a sostanze costituenti dei materiali, quali, ad esempio, i cloruri e i solfati (presenti nei gessi), portando non solo a un controsenso logico, ma soprattutto mettendo a rischio il raggiungimento dello status di End of Waste degli aggregati riciclati prodotti da normali rifiuti da costruzione e demolizione. Per la stesura del nuovo regolamento ci si è chiesto, durante il tavolo tecnico tenutosi in Regione Lombardia il 24 settembre 2019, se sia conveniente continuare a utilizzare il test di cessione per la valutazione dei rischi ambientali o se sarebbe meglio adottare nuovi metodi come i test eco-tossicologici, già ampiamente utilizzati negli altri Stati membri dell'UE. La normativa vigente francese sul tema rifiuti, ad esempio, prevede già il test eco-tossicologico affiancato al test di cessione (le cui concentrazioni limite sono comunque superiori a quelli dettati da DM 5/02/98). In Olanda è invece previsto il test di percolazione. In Austria varia la granulometria del materiale indagato salendo a 10 mm contro i 4 mm previsti dalla legge italiana (la minore dimensione dei granuli infierisce sul risultato finale del test). Si sta, dunque, per il momento, perseguendo la strada dell'informazione sulle metodologie estere in previsione della scelta dei nuovi metodi o comunque di sperimentazioni a supporto dell'innalzamento dei limiti normativi per il test di cessione.

## 5. CONCLUSIONI

Ad oggi si continuano ad attendere nuove notizie da parte del Ministero dell'Ambiente riguardo al nuovo regolamento EoW per rifiuti inerti mentre per le "autorizzazioni" si è forse arrivati ad una conclusione.

Una data che si aspettava con ansia era quella dell'uscita del Decreto-Legge Clima (14 ottobre 2019, n. 111) poiché si preannunciava la presenza di un capitolo totalmente dedicato all'End of Waste. All'uscita è sopraggiunta però la delusione nel vede-

re l'art. 12 intitolato "cessazione qualifica di rifiuto" totalmente vuoto.

Il 2 novembre 2019 è stata invece pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale la L 128 del 2 novembre (in vigore dal giorno successivo), ovvero la legge di conversione del DL 3 settembre 2019, n. 101, "recante disposizioni urgenti per la tutela del lavoro e per la risoluzione di crisi aziendali". Questa volta l'art. 14 bis non è bianco ma contiene la riforma della "cessazione della qualifica di rifiuto". Attraverso questo emendamento si supera finalmente il blocco operativo generato dalla Sentenza del Consiglio di Stato n. 1229/2018 e dalla norma introdotta con la legge "Sblocca Cantieri", riavviando, in linea con le disposizioni Europee, i procedimenti autorizzativi End of Waste facendo salve le autorizzazioni "uniche" e le Aia le quali, alla data del 3 novembre 2019, risultino in essere, o per le quali è in corso un procedimento di rinnovo, o che risultino scadute ma per le quali viene presentata un'istanza di rinnovo entro il 2 marzo 2020, per quelle tipologie di rifiuti che non dispongono di riferimenti normativi europei o nazionali (AssoAmbiente, 2019).

Nasce tuttavia anche in questa occasione una criticità, dettata da una nuova e stratificata procedura di "controlli sui controlli" sugli impianti che introduce la possibilità di controlli discrezionali a campione e con tempi di ritorno del giudizio che potrebbero superare i 325 giorni facendo rinascere il malcontento tra le organizzazioni che si auspicano adesso il celere snellimento delle procedure burocratiche e la certezza dei titoli autorizzativi rilasciati dalle Autorità competenti (ANSA, 2019).

## 6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Anile F. (2011) Rifiuti, sottoprodotti e Mps: commento ai nuovi articoli 184-bis e 184-ter.  
Disponibile su: [http://www.reteambiente.it/ra/rol/195/stralci/Rifiuti\\_sottoprodotti\\_Mps.pdf](http://www.reteambiente.it/ra/rol/195/stralci/Rifiuti_sottoprodotti_Mps.pdf)
- ANPAR. (2019) L'End of Waste dei rifiuti inerti: Position Paper.  
Disponibile su: <http://anpar.org/wp-content/uploads/2018/12/Position-Paper-ANPAR-su-EW-30-Settembre-2018.pdf>
- ANSA (2019) End of Waste: Utilitalia e Fise, i controlli sono eccessivi.  
Disponibile su:  
[http://www.ansa.it/canale\\_ambiente/notizie/rifiuti\\_e\\_riciclo/2019/10/23/e](http://www.ansa.it/canale_ambiente/notizie/rifiuti_e_riciclo/2019/10/23/e)  
[http://www.ecorecuperi.it/nd-of-waste-utilitalia-e-fise-i-controlli-sono-eccessivi\\_28d2e9b7-a84f-419b-a11c-ab3b4f77eb28.html](http://www.ecorecuperi.it/nd-of-waste-utilitalia-e-fise-i-controlli-sono-eccessivi_28d2e9b7-a84f-419b-a11c-ab3b4f77eb28.html)
- AssoAmbiente. (2019) Utilitalia -FISE Assoambiente: "Sbloccato EoW, ma introdotta una procedura caotica sui controlli".  
Disponibile su: [http://assoambiente.org/index.php/assoambiente/entry\\_p/Comunicati%20Stampa/comunicati\\_stampa/20791](http://assoambiente.org/index.php/assoambiente/entry_p/Comunicati%20Stampa/comunicati_stampa/20791)

- AssoARPA. (2019) Position Paper AssoARPA su norme a supporto dell'economia circolare.  
Disponibile su: <https://www.arpalombardia.it/PublishingImages/Pages/Forms/AllItems/POSITION-PAPER-ASSO-ARPA.pdf>
- Bertuzzi R. (2018) La cessazione della qualifica di rifiuto: ricostruzione della disciplina in materia End-of-Waste alla luce della Sentenza Cons. Stato n. 1229/2008.  
Disponibile su: [http://www.anvu.it/wp-content/uploads/2018/05/60\\_La-cessazione-della-qualifica-di-rifiuto-end-of-waste.pdf](http://www.anvu.it/wp-content/uploads/2018/05/60_La-cessazione-della-qualifica-di-rifiuto-end-of-waste.pdf)
- Commissione Europea. (2008) Directive 2008/98/EC on waste (Waste framework Directive).  
Disponibile su: <https://ec.europa.eu/environment/waste/framework/>
- EcoRecuperi. (s.d) Gestione Rifiuti.  
Disponibile su: <http://www.ecorecuperi.it/it/gestione-rifiuti>
- FiseUnicircular. (2019) Rifiuti: senza End of Waste il riciclo degli inerti rischia di bloccarsi.  
Disponibile su: [www.unicircular.org/index.php/unicircular/entry\\_p/Comunicati%20Stampa/comunicati\\_stampa/20496](http://www.unicircular.org/index.php/unicircular/entry_p/Comunicati%20Stampa/comunicati_stampa/20496)
- ISPRA. (2019) Rapporto Rifiuti Speciali Edizione 2019.  
Disponibile su: [http://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/rapporti/RapRifiutiSpeciali2019n.309\\_ver-sintegrale\\_Rev11Ottobre2019\\_new.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/rapporti/RapRifiutiSpeciali2019n.309_ver-sintegrale_Rev11Ottobre2019_new.pdf)
- Maglia S. & Maestri L. (2018) Cos è l'End of Waste?  
Disponibile su: <https://www.tuttoambiente.it/commenti-premium/cos-e-end-of-waste/>
- Maglia S. (2018) Economia Circolare e Rifiuti: leggi e norme in Italia.  
Disponibile su: <https://www.youtube.com/watch?v=aJLm1TBWloU>
- Maglia S. (2018) Testo Unico Ambientale: cos'è e come si è evoluto?  
Disponibile su: <https://www.tuttoambiente.it/commenti-premium/testo-unico-ambientale-cose-e-come-si-e-evoluto/>
- MIL-TEK Italia. (2018) 20 anni di Decreto Ronchi: cos'è cambiato nella gestione dei rifiuti?  
Disponibile su: <https://www.miltek.it/notizie/20-anni-di-Decreto-ronchi-cos-e-cambiato-nella-gestione-dei-rifiuti?Action=1&M=NewsV2&PID=19964>
- Petrucci F. (2018) Pacchetto economia circolare, dal 4 luglio 2018 in vigore le direttive sui rifiuti.  
Disponibile su: <http://www.reteambiente.it/news/32130/pacchetto-economia-circolare-dal-4-luglio-2018-in/>
- Petrucci F. (2019) Lombardia, Regione "salva" impianti End of Waste già autorizzati.  
Disponibile su: <http://www.reteambiente.it/news/35527/lombardia-regione-salva-impianti-end-of-waste-g/>
- Rigamonti L., Pantini S., Borghi G., Giurato M. (2017) Relazione Finale Valutazione con metodologia LCA (Life Cycle Assessment) dei flussi e del destino dei rifiuti da costruzione e demolizione.  
Disponibile su: [https://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/8fd3e9e3-2e89-4192-b378-edfa3373d2b7/Report\\_LCA+rifiuti\\_C%26D.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-8fd3e9e3-2e89-4192-b378-edfa3373d2b7-m6OnNXg](https://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/8fd3e9e3-2e89-4192-b378-edfa3373d2b7/Report_LCA+rifiuti_C%26D.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-8fd3e9e3-2e89-4192-b378-edfa3373d2b7-m6OnNXg)
- Suardi S. & Maglia S. (2018) Il recupero di rifiuti dopo la Sentenza 1229/18 del Consiglio di Stato: fine dell'EoW o della corretta gestione dei rifiuti?  
Disponibile su: [www.tuttoambiente.it/commenti-premium/sentenza-1229-consiglio-stato-fine-end-of-waste/](http://www.tuttoambiente.it/commenti-premium/sentenza-1229-consiglio-stato-fine-end-of-waste/)

