

## **Fitotrattamento e riuso dei sedimenti di dragaggio**

**Grazia Masciandaro, Serena Doni e Cristina Macci**

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi – Pisa

[grazia.masciandaro@ise.cnr.it](mailto:grazia.masciandaro@ise.cnr.it)

[serena.doni@ise.cnr.it](mailto:serena.doni@ise.cnr.it)

[cristina.macci@ise.cnr.it](mailto:cristina.macci@ise.cnr.it)

### **SOMMARIO**

Il dragaggio dei sedimenti marini e fluviali rappresenta una problematica ambientale largamente riconosciuta, in quanto ogni anno in Europa sono dragati circa 200 milioni di m<sup>3</sup> di sedimenti e di questi più della metà sono contaminati e costosi da smaltire. Inoltre, più di 5 milioni di m<sup>3</sup> di terreno vengono sottratti al suolo e utilizzati nei vivai per la coltivazione di piante ornamentali con costi elevati e con un alto impatto ambientale. Combinando le due problematiche, il progetto Europeo LIFE "Cleansed" (LIFE12 ENV/IT/000652) propone il trattamento dei sedimenti decontaminati mediante fitorimediazione "Agriport" (progetto Europeo Eco-Innovation ECO/08/239065/S12.532262) ed il loro riutilizzo in campo agronomico come substrato di crescita delle piante. Inoltre, per la prima volta viene testata la possibilità di riutilizzare i sedimenti di dragaggio anche in campo ambientale come materiale di riempimento per la costruzione di strade.

### **SUMMARY**

The continuous stream of sediments, dredged from harbors and waterways

is a considerable environmental problem recognized worldwide. The importance of treating dredged sediments derives from the fact that in Europe about 200 million m<sup>3</sup> are dredged every year, over half being contaminated and expensive to dispose of. In addition, more than 5 million m<sup>3</sup> of land is extracted from the soil and used in nurseries to grow ornamental plants, at high costs and with high environmental impact. Combining these two critical points, the "Cleansed" European project (LIFE12 ENV/IT/000652) proposes to re-utilize the "Agriport" phytotreated sediments (European project Eco-Innovation ECO/08/239065/S12.532262) in the agronomic field as a substrate to grow plants. It is also tested for the first time the possibility of re-utilizing dredged sediments in the environmental field, as filling material to build roads.

### **1. INTRODUZIONE ALLA FITORIMEDIAZIONE**

La fitorimediazione rappresenta un insieme di tecniche che si basano sull'utilizzo di specie vegetali, e dei microrganismi ad esse associati, per

**Giornata di studio - Invasi naturali e artificiali. Gestione sedimenti:  
esperienze operative e ricerca**

Roma, 15 Ottobre 2015

stabilizzare o ridurre il livello dei contaminati nel suolo. I principali vantaggi di questa tecnologia sono: i bassi costi di messa in opera e di gestione, l'efficacia per molteplici classi di inquinanti, la possibilità di essere applicata *in situ* e la rivalorizzazione ambientale ed estetica del paesaggio. L'efficacia della fitorimediazione per la bonifica di suoli contaminati è stata dimostrata per molte classi di inquinanti, quali idrocarburi pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, solventi clorurati e metalli pesanti (Aprill and Sims 1990; Anderson et al. 1993; Nedunuri et al. 2000; Newman et al. 2001). Sebbene potenzialmente efficace e sostenibile, la fitorimediazione trova un'applicazione molto ristretta, generalmente limitata ad esperienze pilota. Inoltre, si conosce molto poco circa la possibilità di trattamento di altre matrici ambientali, quali i sedimenti di dragaggio. Le proprietà dei sedimenti, infatti, possono differire notevolmente da quelle dei suoli, e quindi, tecnologie efficaci per la decontaminazione del suolo possono non esserlo per i sedimenti. La compattezza, l'elevata salinità, la ridotta aerazione, il contenuto sbilanciato di nutrienti ed il contenuto in argilla, che ostacola lo sviluppo delle radici delle piante, rappresentano i principali problemi legati alla possibilità di fitotrattare questa matrice. Per i motivi sopra esposti, la selezione delle specie vegetali si deve basare essenzialmente

sulla capacità di adattamento e crescita delle piante a alle caratteristiche peculiari dei sedimenti di dragaggio.

