

Tecnologie di bonifica e riqualificazione ambientale in linea con i principi della *green economy*

L'efficienza energetica e le fonti di energia rinnovabile per la bonifica e la riqualificazione dei siti industriali

■ Sergio Cappucci, Andrea Carloni e Massimo Maffucci

Introduzione

La terra ha risorse naturali limitate e la maggior parte dei paesi industrializzati nell'ultimo secolo ha sfruttato il patrimonio ambientale oltre ogni livello accettabile di sostenibilità. Le ragioni di tale depauperamento sono riconducibili allo sviluppo demografico, all'innalzamento dell'età media alle abitudini della popolazione poco attenta all'etica dei consumi, anche se negli ultimi trenta anni si è acquisita molta più consapevolezza rispetto all'impatto delle attività produttive, che non sempre hanno tenuto in debito conto l'effetto di fattori quali il consumo energetico, delle materie prime e dei prodotti, il fabbisogno infrastrutturale, e l'aumento delle emissioni di inquinanti. Quest'ultimo è forse il problema più cogente, quando si affronta il tema dello sviluppo sostenibile in Italia, visto che sulla base del principio "chi inquina paga" introdotto nel 1986 e richiamato anche nell'art 239 del DLgs 152 del 2006 (Norme in materia ambientale), molte industrie e realtà produttive si sono ritrovate a fare i conti con il reale rapporto costi/benefici delle scelte fatte in passato. Ora molti distretti industriali e siti produttivi sono divenuti siti contaminati, la cui stessa definizione è cambiata con la nuova normativa. Il metabolismo industriale

dovrebbe incrementare la capacità di conservazione delle materie prime e dell'energia impiegate nei processi produttivi, attraverso flussi di estrazione e trasformazioni che riducano al minimo i consumi e l'emissione nell'ambiente dei prodotti di scarto per garantirne la sostenibilità (sviluppo della simbiosi industriale).

Risorse naturali come aria, acqua, suolo possono essere infatti contaminate in modo significativo arrivando a superare le *Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC)* e le *Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)*, mentre per la matrice dei sedimenti tale strumento di valutazione non è ancora stato adottato. Si è infatti abbandonato l'approccio tabellare puro, del "vecchio" decreto 471/99, passando ad una valutazione del rischio sanitario associato allo stato di contaminazione del sito. Questo, secondo alcuni autori ha cambiato il concetto di tipo "ecocentrico" in uno "antropocentrico". Ma la modifica forse più significativa del DLgs 152/06 è l'introduzione dell'art. 252 bis inerente i "Siti di preminente interesse pubblico per la riconversione industriale" (Legge 4/08) che, attraverso il decreto del Ministero dello Sviluppo Economico, avrebbe dovuto attuare interventi di bonifica ambientale miranti alla riconversione e allo sviluppo economico produttivo. Ma per attuare questo processo di riconversione, un ruolo di primaria importanza sarà giocato dall'impiego delle tecnologie più innovative e dall'applicazione delle conoscenze scientifiche più avanzate, che sono alla base

■ Sergio Cappucci, Andrea Carloni e Massimo Maffucci
ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

della *green economy*, in quanto per poter gestire ed innovare i prodotti ed i processi industriali attraverso azioni metaboliche che ne migliorino l'efficienza è prima necessario conoscere profondamente le risorse naturali di cui si dispone (nella figura 1, i guasti comportati dall'applicazione di tecnologie obsolete che hanno portato oltretutto alla perdita di competitività sui mercati, con la conseguente perdita di migliaia di posti di lavoro).

Con i termini *green economy* (economia verde) si indica una economia il cui impatto ambientale sia contenuto in modo da consentire uno sviluppo industriale sostenibile. Le fonti di energia tradizionali (di origine fossile) sono affiancate, se non sostituite, dalle fonti di energia alternative. In particolar modo, svolgono un ruolo di primaria importanza le energie rinnovabili, come ad esempio l'eolico, le biomasse, il solare fotovoltaico, la geotermia, l'idroelettrico, che consentono di minimizzare le emissioni di gas serra. Altra caratteristica peculiare della *green economy* è l'impiego di tecnologie e tecniche in grado di aumentare l'efficienza energetica dei macchinari. Inoltre nell'"economia verde", il ciclo di produzione-consumo è studiato per ridurre al minimo la produzione dei rifiuti e degli scarti di lavorazione anche al fine di dividerli con altre imprese vicine (materie prime-seconde)