## 7. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti. Gazzetta ufficiale delle Comunità europee L. 194/47 del 15 luglio 1975.
- Decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915 – Attuazione delle Direttive (CEE) n. 75/442 relativa ai rifiuti, n. 76/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea n. 343 del 15 dicembre 1982.
- Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n. 22 – Attuazione delle Direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio. (Decreto Ronchi). Gazzetta ufficiale n. 38 del 27 dicembre 2004.
- Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998 – Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del Decreto legislativo 5 febbraio 1997, n.22. Supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale n.88 del 16 aprile 1998.
- Direttiva 2006/12/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 relativa ai rifiuti. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L. 114/9 del 27 aprile 2006.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 – Norme in materia ambientale. Gazzetta ufficiale serie generale n. 88 del 14 aprile 2006 – Suppl. Ordinario n. 96.
- Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa ai rifiuti e che abroga alcune Direttive. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L. 312/3 del 19 novembre 2008.
- Decreto Legislativo 3 dicembre 2010, n. 205 – Disposizioni di attuazione della Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune Direttive. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea n. 288 del 10 dicembre 2010.
- Decreto 13 ottobre 2016, n. 264 – Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea n. 38 del 15 febbraio 2017.
- Decreto-Legge 18 aprile 2019, n. 32 coordinato con la legge di conversione 14 giugno 2019, n. 55 (in questa stessa Gazzetta Ufficiale alla pag. 1), recante: «Disposizioni urgenti per il rilancio del settore dei contratti pubblici, per l'accelerazione degli interventi infrastrutturali, di rigenerazione urbana e di ricostruzione a seguito di eventi sismici.». Gazzetta Ufficiale – Serie generale – n. 92 del 18 aprile 2019.
- Decreto-Legge 14 ottobre 2019, n. 111 – Misure urgenti per il rispetto degli obblighi previsti dalla Direttiva 2008/50/CE sulla qualità dell'aria e proroga del termine di cui all'articolo 48, commi 11 e 13, del Decreto-Legge 17 ottobre 2016, n. 189, convertito, con modificazioni, dalla Legge 15 dicembre 2016, n. 229. – Gazzetta ufficiale dell'Unione europea n. 38 del 15 febbraio 2017.
- Decreto-Legge 2 novembre 2019, n. 128 – Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-Legge 3 settembre 2019, n. 101, recante disposizioni urgenti per la tutela del lavoro e per la risoluzione di crisi aziendali. – Gazzetta ufficiale Serie Generale.

Intervista ad Alessandro Prina, Responsabile dei settori PWI di AUMA Italiana

Il settore delle acque è per AUMA uno dei settori principali in cui l'azienda opera. Grazie ad una pluriennale attività, in termini di produzione e fornitura di attuatori elettrici, e di servizi di assistenza per i clienti, AUMA è sinonimo di garanzia per quanto riguarda l'intera gestione del ciclo dell'acqua. Quest'ultimo, dalla fase di captazione alla fase finale di restituzione, richiede una complessa serie di attività e di investimenti. È per rispondere alle richieste di strumenti innovativi e di soluzioni sempre più performanti che AUMA Italiana continua a mettere a punto un'offerta sempre più integrata per i nuovi impianti.

Nonostante gli investimenti non siano ancora molto significativi, questo settore è comunque in crescita e i grandi player stanno cercando di dare concreta attuazione ai molti progetti di sviluppo proposti, tra cui emergono quelli per ridurre le perdite, per automatizzare i flussi di informazioni degli impianti per consentire interventi di manutenzione più tempestivi e per ammodernare l'intera rete idrica nazionale.

Tra i segmenti del ciclo dell'acqua ritenuto di fondamentale importanza c'è sicuramente quello della gestione delle acque reflue e della depurazione. AUMA Italiana, ad esempio, ha realizzato per un impianto di depurazione in Veneto un sistema che

utilizza l'innovativa tecnologia del bus di campo. Come conferma Alessandro Prina, responsabile dei settori PWI di AUMA Italiana, il bus di campo è disponibile da molti anni, ma soltanto di recente è l'interfaccia più utilizzata per questa tipologia di impianti.

Altri nuovi sistemi di trasmissione per collegare gli attuatori ai sistemi di gestione centralizzata a mezzo di rete Ethernet, sono il Modbus TCP/IP e PROFINET. Pur collegando a loro volta gli attuatori al sistema centrale di gestione integrata, a differenza del tradizionale bus di campo che usa un semplice doppio schermo, con il Modbus TCP/IP e PROFINET

### Il bus di campo

Interfaccia di comunicazione che collega gli attuatori elettrici inseriti nell'impianto, con un sistema a linea singola o ridondata. Il comando seriale che passa da un attuatore all'altro, fino alla stazione di comando, gestisce sia i comandi che le segnalazioni sul funzionamento dei componenti, creando una linea bus passante tra gli attuatori. La comunicazione diventa dunque un loop che, in forma ciclica e aciclica, passa in ogni attuatore. Poiché permette di ridurre le complesse attività di cablaggio, questa tecnologia si usa prevalentemente quando ci sono grandi concentrazioni di componenti in campo.



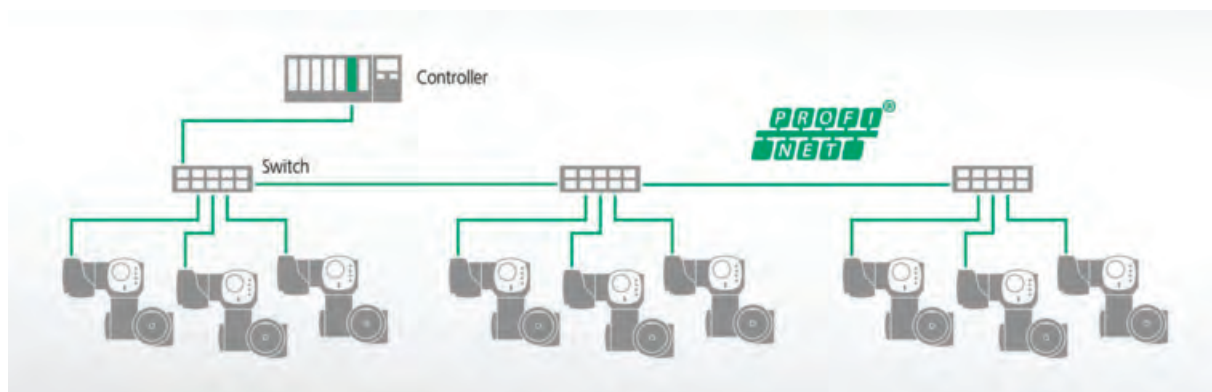


Figura 1 – Un esempio dell'interfaccia PROFINET per la comunicazione nell'automazione dei processi industriali

### Attuatore AUMA UnderWater

Per rispondere alle esigenze di mercato, AUMA ha creato un attuatore specifico per gli impianti idroelettrici e per le applicazioni che richiedono l'utilizzo di attuatori in immersione.