## **2. PROGETTO AGRIPORT**

Il progetto Eco-Innovation Agriport (ECO/08/239065/S12.532262) ha previsto il trattamento di due tipologie di sedimento: 1) sedimenti di acque interne, dragati dal canale dei Navicelli - Pisa, e 2) sedimenti marini, dragati dal porto di Livorno. Entrambi i sedimenti presentavano un contenuto non equilibrato di nutrienti e una contaminazione sia da composti organici che inorganici. La struttura fisica asfittica dei sedimenti, derivante dalla composizione limo-argillosa, ha costituito un problema molto importante per il loro trattamento con la tecnologia AGRIPORT, in quanto li rendeva non adatti a supportare la crescita delle piante.

Studi preliminari in fase pilota, hanno messo in evidenza la necessità di un pre-condizionamento bio-fisico dei sedimenti attraverso: 1) la miscelazione dei sedimenti con un materiale calcareo e 2) l'applicazione di compost verde in modo da creare un ambiente adatto alla crescita delle piante e, quindi all'assorbimento dei metalli pesanti e alla degradazione dei contaminati organici (Bianchi et al., 2011).

Per quanto riguarda i sedimenti dragati dal porto di Livorno, la vasca di sperimentazione (superficie di 80 m<sup>2</sup>) è stata realizzata nell'area Donegani

**Giornata di studio - Invasi naturali e artificiali. Gestione sedimenti:  
esperienze operative e ricerca**

Roma, 15 Ottobre 2015

del porto di Livorno. Questa è stata suddivisa in quattro aree ciascuna delle quali è stata sottoposta al trattamento con piante diverse. Tra le piante utilizzate troviamo la specie erbacea *Paspalum vaginatum*, che è una specie molto resistente alla salinità e con un sistema radicale molto esteso. Questa pianta è stata testata sia in monocultura che in associazione con le specie arbustive *Spartium junceum* e *Tamarix gallica*, che sono specie pioniere capaci di adattarsi alle caratteristiche dei sedimenti.

I sedimenti di acque interne, del canale dei Navicelli, sono stati trattati in cisterne di circa 1 m<sup>3</sup> utilizzando le stesse specie vegetali testate per i sedimenti dragati dal porto di Livorno. Inoltre, questa tipologia di sedimenti,

avendo una salinità più bassa, ha consentito l'utilizzo anche di altre specie vegetali quali *Nerium oleander* e *Phragmites australis*. Quest'ultima è una pianta infestante, molto utilizzata per la fitodepurazione delle acque; essa si trova comunemente lungo i corsi d'acqua e cresce spontaneamente anche sui sedimenti dragati dal Canale dei Navicelli.

Dopo due anni dall'inizio della sperimentazione, lo stato di salute e crescita delle piante e la caratterizzazione dei sedimenti fitotrattati mediante tecnologia Agriport, hanno evidenziato l'efficienza del processo di decontaminazione e di recupero dei sedimenti dal punto di vista agronomico (chimico) e funzionale (biochimico) (Tabella 1).

Parametri	Unità di misura	sedimenti trattati (Tecno-suolo)	Intervalli di accettabilità per suoli agronomici
pH		8,0 - 8,5	7,3-8,1 sub-alcino; > 8,2 alcalino
Conducibilità elettrica	dS m <sup>-1</sup>	<2	< 2 adatto per tutte le coltivazioni 2-4 rischi per coltivazioni sensibili 4-8 rischi per tutte le coltivazioni >8 non tollerato da nessuna coltivazione
C-organico totale	g kg <sup>-1</sup>	10 - 20	Per suoli limo-sabbiosi: < 7 basso; 7-9 normale; 9-12 buono; >12 ottimo
N totale	%	0,08 - 0,25	0,15 - 0,4 valore medio
C/N		9-15	8-12 valore medio
P totale	g kg <sup>-1</sup>	0,40 - 0,77	0,2 - 5 valore medio
Attività deidrogenasi	mgINTF kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	1,5-3,5	1-4 suoli naturali (indice attività metabolica)

**Giornata di studio - Invasi naturali e artificiali. Gestione sedimenti: esperienze operative e ricerca**

Roma, 15 Ottobre 2015

Tabella 1. Parametri indicatori dell'adattamento dei sedimenti all'ecosistema terrestre

Il prodotto ottenuto, che si può definire "tecno-suolo", ha assunto caratteristiche che si avvicinano molto a quelle di un suolo naturale (Masciandaro et al., 2014; Doni et al., 2015; Doni et al., 2013).