FIGURA 1 Una discarica di "fanghi rossi", scarto di lavorazione della Bauxite per la produzione di Allumina
Fonte: ENEA

(simbiosi industriale). In linea con questi "principi" nell'articolo verranno illustrate, per sommi capi, le tecnologie di bonifica delle acque di falda, impiegate nei principali siti industriali italiani, e la proposta di fattibilità di alimentare gli impianti di trattamento ed emungimento delle acque con energia elettrica prodotta in loco con fonti rinnovabili, principalmente il fotovoltaico, reso ancor oggi conveniente dal "Conto Energia", data inoltre la buona esposizione "solare" dei siti industriali e la notevole "superficie" disponibile per l'installazione di pannelli solari fotovoltaici. Ottenendo così l'abbattimento degli enormi costi di bonifica a carico delle industrie e contribuendo alla riduzione delle emissioni inquinanti.

Metodologia

Per affrontare in modo organico il tema della sostenibilità tecnico-economica nel campo delle bonifiche e della gestione delle risorse naturali si può adottare con valenza generale per le varie matrici inquinate (aria, acqua e suolo/sedimenti) quanto al diagramma di flusso di figura 2.

Per individuare vantaggi e svantaggi, al fine di ottimizzare l'analisi costi-benefici inerente le migliori tecnologie necessarie per la messa in sicurezza e bo-

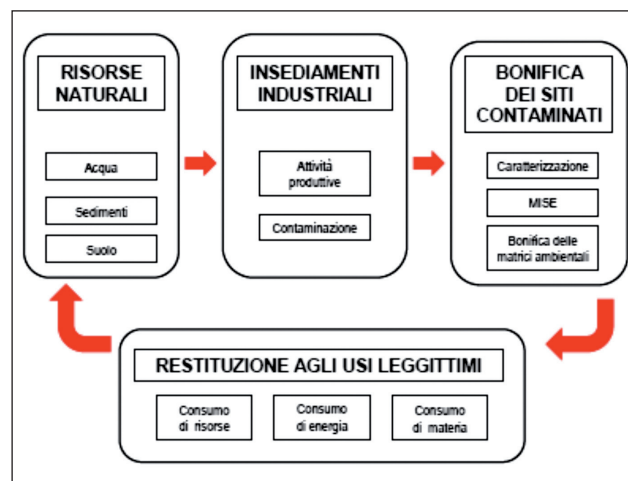


FIGURA 2 Diagramma di flusso inerente il depauperamento delle risorse economiche, sociali e ambientali nel settore delle bonifiche
Fonte: ENEA

nifica delle matrici ambientali, specializzando come già detto il ragionamento all'acqua di falda, sono state prese in considerazione le proposte progettuali di sistemi di bonifica, attuate e/o approvate dal Ministero dell'Ambiente del Territorio e del Mare per diversi siti di Bonifica di interesse nazionale (SIN) [1], [2], [3]. La stima dei volumi di acqua da trattare e dei relativi costi di bonifica è stata condotta considerando 3 fattori principali:

- il primo fattore è stato la diversa tipologia di barriera (idraulica e/o fisica) adottata;
- il secondo fattore è stato il fronte di contaminazione (F) di 50, 100 e 300 m cui relativamente sottendono hot-spot di contaminazione con superficie 0,25 ha, 2,4 ha e 9 ha;
- il terzo fattore è stato il coefficiente di conducibilità idraulica (k) indicato per semplicità con i numeri 10, 100 e 1000, cui corrispondono rispettivamente valori di percorrenza pari a 0,2 m/g, 2 m giorno e 20 m giorno.

Risultati

Per interventi di MISE (Messa In Sicurezza d'Emergenza) e Bonifica, le principali tecnologie utilizzate, per la bonifica delle acque possono essere distinte nei seguenti 3 gruppi:

- barriere fisiche (vere e proprie "cinturazioni" fisiche

all'intorno dei siti contaminati per evitare che le acque inquinate continuino a riversarsi al di fuori del sito);

- barriere idrauliche (cinturazioni interrotte da pozzi che raccolgono le acque inquinate, dai quali esse vengono emunte e trattate con sistemi di emungimento elettrici fortemente energivori);
- barriere permeabili reattive (cinturazioni nelle quali l'acqua viene convogliata verso filtri costituiti da reagenti chimici che depurano le acque senza la necessità di sistemi di trattamento alimentati ad energia elettrica e che non alterano pesantemente il deflusso naturale delle acque).