L'attuatore elettrico sommersibile UW può infatti lavorare completamente sott'acqua, ed è utilizzato in sostituzione degli attuatori idraulici. Questi ultimi infatti potrebbero rilasciare dell'olio nell'ambiente, inquinando così la purezza dell'acqua. In ambito europeo, in particolare nel Nord Europa, le applicazioni che utilizzano oli idraulici tendono a non essere considerate in fase di progettazione di nuovi impianti.



gli attuatori sono collegati su una rete Ethernet direttamente al comando centrale attraverso i cavi Ethernet e attacchi RJ45.

Tutte queste interfacce di comunicazione sono state create per rispondere alle richieste dei costruttori di impianti orientati verso nuove tecnologie che utilizzino protocolli internazionali aperti, consentendo di collegare diverse tipologie di componenti: attuatori, sensori, misuratori.

In questo modo si crea un sistema di comunicazione condiviso che permette di facilitare e semplificare il passaggio di informazioni e di ridurre i tempi di

intervento in caso di guasto o malfunzionamento degli impianti. AUMA può produrre attuatori con triplice interfaccia di comando: analogica, digitale o bus per facilitarne l'installazione all'utilizzatore finale che può decidere quale comando utilizzare (Fig. 1).

La richiesta di questi sistemi di interfaccia è in aumento perché questa tecnologia viene utilizzata anche sul rifacimento di impianti già esistenti per migliorarne il livello di automazione, con notevoli vantaggi in termini di efficienza e di sicurezza. Ad esempio, con il sistema bus di campo a linea ridondata, in caso di malfunzionamento, il passaggio delle informazioni non è interrotto, ma è commutato sulla seconda linea; nelle architetture con chiusura ad anello se c'è un'interruzione su un componente del loop, si mantiene il flusso delle informazioni tra le due sezioni che si riconfigurano in 2 tronconi distinti.

L'idroelettrico è tra i settori in cui l'Italia ha una lunga tradizione e negli ultimi anni si è cercato di incoraggiarne lo sviluppo, anche grazie agli incentivi per la realizzazione di piccoli e medi impianti privati per la produzione di energia. Il campo delle rinnovabili è quindi un settore di interesse per AUMA Italiana che, oltre a partecipare a seminari volti a promuovere nuove tecnologie, collabora molto spesso anche con i più moderni poli di ricerca, proponendo soluzioni innovative e avvalendosi della più avanzata tecnologia disponibile sul mercato. È il caso dell'attuatore elettrico Underwater (UW) che può lavorare in immersione permanente per gestire la movimentazione dei leverismi delle turbine, in modo che si possa variare la portata delle stesse.

**Per informazioni:** AUMA Italiana S.r.l. a socio unico.  
Via delle Arnasche, 6 – 20023 Cerro Maggiore (MI).  
Tel. 0331.51351 – E-mail: info@auma.it  
LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/consorzio-pascal>



# INFORMAZIONI DALLE AZIENDE

## AIR LIQUIDE E SINOPEC FIRMANO UN PROTOCOLLO D'INTESA PER ACCELERARE LO SVILUPPO DI SOLUZIONI DI MOBILITÀ A IDROGENO IN CINA

I presidenti di Air Liquide e Sinopec hanno condiviso l'impegno in vista dello sviluppo della rete dedicata alla mobilità a idrogeno e del potenziamento del quadro normativo di riferimento indispensabile all'espansione del settore dell'energia a idrogeno in Cina, il più grande mercato mondiale della mobilità. Nel quadro di questo accordo, Air Liquide fornirà a Sinopec la propria competenza nella catena di approvvigionamento dell'idrogeno, dalla produzione e stoccaggio alla distribuzione, al fine di fornire soluzioni competitive ai mercati cinesi della mobilità pulita.

Sinopec è la più grande azienda di raffinazione a livello mondiale, nonché il secondo distributore di prodotti chimici e carburante nel mondo con una rete di oltre 30.000 stazioni di rifornimento. Air Liquide e Sinopec sono partner di lunga data con tre joint venture esistenti per la fornitura di gas dell'aria ai siti di Sinopec. Le due società condividono inoltre una comune visione sul ruolo dell'idrogeno come parte del futuro mix energetico. Membro dell'Hydrogen Council da settembre 2018, Sinopec aderisce alla sua visione secondo la quale l'idrogeno è fondamentale per la transizione energetica. Considerando il rapido sviluppo del settore dell'idrogeno e delle pile a combustibile in Cina, Air Liquide e Sinopec sono allineati sulla necessità di sviluppare una infrastruttura per l'energia a idrogeno.

### L'impegno di Air Liquide per l'idrogeno

Nel corso degli ultimi 50 anni, Air Liquide ha sviluppato una competenza unica che le consente di gestire tutta la catena del valore dell'idrogeno, dalla produzione e lo stoccaggio alla distribuzione e lo sviluppo di applicazioni per gli utenti finali, contribuendo così alla diffusione dell'utilizzo dell'idrogeno come energia pulita, in particolare per la mobilità. Ad oggi, Air Liquide ha realizzato ed installato oltre 120 stazioni nel mondo.



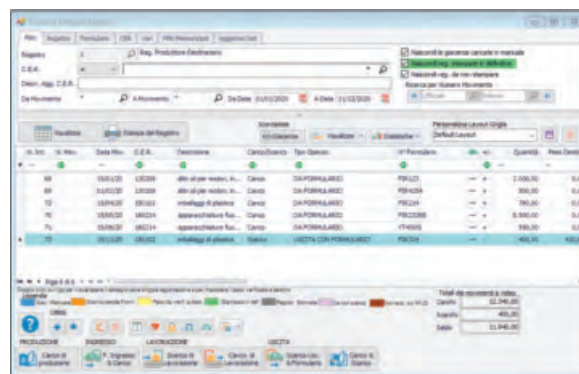
Benoît Potier, Presidente e Amministratore Delegato di Air Liquide, ha dichiarato: *“Siamo lieti di rafforzare la nostra partnership a lungo termine con Sinopec per accelerare l'implementazione di soluzioni concrete per lo sviluppo delle infrastrutture dell'energia a idrogeno in Cina. Questa iniziativa rappresenta una tappa importante per lo sviluppo della mobilità a idrogeno in questo grande paese che costituisce il più grande mercato automobilistico del mondo. Questa partnership illustra inoltre il contributo di Air Liquide alla sfida della transizione energetica e della mobilità pulita attraverso un'offerta energetica alternativa, in linea con gli obiettivi climatici del Gruppo”.*

DAI Houliang, Presidente di Sinopec, ha dichiarato: *“Sinopec punta a un futuro energetico sostenibile per la Cina e per il mondo intero, promuovendo “un'energia migliore per una vita migliore”. Siamo convinti che l'idrogeno giocherà un ruolo chiave nella transizione verde e a basse emissioni di carbonio della Cina e intendiamo contribuire allo sviluppo dell'energia a idrogeno insieme a partner di primo piano come Air Liquide.”*

### Air Liquide Italia

Sabine Robert, Tel. 02.4026362  
Francesca Ficca, Tel. 02.4026513





Informatica EDP – Alcune schermate del Software Prometeo

## RIFIUTI, MANUTENZIONE E SICUREZZA

Informatica EDP, software house Cuneese, è nata nel 1983. Quindici anni fa è nato il progetto Prometeo”, con 3 prodotti principali:

PrometeoRifiuti è il software utilizzato da tutta la filiera (produttori, trasportatori, destinatari) di quelle aziende che hanno a che fare con il registro di carico/scarico rifiuti, il formulario, il MUD. PrometeoManutenzione è invece l’applicativo CMMS utilizzato da tutte quelle realtà che gestiscono la manutenzione dei loro impianti (programmata e straordinaria), analizzandone i tempi, i costi, i ricambi, gli indicatori KPI.

Prometeo Sicurezza si rivolge infine agli RSPP aziendali, che trovano in un unico applicativo, la gestione delle scadenze dei corsi di formazione, la consegna dei DPI, le Visite Mediche. L’azienda dà la possibilità ai potenziali clienti di provare i software per 1 mese, senza alcun impegno. Attraverso i seguenti siti dedicati:

- [www.softwarerifiuti.com](http://www.softwarerifiuti.com)
- [www.softwaremanutenzione.com](http://www.softwaremanutenzione.com)
- [www.software sicurezza.com](http://www.software sicurezza.com)

l’utente interessato può scaricare il programma. Durante il mese di prova, in telecontrollo, organizziamo una dimostrazione; il cliente ha poi 30 giorni di tempo per poter provare in autonomia il software e vedere se fa al caso suo.