Tutte queste considerazioni, possono motivare l'uso della fitorimediazione, come una valida alternativa ai sistemi di decontaminazione tradizionali.

I sedimenti recuperati con la tecnologia AGRIPORT sono risultati idonei per essere reimpiegati in usi

ambientali, per esempio come substrato di crescita per le piante.

**3. PROGETTO CLEANSED: UTILIZZO DEI SEDIMENTI IN VIVAISTICA**

Nell'ambito del progetto Life "Cleansed" i sedimenti di dragaggio del Canale dei Navicelli - Pisa, sono stati utilizzati, dopo decontaminazione mediante la tecnologia AGRIPORT sopra descritta, come substrato nella coltivazione di piante ornamentali nel settore vivaistico (Figura 1).

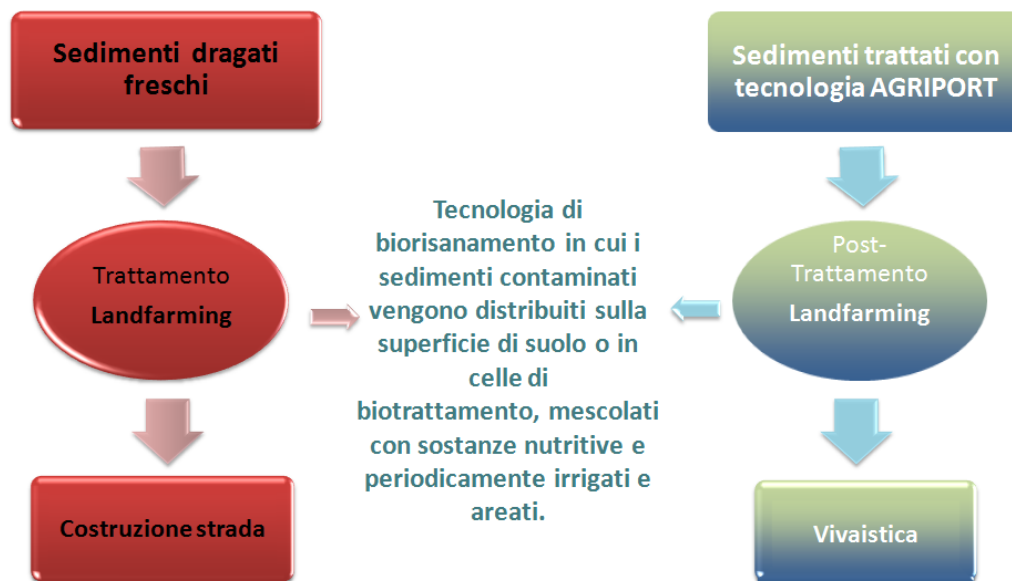


Figura 1: Rappresentazione schematica della strategia CLEANSED

Con lo scopo di ottenere un substrato adatto alla crescita di "piante di qualità", tali sedimenti sono stati sottoposti a due mesi di landfarming come post-trattamento in grado di omogeneizzare, migliorare le proprietà biologiche ed abbattere

ulteriormente la contaminazione organica del sedimento.