Da uno studio svolto in collaborazione da ENEA e DITS (Dipartimento Idraulica Trasporti e Strade-Facoltà Ingegneria, La Sapienza) (vedi figura 3), svolto sui 17 principali siti SIN italiani sono emersi i gravosissimi costi affrontati dalle industrie sia per la realizzazione degli impianti sia per la loro gestione nel tempo (decine di anni). Ovviamente per la gestione emerge in maniera rilevante il costo vivo dell'energia elettrica dei sistemi di emungimento e trattamento delle acque.

Conclusioni

Di seguito vengono schematizzati i punti di forza e di debolezza delle strategie di risanamento adottate per fronteggiare il problema della contaminazione della

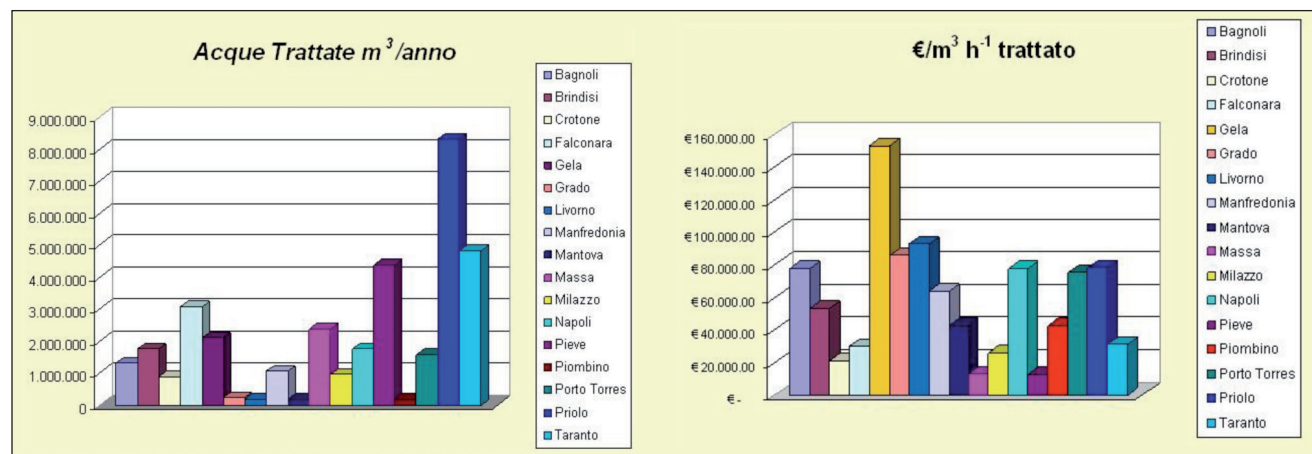


FIGURA 3 Risultati preliminari relativi a 17 SIN. Stima dei costi per la realizzazione degli impianti
Fonte: ENEA-DITS LA SAPIENZA [3]

falda attraverso l'adozione di barriere fisiche, idrauliche e barriere reattive.

Le Barriere Fisiche hanno i seguenti punti di forza:

- discreta capacità di contenimento del contaminante;
- possibilità di prevedere il volume d'acqua da trattare;
- costi di gestione ridotti.

Mentre tra i punti di debolezza possono essere citati:

- difficoltà nella tenuta e nel monitoraggio;
- profondità del livello impermeabile di immersione influente sui costi;
- influenza irrimovibile sulla circolazione idrica sotterranea (o demolizione ad avvenuta bonifica);
- non rimozione della fonte inquinante (se non associato ad altro tipo di intervento);
- difficoltà di adeguamento della configurazione e di manutenzione;
- introduzione nel sottosuolo inquinanti;
- costi di investimento iniziali elevati.

Le Barriere Idrauliche hanno i seguenti punti di forza:

- agevole progettazione;
- versatilità relativamente alle tipologie di contaminanti;
- capacità di azione anche a notevoli profondità;
- influenza removibile sulla circolazione idrica sotterranea;
- facilmente associabile al trattamento delle acque contaminate (pump & treat);
- costo di realizzazione modesto (investimento iniziale);
- facilità di adeguamento della configurazione e di manutenzione.

E i seguenti punti di debolezza:

- incertezza nel contenimento del contaminante;
- durata del risanamento;
- costi di gestione elevati.

Le Barriere Permeabili Reattive (PRB) presentano i seguenti punti di forza:

- capacità di contenimento del contaminante;
- diretto trattamento del materiale contaminante.

Mentre tra i punti di debolezza possono essere menzionati:

- influenza sulla circolazione idrica sotterranea solo parzialmente rimovibile;
- incertezza nel contenimento del contaminante;
- necessità di monitoraggio per controllo dell'efficienza dell'opera.