Grazie alla formazione iniziale, viene fornito un servizio di assistenza telefonica illimitata.

**Informatica EDP**

Per info Tel.: 0172.646609



## PERSONE, AMBIENTE, ECONOMIA CIRCOLARE E CRESCITA SOSTENIBILE

Lucart, specializzata nella produzione di carta tissue, airlaid e carte monolucide per imballaggi flessibili, continua il suo percorso virtuoso per un’economia circolare della carta puntando su soluzioni sostenibili ed innovative volte a ridurre l’impatto ambientale dei propri prodotti.

In occasione di Ecomondo, l’azienda ha illustrato ai visitatori il proprio impegno nei confronti dell’ambiente tramite i prodotti della linea Grazie Natural per i consumi domestici, e i prodotti delle linee EcoNatural per i mercati professionali, e ha presentato alle istituzioni il modello di business circolare Municipal-Material-CycleÒ, progetto che si è aggiudicato il premio come “Best European Initiative Raising the Profile of the Professional Cleaning Sector” agli European Cleaning and Hygiene Awards 2019 a Londra il 17 ottobre scorso.

Tra le novità di quest’anno vi è il nuovo packaging realizzato in carta riciclata e riciclabile dei prodotti della linea Gra-

zie Natural e delle linee EcoNatural, pensato per una scelta più sostenibile e vicina alla natura e con il quale l’azienda vuole contribuire al generale indirizzio di riduzione dell’impiego di materie plastiche vergini, sostituendole con imballi ecocompatibili e riciclati. Inoltre, Lucart ha presentato il Municipal-Material-CycleÒ, progetto nato con l’obiettivo di sviluppare un sistema di economia circolare, duraturo e replicabile in grado di coinvolgere attivamente le comunità locali, tramite il riciclo e la trasformazione dei cartoni per bevande in nuovi prodotti in carta per uso igienico e sanitario. Attraverso questo progetto, partito nel 2015 in Slovenia con un periodo di prova nella città di Novo Mesto e sette comuni limitrofi, Lucart ha coinvolto inizialmente la comunità locale (circa 65.000 abitanti), portando in tre anni al riciclo di circa 105 tonnellate di cartoni per bevande. Nel 2019 il progetto è stato avviato anche a Lubiana, con un potenziale di riciclo e consumo quasi cinque volte superiore a quello di Novo Mesto.

**Lucart**

[lucartgroup.com](http://lucartgroup.com)



Lucart – Lo stand Lucart ad Ecomondo 2019

## RI – L'ELEMENTO INESAURIBILE DEL RICICLO

Gruppo Fiori, leader nell'ambito del recupero dei metalli ferrosi e non ferrosi, ha presentato Ri – L'Elemento Inesauribile del Riciclo, il nuovo laboratorio didattico ispirato alla Tavola Periodica, nell'ambito della XXIII edizione di Ecomondo, la fiera internazionale del recupero di materie ed energie e dello sviluppo sostenibile. Dedicato alla Tavola Periodica – lo strumento che ha rivoluzionato la chimica, la fisica e la biologia – che proprio nel 2019 celebra il suo 150esimo anniversario, il progetto Ri – L'Elemento Inesauribile del Riciclo coinvolge i ragazzi delle scuole e i visitatori di Ecomondo, sfidandoli a riconoscere e ricordare il funzionamento della famosa tavola per scoprire insieme il ciclo infinito dei metalli e il valore del riciclo. In linea con i progetti che il Gruppo Fiori ha presentato a Ecomondo dal 2005 a oggi, anche questa edizione utilizza l'approccio del gioco collaborativo, dove i partecipanti sono stati guidati da quattro esperti scienziati del progetto Tecnoscienza, divulgatori di contenuti scientifici a livello esperienziale e laboratoriale. Con la loro guida, i partecipanti hanno potuto "imparare, giocando", rispondendo alle domande e alle sfide che la Tavola pone. L'obiettivo era conoscere meglio i metalli, protagonisti del lavoro quotidiano del Gruppo Fiori, attraverso un percorso ispirato alla Tavola Periodica e al suo alfabeto misterioso, in grado di svelare informazioni, curiosità e aneddoti sugli elementi chimici che la compongono. Ri – L'Elemento Inesauribile del Riciclo è un progetto dedicato alle scuole superiori di I e di II grado, ma capace di coinvolgere anche gli adulti e gli addetti ai lavori che visitano la Fiera di Rimini. Al termine dell'attività, della durata di circa 30/45 minuti, tutti gli studenti hanno ricevuto un omaggio utile al percorso scolastico. Da 15 anni, Gruppo Fiori partecipa a Ecomondo con iniziative didattiche legate all'arte, all'editoria, alla poesia e all'educazione ambientale. Si tratta di attività rivolte a tutti, formative per gli

Gruppo Fiori è una realtà consolidata in grado di gestire integralmente tutta la filiera del riciclo, dalla raccolta dei rottami alla movimentazione dei materiali, sino alla fornitura di metalli di qualità. Impegnarsi nella filiera del riciclo dei metalli significa contribuire a ridurre il consumo di energia e acqua necessari al trattamento dei minerali da estrazione, a ridurre la quantità di rifiuti prodotti dal prelievo del minerale dalla Terra, ad abbassare notevolmente le emissioni necessarie per la lavorazione del metallo. Tra i clienti del Gruppo Fiori figurano le maggiori aziende italiane della siderurgia e della metallurgia.



studenti, stimolanti per i visitatori della Fiera, con l'obiettivo di rivalorizzare il rottame: attribuire valore a ciò che comunemente è considerato scarto, restituire valore a tutto ciò che la nostra società rifiuta, abbandona, respinge come inutile, consumato, finito. Come tutti i progetti firmati dal Gruppo Fiori (elenco completo su <http://www.gruppofiori.it/notizie>), anche Ri – L'Elemento Inesauribile del Riciclo prende forma

grazie all'entusiasmo dei partecipanti, alla loro collaborazione e voglia di mettersi in gioco, una modalità di dialogo e cooperazione che l'azienda innesca con studenti, addetti ai lavori, fornitori o semplici curiosi e che ogni anno registra un enorme successo.

Ri – L'Elemento Inesauribile del Riciclo è stato ideato da Gruppo Fiori in collaborazione con Chialab, lo studio di design che da molti anni lavora a fianco del gruppo. I disegni di questa edizione sono il frutto dell'elaborazione grafica dell'illustratrice Similasti.

Gruppo Fiori  
gruppofiori.it



### I progetti che il Gruppo Fiori ha presentato a Ecomondo dal 2005 a oggi:

Le Metalmorfosi (2018) è l'inedito gioco di società dedicato alla trasformazione dei metalli: un percorso alchemico che inizia dai rottami e arriva agli oggetti di tutti i giorni. Obiettivo dell'attività consiste nel riciclare più rottami possibile per ottenere virtualmente una bicicletta, un tablet, una tromba e tanti altri oggetti. L'esperienza, scandita da aneddoti, curiosità, dati storici e scientifici, porterà i partecipanti ad approfondire la conoscenza dei materiali, protagonisti del lavoro quotidiano del Gruppo Fiori.

La Riconoscenza dei Metalli (2017): un vero e proprio laboratorio scientifico, pensato soprattutto per i ragazzi delle scuole, dove sperimentare usi e proprietà dei metalli tra lampadine, pinze, magneti e ampole, e studiarne la storia attraverso la filiera del recupero dei metalli.

Metalli Come Fiori (2016): ispirato ai celebri Colouring Books – i libri da colorare – il progetto interattivo e fortemente scenografico vede protagoniste le forme floreali che prendono vita dalle sagome e dai profili di rottami e metalli, i materiali che ogni giorno l'azienda emiliana raccoglie e recupera come una vera miniera moderna.

Parole Cruciali (2015): 300 parole, 300 definizioni, un maxi-cruciverba lungo 10 metri dedicato alla pratica del riciclo e al mondo dei metalli.

Saluti dal Pianeta Fiori, dove non finiscono le cose (2014): 6 scenari illustrati con sculture 'indossabili' realizzate con i materiali recuperati nei cantieri per immedesimarsi nel concetto di riciclo e toccare con mano il valore nascosto dei rottami.