Tre specie ornamentali sono state selezionate: (1) *Photinia x fraseri* var. Red Robin, specie a crescita rapida ed esigente di acqua; (2) *Viburnum Tinus* L., specie a crescita lenta e xerofitica e

**Giornata di studio - Invasi naturali e artificiali. Gestione sedimenti:  
esperienze operative e ricerca**

Roma, 15 Ottobre 2015

(3) *Eleagnus macrophylla* L., che si inserisce tra le prime due specie per le necessità d'acqua e a media crescita. La sperimentazione è stata condotta in contenitori di circa 5 m<sup>3</sup> riempiti con i sedimenti decontaminati mescolati con un terreno agronomico; sono

state testate tre diverse miscele suolo-sedimento: 1) CTL, (suolo agronomico di controllo) sedimento 0%: terreno 100%; 2) T33, sedimento 33%: terreno 66%; 3) T50, sedimento 50%: terreno 50% (Figura 2).



Figura 2: Utilizzo dei sedimenti per la crescita di piante in vivaistica nell'ambito del progetto *Cleansed*.

L'evoluzione dei parametri chimici, fisici e biochimici delle tre matrici (CTL, T33 e T50), unitamente alla crescita delle piante selezionate, è stata monitorata nel tempo. Dopo dieci mesi dall'allestimento della sperimentazione, le due miscele suolo-sedimento (T33 e T50) hanno mostrato caratteristiche chimico nutrizionali e biochimico funzionali simili al suolo agronomico di controllo. Inoltre, le piante durante la prima stagione vegetativa hanno mostrato grande capacità di adattamento alle due miscele suolo-sedimento (T33 e T50) con una produzione di biomassa,

un accrescimento in altezza e uno sviluppo dell'area fogliare simili alle specie vegetali cresciute nel suolo agronomico (CTL). Tuttavia, tra le specie selezionate, il *Viburnum tinus* è l'unica che ha consentito una corretta zollatura in entrambe le miscele suolo-sedimento.

La sperimentazione è attualmente in corso e la crescita e l'adattamento fisiologico delle specie a dimora continuerà ad essere monitorato con lo scopo di valutare la loro evoluzione nel tempo.

Ulteriori studi riguardanti la preparazione di miscele con una

**Giornata di studio - Invasi naturali e artificiali. Gestione sedimenti:  
esperienze operative e ricerca**

Roma, 15 Ottobre 2015

maggior percentuale di sedimento e la messa a dimora di altre specie vegetali potranno essere svolti al fine di ottimizzare il riutilizzo dei sedimenti di dragaggio nel settore vivaistico.

**4. PROGETTO CLEANSED:  
UTILIZZO DEI SEDIMENTI NELLA  
COSTRUZIONE DI STRADE**

Per il raggiungimento dell'obiettivo del progetto Life "Cleansed" di riutilizzare i sedimenti di dragaggio decontaminati come materiale di riempimento nella la costruzione di strade, sedimenti freschi sono stati dragati dal Canale dei Navicelli - Pisa. In questo caso, il landfarming è stato selezionato come vero e proprio trattamento per ridurre il contenuto d'acqua, di sostanza organica e di contaminanti organici, in modo da ottenere un substrato idoneo alla costruzione della strada (Figura 1). Il

trattamento di landfarming è stato effettuato per cinque mesi ed è consistito nel rivoltamento meccanico del sedimento (una-due volte alla settimana). Dopo cinque mesi di processo, si è osservata una netta diminuzione del carbonio e dell'azoto organico, suggerendo un'attivazione della biomassa microbica dei sedimenti, che ha un ruolo significativo nella mineralizzazione della materia organica (inclusi i contaminanti organici). Questa ipotesi è stata confermata dal forte aumento dell'attività microbica nel sedimento sottoposto a landfarming. Inoltre, la grande riduzione nel contenuto di acqua (fino al 40%), la diminuzione della contaminazione organica e l'assenza di tossicità hanno reso il sedimento adatto per il suo riutilizzo nella costruzione di strade (Figura 3).



Figura 3: Tratto di strada costruito con l'utilizzo dei sedimenti nell'ambito del progetto Cleansed.

**Giornata di studio - Invasi naturali e artificiali. Gestione sedimenti:  
esperienze operative e ricerca**

Roma, 15 Ottobre 2015

Ciò nonostante, al fine di ridurre ulteriormente il contenuto di acqua fino al livello ottimale per la costruzione di strade (20%), i sedimenti sono stati mescolati in laboratorio con diverse percentuali di calce ed è stata valutata la perdita di acqua. Il contenuto di acqua del 20% è stato ottenuto utilizzando una percentuale di calce del 15% circa. Ulteriori esperimenti saranno necessari per sostituire la calce con un trattamento fisico di disidratazione dei sedimenti.