La proposta

Per la riduzione dei costi dovuti all'energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli impianti di emungimento e trattamento delle acque è ragionevolmente pensabile di:

- estendere l'impiego delle PRB, che consentono di trattare le acque di falda sfruttando il loro naturale deflusso attraverso reagenti mirati agli inquinanti presenti (azzeramento dei consumi energetici) (vedi figura 4);
- ove sono ritenuti altrimenti necessari impianti che facciano uso di sistemi di emungimento e trattamento, sviluppare la realizzazione di sistemi di alimentazione locali basati su energie rinnovabili (in particolare fotovoltaico).

Ipotesi di realizzazione di quanto al punto 2 (Campo fotovoltaico per la fornitura dell'energia elettrica necessaria all'emungimento ed al trattamento delle acque da decontaminare)

Fonte ipotizzata: Fotovoltaico (piano)

Superficie terreno: 10 ha

Potenza nominale: 7 MW

Costo impianto: 35 M€

Energia producibile annua:

– 8.400 MWh (nord Italia) (2.800 famiglie equivalenti)

– 9.400 MWh (centro Italia) (3.200 famiglie equivalenti)

– 10.500 MWh (sud Italia) (3.500 famiglie equivalenti)

Valorizzazione economica proveniente da: conto energia e vendita energia.

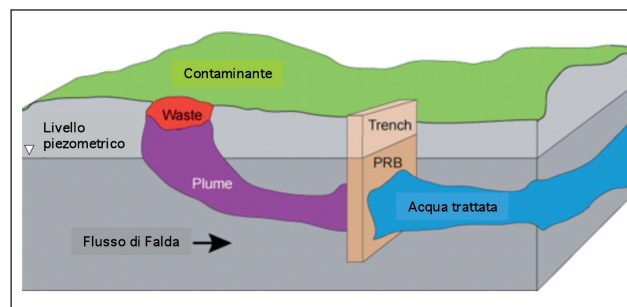


FIGURA 4 Modello concettuale di una PRB
Fonte: ENEA-DITS LA SAPIENZA [3]

Esempi realizzativi reali



FIGURA 5 Parco solare di Götterborn (Germania)
Fonte: www.ahk-italien.it

- L'impianto è stato realizzato sui terreni di una miniera di carbone non più coltivata
- Potenza nominale: 8,4 MW
- Superficie occupata: 16,5 ettari
- Produzione: 8.400 MWh (circa 3.000 abitazioni)
- Ultimazione: 08/2004



FIGURA 6 Recupero del SIN, "ex-amiantifero" di Balangero e Corio per mezzo del riutilizzo delle superfici disponibili per la realizzazione di "campi fotovoltaici"
Fonte: G. Armiento, S. Cappucci, F. De Lia, M. Dotti, L. Falconi, R. Levizzari, M. Maffucci. (2009) [3]

- Le aree individuate accolgono 21.700 moduli FV
- Le opere in progetto interesseranno essenzialmente gradoni pianeggianti del versante sud lato Balangero.

Bibliografia

- [1] G.P. Beretta (Università di Milano), V. Cicconi (UniSapienza-Roma), M. Maffucci (ENEA), M. Majone (UniSapienza-Roma), M. Petrangeli Papini (UniSapienza-Roma), E. Rolle (UniSapienza-Roma). (2009), *Messa in sicurezza e bonifica di falde contaminate: un'analisi delle tecnologie impiegate a partire dall'applicazione del D.M 471/99*, La chimica e l'industria, N° 1, pagg. 104-109, Società Chimica Italiana, Roma.
- [2] G.P. Beretta (Università di Milano), S. Cappucci (ENEA), V. Cicconi (UniSapienza-Roma), M. Maffucci (ENEA), M. Majone (UniSapienza-Roma), E. Rolle (UniSapienza-Roma). (2011), *Bonifica di acque sotterranee: tecniche di messa in sicurezza*, *Ambiente e Sicurezza-Il Sole 24 ore*, N° 20, pagg. 34-45, Il sole 24 ore-Gruppo 24 ore, Milano.
- [3] G. Armiento, S. Cappucci, F. De Lia, M. Dotti, L. Falconi, R. Levizzari, M. Maffucci. (2009). *Development perspectives and advanced technologies for waters and sediments remediation-treatment costs and exploitation of areas through renewable energy sources*. BOSICON 2009 – the 2nd International Conference on Polluted Sites Remediation, Roma.