La Scienza in Fucina (2013): i visitatori componevano la loro ricetta per un futuro di valori. Facendo una spesa ideale tra i banchi riempiti di 12 valori/metalli, venivano premiati per il loro interesse con uno scontrino personalizzato applicato sulla ormai consueta borsa in omaggio.

Una miniera di storie (2012): una biblioteca viaggiante creata dal Gruppo Fiori con cinque vagoni pieni di libri che partono da Ecomondo per arrivare ad alcune scuole emiliane colpite dal terremoto.

Formulare il Futuro (2011): un grande wall dotato di testi-calamite, dove i visitatori della fiera sono stati invitati a scrivere la formula del futuro attraverso le parole del Gruppo Fiori.

Faccia da Riciclo (2010): un reportage, un'indagine antropologica che indaga l'idea del riciclo e di come questa sia praticata continuamente, tutti i giorni. Un racconto fatto da voci raccolte direttamente sul campo.

Lettere dai Rottami (2009): un abbecedario composto di 27 lettere che raccontano, tra prosa e poesia, le vicende di altrettanti oggetti di metallo. Complici l'autore dei testi Matteo Marchesini e i designer delle lettere Berger&Talleri.

Siamo tutti minatori (2008): iniziativa interamente dedicata all'educazione ambientale rivolta a bambini e ragazzi attraverso una mostra didattica interattiva, le visite guidate, il libro come manuale di educazione ambientale. Il progetto ripercorre la storia dei metalli, il loro ruolo nella storia dell'umanità, svela l'impatto sociale e ambientale che hanno avuto e hanno le miniere, valorizza la raccolta e il recupero dei metalli come azione di grande responsabilità civile.

Spagiria (2007): 7 scultori hanno realizzato 7 opere a partire dai metalli recuperati e dai materiali dalla forma industriale 'rifiutata'.

Sai come mi chiamo? (2006): un concorso per trovare il nome a un albero composto da materiali di recupero. Rugginotto è il nome vincitore, trovato da Giulia Catena di Sasso Marconi, selezionata tra 3600 concorrenti.

500Fiori (2005): dal rottame dell'auto rinasce l'auto. Una Fiat 500 totalmente ricostruita con materiali provenienti dalla frantumazione di auto bonificate.

Milan, Italy - June 22-26, 2020



## 5<sup>th</sup> International Conference on Ecotechnologies for Wastewater Treatment

**Impacting the environment with  
innovation in wastewater treatment**



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

[www.ecostp2020.polimi.it](http://www.ecostp2020.polimi.it)

## ECOSTP2020

**5<sup>th</sup> IWA Conference on Ecotechnologies for Wastewater Treatment**

*22-26 giugno 2020, Milano*

**EcoSTP2020** avrà lo scopo di promuovere un cambio di paradigma per il trattamento e la gestione delle acque di rifiuto nella direzione della sostenibilità ambientale e dell'economia circolare. In particolare, la conferenza intende farsi portatrice delle istanze innovative che stanno scuotendo il settore idrico e che propongono soluzioni sostenibili per il recupero di energia e materia nonché l'utilizzo multiplo e il riuso della risorsa idrica. In questo senso, la visione che la conferenza intende proporre consiste nella valorizzazione degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto quali elementi centrali nella generazione di un cambiamento significativo.

**EcoSTP2020** sarà costituita da sessioni tematiche, workshop e corsi brevi indirizzati a studenti, post-doc e ricercatori e ruoterà attorno ad alcune tematiche, per quanto non si limiterà a queste:

- Minimizzazione e prevenzione degli impatti.
- Utilizzi multipli dell'acqua e recupero di risorse.
- Protezione della salute umana e degli ecosistemi attraverso sistemi di supporto alle decisioni basati sul concetto di rischio e finalizzati alla selezione delle tecnologie migliori.
- Strategie di monitoraggio e controllo per l'ottimizzazione e lo scale-up dei processi.

**EcoSTP2020** è organizzata dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale del Politecnico di Milano ed è supportata da numerosi gestori del servizio idrico integrato, autorità locali e stakeholder del settore.

*Maggiori informazioni sono riportate sul sito [www.ecostp2020.polimi.it](http://www.ecostp2020.polimi.it)*



## SIDISA 2020

### XI International Symposium on Environmental Engineering

30 giugno / 3 luglio 2020, Torino

Il Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture del Politecnico di Torino organizza l'undicesima edizione del Simposio Internazionale di Ingegneria Sanitaria, SIDISA2020, in collaborazione con il Gruppo Italiano di Ingegneria Sanitaria (GITISA) e l'Associazione Nazionale di Ingegneria Sanitaria Ambientale (ANDIS).

**SIDISA2020** rappresenterà un'occasione concreta quale momento di incontro, riflessione e discussione tra esperti accademici e del mondo imprenditoriale, italiani e stranieri, e rappresentanti delle istituzioni, al fine di perseguire un confronto costruttivo e di aggiornamento sui temi emergenti, sull'innovazione tecnologico-scientifica e sulle prospettive future nei diversi settori dell'Ingegneria Sanitaria Ambientale.

L'evento avrà luogo dal 30 giugno al 03 Luglio 2020 presso il Centro Congressi del Lingotto, Via Nizza 280, Torino.

Il Simposio sarà articolato in sessioni parallele che consentiranno di approfondire i temi chiave dell'Ingegneria Sanitaria:

- Acqua Potabile e Reflui.
- Rifiuti Urbani e Speciali.
- Emissioni in atmosfera.
- Green Economy e Smart City.
- Siti contaminati.
- Cambiamento climatico.

Sono previste inoltre sessioni presso impianti, per animare il confronto su applicazioni tecnologiche nel contesto più opportuno per l'ancoraggio dei contenuti.

Quale ulteriore momento di condivisione e diffusione delle best practices, un'area del Centro Congressi sarà dedicata all'esposizione dei Poster tematici, a fini divulgativi e come opportunità di confronto durante i momenti di pausa tra le varie sessioni.

Infine, per massimizzare le opportunità di dialogo e networking, sono organizzati anche momenti aggregativi distintivi:

- 30/06 ore 18 Welcome Cocktail presso la Sala dei Re del Museo Egizio.
- 02/07 ore 20 Gran Galà finale presso Villa Sassi.

[www.sidisa2020.it](http://www.sidisa2020.it)





POLITECNICO  
MILANO 1863



# La rimozione di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera e il progetto Desarc-Maresanus

## LA RIMOZIONE DI CO<sub>2</sub> DALL'ATMOSFERA E IL PROGETTO DESARC-MARESANUS

### Convegno

4-5 febbraio, 2020 Politecnico di Milano, Aula ROGERS, Via Ampère 10, Edificio 11, Milano

Nel convegno saranno presentati e discussi diversi metodi per la rimozione di CO<sub>2</sub> atmosferica, e saranno illustrati i risultati del progetto di ricerca DESARC-MARESANUS ([www.desarc-maresanus.net](http://www.desarc-maresanus.net))

Nato dalla collaborazione fra il Politecnico di Milano e la Fondazione Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), con il supporto di Amundi e la collaborazione di CO<sub>2</sub>APPS, la ricerca ha valutato un processo per affrontare due problemi ambientali di grandissima rilevanza, l'aumento delle concentrazioni di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) in atmosfera e la conseguente acidificazione degli oceani.