## **5. PROSPETTIVE FUTURE:**

### **PROGETTO HORTISED**

### **PROGETTO RESED**

La buona performance dei sedimenti come substrato di crescita di specie ornamentali, dimostrata nell'ambito del progetto Cleansed, apre la possibilità di dimostrare il potenziale dei sedimenti di dragaggio decontaminati anche come substrato di crescita di specie "food". Il progetto Life "Hortised" (LIFE14 ENV/IT/000113 LIFE), attualmente in fase di avviamento, consentirà di valutare la crescita e la qualità dei frutti delle specie melagrana e fragola nel substrato costituito dal sedimento trattato rispetto ai substrati tradizionali a base di torba.

Infine, è in fase di presentazione, come progetto Life, il progetto "Resed", che ha l'obiettivo di affinare e ridurre i tempi per la fitorimediazione dei sedimenti mediante l'azione sinergica di piante,

microrganismi e bioattivatori (miscela di enzimi e nutrienti). Il sedimento così trattato, potrà essere riutilizzato come substrato biologicamente attivo per il recupero di suoli degradati e/o inquinati.

## **6. CONCLUSIONI**

I sedimenti sono prodotti ad una distanza molto breve dalle aree dove potrebbero essere utilizzati ed essere disponibili in elevatissimi volumi. Il riutilizzo in agricoltura e in opere di ripristino ambientale avrebbe una grande rilevanza per la gestione sostenibile dei rifiuti, in quanto eliminerebbe gli ingenti costi di smaltimento e ridurrebbe l'impatto ambientale.

La possibilità di considerare i sedimenti come una risorsa piuttosto che un rifiuto implica necessariamente: l'aggiornamento delle politiche ambientali, in linea con i recenti orientamenti dell'Unione Europea; il sostegno della ricerca volta all'identificazione di tecnologie innovative; e la disincentivazione del conferimento in discarica.

## **BIBLIOGRAFIA**

Anderson TA, Guthrie EA, Walton BT (1993). Bioremediation in the rhizosphere. Environ Sci Technol 27:2630–2636.

Aprill W, Sims RC (1990). Evaluation of the use of prairie grasses for stimulating polycyclic aromatic

**Giornata di studio - Invasi naturali e artificiali. Gestione sedimenti:  
esperienze operative e ricerca**

Roma, 15 Ottobre 2015

hydrocarbon treatment in soils.  
*Chemosphere* 20:253–265.

Bianchi V., Masciandaro G., Ceccanti B., Peruzzi E., Iannelli R. (2011). Phytoremediation of contaminated sediments: evaluation of agronomic properties and risk assessment. *Chemistry and Ecology*, 27, 1-11.

Doni S., Macci C., Peruzzi E., Iannelli R., Masciandaro G. (2015). Heavy metal distribution in a sediment phytoremediation system at pilot scale. *Ecological Engineering*, 81, 146-157.

Doni S., Macci C., Peruzzi E., Iannelli R., Ceccanti B., Masciandaro G. (2013). Decontamination and functional reclamation of dredged brackish sediments. *Biodegradation*, 24, 499-512.

Masciandaro G., Di Biase A., Macci C., Peruzzi E., Iannelli R., Doni S. (2014). Phytoremediation of dredged marine sediment: Monitoring of chemical and biochemical processes contributing to sediment reclamation. *Journal of Environmental Management*, 134, 166-174.

Nedunuri KV, Banks MK, Schwab AP, Chen Z (2000). Evaluation of phytoremediation for field-scale degradation of total petroleum hydrocarbons. *J Environ Eng* 126:483–490.

Newman LA, Strand SE, Choe N, Duffy J, Ekuan G, Pivetz BE (2001) Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites. EPA/540/S-01/500.





ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

***Giornata di studio - Invasi naturali e artificiali. Gestione sedimenti:  
esperienze operative e ricerca***

Roma, 15 Ottobre 2015