La partecipazione è gratuita, ma l'iscrizione obbligatoria, compilando il form di iscrizione: [http://tiny.cc/convegno\\_DM](http://tiny.cc/convegno_DM)

### PROGRAMMA

#### MARTEDÌ 4 FEBBRAIO

9.45	<b>Mario Grosso</b> (Politecnico di Milano) <i>Saluti e Introduzione alla giornata</i>	<i>croalgae bloom</i>	11.00	<b>Caterina Lanfredi</b> (Politecnico Milano) <i>Benefici e impatti per l'ambiente marino dalla variazione del pH</i>	
10.00	<b>Stefano Caserini</b> (Politecnico di Milano) <i>I cambiamenti climatici, le emissioni negative e il progetto Desarc-Maresanus</i>	15.20	<b>Pausa caffè</b>	11.30	<b>Pausa caffè</b>
10.45	<b>Marco Mazzotti</b> (ETH Zurigo) <i>Cattura, sequestro e utilizzo di CO<sub>2</sub> in un mondo a zero emissioni nette di CO<sub>2</sub></i>	15.45	<b>Marco Piemetti</b> (Politecnico di Torino) <i>Cattura della CO<sub>2</sub> con zeoliti naturali: sviluppi e prospettive</i>	11.45	<b>Giacomo Grassi</b> (Joint Research Centre, European Commission, Ispra, VA) <i>Il potenziale di rimozione di CO<sub>2</sub> dagli ecosistemi forestali</i>
11.30	<b>Phil Renforth</b> (Heriot-Watt University) <i>Enhanced weathering e ocean liming: stato dell'arte</i>	16.15	<b>Elza Bontempi</b> (Università di Brescia) <i>Sequestro di CO<sub>2</sub> come effetto secondario di una tecnologia di carbonatazione di ceneri volatili</i>	12.15	<b>Franco Miglietta</b> (Consiglio Nazionale delle Ricerche) <i>Ruolo del sistema agricolo nel bilancio complessivo delle forzanti radiative</i>
12.15	<b>Discussione</b>	16.45	<b>Lucia Rigamonti</b> (Politecnico di Milano) <i>Il progetto "FReSMe": utilizzo di CO<sub>2</sub> per combustibili di sintesi</i>	12.45	<b>Pranzo</b>
12.30	<b>Pranzo</b>	17.15	<b>Discussione</b>	14.15	<b>Marco Grasso</b> (Università di Milano-Bicocca) <i>Aspetti, sociali, politici ed economici della rimozione CO<sub>2</sub> e della geoingegneria solare</i>
14.00	<b>Francesco Campo</b> (Politecnico di Milano) <i>Analisi del ciclo di vita di un processo per ottenere emissioni negative</i>	<b>MERCOLEDÌ 5 FEBBRAIO</b>		14.45	<b>Emanuele Peschi</b> (ISPRA) <i>La strategia nazionale di decarbonizzazione e l'obiettivo di neutralità climatica al 2050</i>
14.20	<b>Dario Pagano</b> (Politecnico di Milano) <i>Ocean liming in pratica: scenari di spargimento di Ca(OH)<sub>2</sub> dalle navi</i>	9.15	<b>Momme Butenschon</b> (Fondazione CMCC) <i>Simulazione di scenari di alcalinizzazione del Mediterraneo</i>	15.15	<b>Paolo Proli</b> (Amundi) <i>Il mondo della finanza e le sfide della mitigazione dei cambiamenti climatici</i>
14.40	<b>Antonella Abbà</b> (Politecnico Milano) <i>Modellizzazione fluidodinamica dello spargimento di Ca(OH)<sub>2</sub> dalle navi</i>	10.00	<b>Giovanni Cappello</b> (CO <sub>2</sub> APPS) <i>Sistemi alternativi di stoccaggio CO<sub>2</sub></i>	16.15	<b>Discussione</b>
15.00	<b>Dennis Ross Morrey</b> (CO <sub>2</sub> APPS) <i>Negative Emissions in shallow coastal upwelling waters by preventing mi-</i>	10.30	<b>Massimiliano Cremonesi</b> (Politecnico di Milano) <i>Analisi strutturale di capsule in vetro per lo stoccaggio sottomarino di CO<sub>2</sub></i>	16.45	<b>Mario Grosso, Stefano Caserini</b> (Politecnico di Milano) <i>Conclusioni</i>



## L'ULTIMA AUTO A BENZINA

La mobilità sostenibile per il XXI secolo

Mario Grosso

Collana Chiavi di lettura, Zanichelli, 2018

Pagine: 112, 11,40 €; ISBN: 9788808320902

Viaggeremo su auto e biciclette elettriche, alimentate con l'energia del Sole, che condivideremo con altre persone.

Torniamo a casa la sera con la nostra auto elettrica. La batteria è carica, perché durante il giorno ha immagazzinato l'energia solare dall'impianto fotovoltaico installato sui tetti dell'ufficio. Con il vehicle to home alimentiamo le utenze di casa prelevando energia dalla batteria: televisore, frigorifero e computer funzionano così a energia solare. La mattina dopo andiamo al lavoro con la bicicletta del bike sharing.

Con la app geolocalizziamo quella più vicina. La sblocciamo con lo smartphone e arriviamo a destinazione con poca fatica grazie alla pedalata assistita. Ancora una volta ci muoviamo con l'energia del Sole, che ha alimentato la batteria della bicicletta.

Nel prossimo futuro la nostra vita potrà cambiare in meglio, perché riusciremo a sfruttare in modo più efficiente l'energia rinnovabile. Tante nuove opportunità, con un minore impatto sull'ambiente.



**AIAT** nasce nel 1999 come associazione di laureati e studenti del corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio del Politecnico di Milano. Divenuta in breve tempo uno dei punti di riferimento per le professionalità ambientali in Italia, nel 2008 modifica il proprio Statuto per dare risposta alle molte richieste di adesione ricevute da parte di ingegneri ambientali laureati in altri Atenei e da ingegneri con curriculum accademico e professionale equiparabile a quello dell'Ingegnere per l'Ambiente e il Territorio. Ad oggi riunisce quindi numerose centinaia di iscritti individuali provenienti da tutto

il territorio nazionale, nonché numerosi soci sostenitori aziendali.

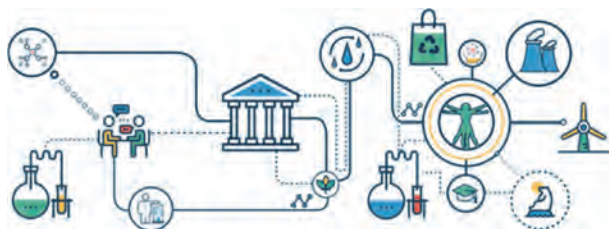
Lo spirito è quello del networking e della condivisione di informazioni professionali, di opportunità lavorative e di formazione. Oltre a veicolare numerose proposte di lavoro per Ingegneri Ambientali, **AIAT** si occupa infatti di definire accordi per l'accesso ad iniziative formative a condizioni agevolate per i propri iscritti. Inoltre molto spesso vengono concertate possibilità di accesso gratuito a corsi o convegni per neolaureati in cerca di occupazione.

In aggiunta alle iniziative di carattere nazionale, molte attività sono portate avanti a livello locale da parte delle Sezioni Territoriali Regionali, che coprono ormai buona parte del territorio italiano.

Oltre ad organizzare convegni dedicati alla figura professionale dell'Ingegnere Ambientale, **AIAT** ne monitora periodicamente la condizione occupazionale mediante un'indagine conoscitiva triennale.

**AIAT** dispone di un Comitato Scientifico, istituito allo scopo di fornire un adeguato supporto tecnico-scientifico al Consiglio Direttivo su questioni di interesse dell'Associazione (richieste di patrocinii, stesura di position papers, ecc.). Dal 2002 **AIAT** è presente anche in Europa tramite l'adesione ad ENEP, il Network Europeo dei Professionisti Ambientali, una realtà che riunisce ormai più di 40.000 professionisti europei dell'ambiente.

*Maggiori informazioni sulle attività dell'Associazione sono disponibili sul sito [www.ingegneriambientali.it](http://www.ingegneriambientali.it)*



## INIZIATIVE SUL TEMA IDRICO INTEGRATO

Data da definirsi (2 giornate)

### PROGETTAZIONE E GESTIONE SOSTENIBILE DEL SERVIZIO DI ACQUA POTABILE

Trattamento, ottimizzazione di processo, monitoraggio e Water Safety Plan

Corso a pagamento

6 febbraio

### IL SISTEMA IDRICO INTEGRATO

Seminario a ingresso libero

26-27 febbraio

### IMPIANTI BIOLOGICI DI DEPURAZIONE

Conduzione e manutenzione degli impianti di depurazione

Corso a pagamento

18-20 marzo

### GESTIONE DEL PROCESSO DI DEPURAZIONE BIOLOGICA – Base

Corso a pagamento

1-2 aprile

### PROGETTAZIONE E GESTIONE OTTIMALE DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE

Corso a pagamento

5-6 maggio

### GESTIONE DEL PROCESSO DI DEPURAZIONE BIOLOGICA – Avanzato

Corso a pagamento

27-28 maggio

### TRATTAMENTO E SMALTIMENTO FANGHI

Corso a pagamento

9-10 giugno

### PROGETTAZIONE DI OPERE PER L'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Corso a pagamento

29-30 settembre

### DISINFEZIONE E RIUSO DELLE ACQUE REFLUE: FONDAMENTI E PROSPETTIVE FUTURE

Corso a pagamento

24-26 novembre

### LA DEPURAZIONE DEGLI SCARICHI INDUSTRIALI

Corso a pagamento

## INIZIATIVE SU ALTRE TEMATICHE AMBIENTALI

10-11 febbraio

### ODORI

Normativa, Nuove BAT Conclusion, Valutazione dell'impatto e soluzioni tecniche

Corso a pagamento

17 marzo

### TERRE E ROCCE DA SCAVO

Corso a pagamento

6 aprile

### RIFIUTI PERICOLOSI

Corso a pagamento

7-8 maggio

### CONTROLLO E RIDUZIONE DELLE EMISSIONI ATMOSFERICHE

Normativa, criteri, metodologie e strumenti

Corso a pagamento

19-20 maggio

### PROGETTAZIONE E GESTIONE DEI SISTEMI DI FOGNATURA

Corso a pagamento

25-26 maggio

### AIA – AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE AUA-AUTORIZZAZIONE UNICA AMBIENTALE

Corso a pagamento

9-10 giugno

### AMIANTO

Smantellamento, gestione operativa cantieri e aspetti sanitari

Corso a pagamento

12-14 ottobre

### L'ANALISI DI RISCHIO DI SITI CONTAMINATI

Metodologie, modelli e casi studio

Corso a pagamento

## ALTRE INIZIATIVE IN PROGRAMMAZIONE:

23 gennaio 2020

### CYBER SECURITY: CONOSCERE IL FENOMENO PER RIDURNE LE CONSEGUENZE

Seminario a ingresso libero

Data da definirsi

### TECNOLOGIE INNOVATIVE NELLA BONIFICA DELLA FALDA

Seminario a ingresso libero

Data da definirsi

### AUTOMAZIONE NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Seminario a ingresso libero

Data da definirsi

### BIOGAS E BIOMETANO

Data da definirsi

### LEGIONELLA

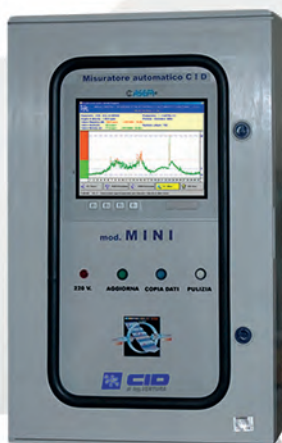


Sondiamo la sicurezza e la qualità dell'acqua

SONDA TENSIOATTIVI



SONDA COD OUT



Rilevazione automatica in continuo dei parametri:

- TENSIOATTIVI
- SOLIDI SOSPESI
- BOD
- COD
- TORBIDITÀ

dal 1979

 **CID**  
Ing. VENTURA srl

CID ING VENTURA Srl

Via Denari 22 - 25127 BRESCIA Tel. 030 3730699 [www.venturacid.it](http://www.venturacid.it) [info@venturacid.it](mailto:info@venturacid.it)

# IWWG - INTERNATIONAL WASTE WORKING GROUP / UNIVERSITA' DI PADOVA / UNIVERSITA' DI BOLOGNA

# SUM2020

## 5° SIMPOSIO SULL' URBAN MINING E LA CIRCULAR ECONOMY / 18-20 MAGGIO 2020 / BOLOGNA / CALL FOR PAPERS

### SIMPOSIO

Dal 18 al 20 Maggio 2020 non perdetevi l'occasione di partecipare ad un evento leader nel campo del recupero delle risorse dai rifiuti! Stimolante programma scientifico organizzato in sessioni orali, sessioni poster, NeWs - Networking session / visite tecniche guidate / eventi serali e molto altro ancora!

### TEMI

Educazione, partecipazione pubblica aspetti sociali / Trattamenti di valorizzazione di materiali e risorse / Tecnologie per il recupero di materiali / Aspetti economici finanziari / Aspetti normativi e legali / Mezzi e strumenti per il recupero di materiali e risorse / Aspetti critici emergenti...  
Lista completa su [www.urbanmining.it](http://www.urbanmining.it)



### AZIENDE E START UP

Importanti opportunità di networking per le aziende e le Start up operanti nel settore dell'urban mining e della circular economy che avranno la possibilità di stare a contatto con oltre 200 professionisti provenienti da decine di paesi diversi. Per presentare i propri servizi e attività si prega di contattare la segreteria.

### INVIO LAVORI

Partecipa come autore al SUM2020! Gli articoli dovranno essere inviati utilizzando l'apposito form online seguendo le istruzioni riportate al link [www.urbanmining.it/it/call-for-paper](http://www.urbanmining.it/it/call-for-paper). Saranno accettati anche contributi in forma di short paper (3-4 pagine). Le lingue ufficiali del Simposio sono l'inglese e l'italiano.

### REGISTRAZIONE

La quota di partecipazione comprende: Partecipazione alle sessioni del Simposio / Atti SUM20 / Materiale congressuale / Accesso Wi-Fi / Coffee break / Visita tecnica guidata (trasporto incluso) / Cena di gala  
**Quote speciali con iscrizione anticipata e sconti per registrazioni di gruppo!**

### SUPPORTO SCIENTIFICO

Università di Padova (IT) • Università di Bologna (IT) • Luleå University of Technology (SE) • Sapienza, University of Rome (IT) • Süleyman Demirel University (TR) • The University of Hong Kong (CN) • Tsinghua University, Beijing (CN) • University of Southampton (UK)  
Maggiori dettagli sul sito ufficiale.



**organizzato da:** IWWG - International Waste Working Group • Università di Padova (IT) • Università di Bologna (IT) / **segreteria organizzativa e informazioni:** EUROWASTE SRL / Via Beato Pellegrino 23 / 35137 Padova / tel: +39 049 8726986 / [info@urbanmining.it](mailto:info@urbanmining.it) / **website:** [WWW.URBANMINING.IT](http://WWW.URBANMINING.IT)

## INVIA IL TUO LAVORO ENTRO IL 31 GENNAIO 2020!





## Nel trattamento delle acque il massimo rispetto per l'ambiente

Da anni ci dedichiamo con passione  
allo sviluppo ed alla messa a punto  
di sistemi per la depurazione delle acque  
senza inquinare l'aria.

Ozono per ridurre i microinquinanti,  
ossigeno per eliminare gli aerosol per soluzioni  
a scala reale e sperimentazioni a cura del nostro  
laboratorio di biologia e chimica ambientale.

Gruppo SIAD.  
Technical gases, Engineering,  
Healthcare, LPG and Natural Gas.

[thesiadgroup.com](http://thesiadgroup.com)

The SIAD logo consists of a stylized green graphic of horizontal lines on the left, followed by the letters "SIAD" in a bold, green, sans-serif font.

# LA PIÙ GRANDE INVENZIONE DOPO LA RUOTA.



## Asfalti modificati con gomma riciclata: la risposta italiana all'inquinamento acustico.

L'inquinamento acustico è un grave fattore di disturbo, responsabile in Europa di oltre 10.000 decessi prematuri ogni anno<sup>1</sup>. La Commissione Europea ha già avviato una procedura di infrazione per inadempienze contro il nostro Paese, che ora rischia il deferimento alla Corte di giustizia dell'Unione. Per le strade però la soluzione esiste già, anche se purtroppo ancora non sfruttata a pieno: sono gli asfalti "silenziosi" modificati con gomma riciclata da Pneumatici Fuori Uso. Un materiale dalle eccezionali performance che consente di dimezzare il rumore generato dal passaggio dei veicoli. Non solo: minore formazione di fessure e buche, ottima aderenza degli pneumatici ed eccezionale durata della pavimentazione sono gli altri vantaggi riscontrabili su 450 km di strade già realizzate ad oggi, in Italia, con una tecnologia che consentirebbe a Pubblica Amministrazione ed Enti gestori di investire al meglio le risorse per le infrastrutture stradali, riducendo i disagi per gli utenti ed utilizzando un materiale 100% made in Italy. **Il problema è sotto i vostri occhi, la soluzione può essere sotto le vostre ruote.**

[www.ecopneus.it](http://www.ecopneus.it)

<sup>1</sup>Fonte: Organizzazione Mondiale della Sanità



ecopneus

# ready for the resource revolution



With 90,000 employees across five continents,  
SUEZ is a global leader in smart, sustainable resource management.

[www.suez.com](http://www.suez.com)

CONTATTI: EUROWASTE srl  
via Beato Pellegrino, 23  
35137 Padova (IT) / t +39.049.8726986  
info@venicesymposium.it  
SITO UFFICIALE: www.venicesymposium.it

# VENICE 2020

ORGANIZZATO DA:  
IWWG / INTERNATIONAL WASTE  
WORKING GROUP

SEDE:  
SCUOLA GRANDE SAN GIOVANNI EVANGELISTA  
VENEZIA / 16-19 NOVEMBRE 2020

8° SIMPOSIO INTERNAZIONALE  
SULL'ENERGIA DA BIOMASSE E RIFIUTI

INVIA IL TUO ABSTRACT ENTRO  
IL 28 FEBBRAIO 2020!!

## LE RAGIONI PER CUI NON PUOI MANCARE!

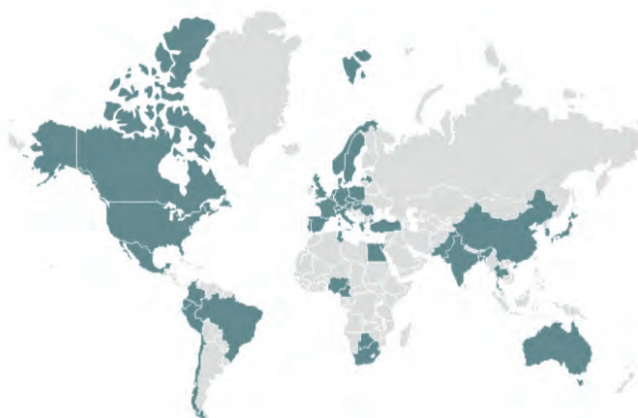
Giunto alla sua ottava edizione, il Venice è diventato uno dei più importanti simposi al mondo nel campo dell'energia da biomasse e da rifiuti che vede ad ogni edizione la partecipazione di oltre 400 delegati operanti nel settore. Ecco perchè:

Stimolante programma scientifico di altissimo livello: tre giorni di presentazioni e workshop organizzati in 6 sessioni parallele, sessioni poster e visite tecniche guidate • Evento internazionale con partecipanti ed espositori provenienti da oltre 40 paesi • Comitato scientifico costituito dai maggiori esperti mondiali del settore • Opportunità di networking • Location congressuale di prestigio • Entusiasmanti eventi sociali serali nella città più bella del mondo!

**INVIA SUBITO IL TUO LAVORO** compilando il form disponibile sul sito: [www.venicesymposium.it/it/abstract-form](http://www.venicesymposium.it/it/abstract-form) oppure **REGISTRATI** alla pagina [www.venicesymposium.it/it/registration-form](http://www.venicesymposium.it/it/registration-form).

## NUMERI DELL'EDIZIONE PRECEDENTE

-  **409**  
Partecipanti
-  **+240**  
Presentazioni
-  **7**  
Workshop
-  **4**  
Visite tecniche



## TOP 10 NAZIONI per numero di partecipanti

Italia	197
Germania	32
UK	22
Cina	13
Brasile	12
Giappone	11
Francia	11
USA	8
Svezia	8
Canada	7

# MISCELAZIONE ADATTIVA CON MIXER 4220/4320



## MIGLIORA LA RESILIENZA DEL PROCESSO

Sedimenti sul fondo della vasca?  
Fluttuazioni stagionali?  
Aggiornamenti di processo?  
I Mixer Flygt adattivi ti permettono di regolare i parametri del processo per ottimizzare la miscelazione.

## RISPARMIA SUI COSTI ENERGETICI

I Mixer Flygt adattivi possono essere controllati per fornire la spinta richiesta ottimale, senza spreco di energia, con notevoli risparmi sui costi energetici.

## OTTIMIZZA IL MAGAZZINO

Grazie ad un ampio range operativo, i nuovi Mixer possono essere ridistribuiti in varie tipologie di vasche e applicazioni consentendo un risparmio di capitale in parti di ricambio e miscelatori di riserva.

## AUMENTA LA VITA DEL MIXER

Ottimizzabile sulla base dei parametri impiantistici, il Mixer Flygt rileva automaticamente le anomalie di funzionamento e regola la sua velocità per proteggere il motore grazie alle funzioni di monitoraggio integrate: velocità, potenza, allarmi.

I Mixer Flygt adattivi presentano un nuovo livello nelle prestazioni di miscelazione. Grazie alle funzionalità elettroniche e di gestione remota, puoi facilmente apportare modifiche alla velocità/spinta del Mixer per adeguarlo ai parametri dell'impianto.

## CONFORME ALL'INDUSTRIA 4.0





## Il nuovo significato di efficienza energetica.

Migliorare l'utilizzo dell'energia è la sfida più importante che l'uomo dovrà affrontare nei prossimi anni. Il miglior modo per ridurre i consumi energetici è la loro ottimizzazione.

In Ecogenerazione integriamo al meglio sistemi di produzione energetica combinata come COGENERAZIONE o TRIGENERAZIONE, con tecnologie di TRATTAMENTO E RECUPERO ACQUE INDUSTRIALI.

Risparmiare migliorando le performance. Oggi si può.

[www.ecogenerazione.it](http://www.ecogenerazione.it)

**ECO**  
**GENERAZIONE**  
Tecnologie Energetiche e Ambientali





## Un fornitore unico: il vostro partner ideale per pompe, valvole e service.

Non offriamo solamente prodotti e servizi di altissima qualità, ma anche un servizio clienti completo. A partire dall'installazione/avviamento del prodotto, durante il suo funzionamento, le riparazioni, fino al suo ripristino e alla messa fuori servizio finale, siamo al vostro fianco con un'eccezionale gamma di servizi e soluzioni, tempi di risposta rapidi e competenze globali. Questo fa di noi il partner ideale per l'intero ciclo di vita dei prodotti. Per maggiori informazioni: [www.ksb.it](http://www.ksb.it)

► La nostra tecnologia. Il vostro successo.

Pompe • Valvole • Service



Facile da installare, facile  
da gestire, facile da adattare  
Fino al **99%** di inquinanti acidi  
abbattuti



# SOLVAir®

Il nostro lavoro? Aiutare centinaia di operatori a gestire a costi contenuti le loro emissioni nel rispetto di normative sempre più severe, aumentando l'efficienza energetica dei loro impianti e migliorando i risultati industriali.

Come ci riusciamo? Offrendo soluzioni personalizzate a base di sodio per abbattere i gas acidi (HCl, SO<sub>x</sub>, HF...) nei fumi di ogni tipo di attività industriale, in tutto il mondo.

CLEAN AIR SOLUTIONS FOR HIGHER PERFORMANCE.  
[solvairsolutions.com](http://solvairsolutions.com)





## STANDING IN PERFORMANCE

### Attuatori elettrici per il settore idrico

Affidabili, potenti, efficienti. AUMA offre una vasta gamma di attuatori e riduttori per tutte le esigenze.

- Automazione per tutti i tipi di valvole industriali
- Integrazione con i principali sistemi di controllo
- Elevata protezione dalla corrosione
- Assistenza e training su tutto il territorio nazionale



[www.auma.it](http://www.auma.it)

**auma**<sup>®</sup>  
Solutions for a world in motion

# INDEX



VOL. 6  
NUM. 4  
2019

## EDITORIAL

Low cost sensors for spatially distributed air quality monitoring –  
*Grazia Ghermandi*

## ARTICLES

Sludge dewatering technologies – *Simone Visigalli, Ludovico Spinosa, Roberto Canziani*

Evaluation of wash services in schools of the municipality of Anápolis, Brazil – *Carmencita Tonelini Pereira, Sabrina Sorlini, Sara Pugliese*

## TECHNICAL-SCIENTIFIC COMMUNICATIONS

Introducing a minimum price on CO<sub>2</sub> emissions: objectives and perspectives of a european citizens initiative – *Alberto Majocchi, Carlo Maresca, Claudia Basta*

End of waste: from cradle to crisis – *Federica Carollo, Lucia Rigamonti*

Foto in copertina by  
Chris LeBoutillier  
from Pexels

ISSN e e-ISSN 2420-8256

Ingegneria dell'Ambiente per il 2019 è sostenuta da:



ecopneus  
Il futuro dei pneumatici fuori uso, oggi



CONOU



SOLVAIR®



UNICALCE  
Innoviamo la tradizione



Veolia Water Technologies Italia S.p.A.



Solutions for a world in motion



Let's Solve Water