



Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Grazia Masciandaro, CNR – IRET, Pisa**

*Trattamento dei sedimenti di dragaggio per la  
valorizzazione e l'applicazione agro-ambientale:  
esperienze di progetti europei.*

**V SCUOLA NAZIONALE DI  
MONITORAGGIO AMBIENTALE**

***I Siti Contaminati:***

***Caratterizzazione, Metodologie analitiche, Analisi di rischio,  
Bonifica***

***TARANTO, 29 - 30 NOVEMBRE 2018***



## Gestione dei sedimenti di dragaggio



➤ Ogni anno in Europa 100-200 milioni m<sup>3</sup> di sedimenti contaminati sono dragati e necessitano di essere smaltiti in modi specifici e costosi

Mancanza di una direttiva comunitaria dedicata

La frammentazione normativa comporta dubbi interpretativi ed applicativi

La maggiore criticità: **i sedimenti dragati sono rifiuti?**



## Gestione dei sedimenti di dragaggio

**D.lgs 152/2006:** I sedimenti **non sono rifiuti** se lo “**spostamento**” viene effettuato per specifiche finalità (gestione delle acque) e se non sono pericolosi

**D.lgs. 205/2010:** specifiche finalità e sussistenza delle condizioni del sottoprodotto (prende in considerazione la possibile pericolosità del materiale) **procedure cessazione della qualifica di rifiuto**

Sedimenti spostati all'interno di acque superficiali purché non pericolosi, sono esclusi dall'ambito di applicazione della normativa rifiuti **Esclusione dei sedimenti dal regime dei rifiuti**

**DM 161 /2012:** regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo **Regolamento qualifica sottoprodotto (Abrogato dal DPR 120/2017 )**

**D.lgs. 91/2014 (Decreto Competitività)**, convertito in **l. 116/2014:** introduce importanti modifiche nella disciplina giuridica dei materiali di dragaggio: nuovo **art. 184-quater nel d.lgs. 152/2006**, il quale è specificamente dedicato all'utilizzo dei materiali di dragaggio

**D.lgs. 133/2014**, convertito in **l. 164/2014: Decreto sblocca-Italia**

**Art. 7, Comma 8-bis:** di cui all'articolo 185, comma 3, del D.lg. 152/2006, dopo le parole “*i sedimenti spostati all'interno di acque superficiali*” sono inserite le seguenti: “*o nell'ambito delle pertinenze idrauliche*” **Esclusione dalla disciplina sui rifiuti ai sedimenti spostati nell'ambito delle pertinenze idrauliche**



ANNO	PREVISIONE NORMATIVA
Prima del 1997	I materiali dragati venivano depositati accanto ai canali
1997	D.Lgs. 22/1997 → I materiali dragati diventano rifiuti. Ci sono delle eccezioni: D.M. 24/01/1996 → Movimentazione dei sedimenti e ripascimenti D.Lgs. 152/09 → Immersione in mare (ora Art. 109-D.Lgs. 152/06)
2002	In FVG viene dichiarato lo stato di emergenza socio-economico ambientale e vige quindi una «legge speciale» che è l'O.M. Interno n. 3217/2002 che prevede una gestione differenziata del materiale in base alla loro qualità: - colonna A Tab. 1 protocollo Venezia 1993 → costituzione Barene - colonna A parte IV-Titolo V D.Lgs. 152/06 → costituzione Isole - tra colonna A e B parte IV-Titolo V D.Lgs. 152/06 → cassa di colmata - oltre colonna B parte IV-Titolo V D.Lgs. 152/06 → rifiuti
2006	D.Lgs. 152/06 → riconferma della possibilità di immersione in mare (Art 109)
2006	L. 296/06 → gestione particolare nelle aree portuali dei SIN (comma 996) con introduzione del concetto di «pericolosità» (p.es. per casse di colmata)
2008	D.M. 7/11/08 → Attuazione comma 996 della Legge Finanziaria 2007
2008	Direttiva 2008/98/CE → esclusione dei sedimenti (non pericolosi) dal regime dei rifiuti
2010	D.Lgs. 205/10 → recepimento della direttiva 2008/98/CE (Art. 185 c. 3 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.)
2014	D.L. 91/2014 → utilizzo dei materiali di dragaggio e cessazione qualifica di rifiuto
2016	Decreto Direttoriale MATTM 8 giugno 2016, n. 351 → Criteri per la definizione dei valori di riferimento nei SIN
2016	D.M. 172/2016 → modalità norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei SIN
2016	D.M. 173/2016 → modalità e criteri tecnici per l'immersione in mare e per il ripascimento dei sedimenti dragati

Tabella 1 - Sintesi dell'evoluzione normativa



## d.lgs. 205/2010

Un **rifiuto cessa di essere tale**, quando è stato sottoposto a una operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfa 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;
- d. l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

L'operazione di recupero può coincidere con la verifica delle predette condizioni.

Sono esclusi dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti *“i sedimenti spostati all'interno di acque superficiali ai fini della gestione delle acque e dei corsi d'acqua o della prevenzione di inondazioni o della riduzione degli effetti di inondazioni o siccità o ripristino dei suoli se è provato che i sedimenti non sono pericolosi ai sensi della decisione 2000/532/Ce della Commissione del 3 maggio 2000, e successive modificazioni”*



Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare  
(MATTM)

DM 161 /2012

Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da  
scavo

Regolamento qualifica sottoprodotto

Fra i “**materiali da scavo**” definiti dal D.M. troviamo “*materiali litoidi in genere e comunque tutte le altre plausibili frazioni granulometriche provenienti da escavazioni effettuate negli alvei, sia dei corpi idrici superficiali che del reticolo idrico scolante in zone golenali dei corsi d’acqua, spiagge, fondali lacustri e marini*”

REQUISITI

Il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all’art. 184 bis, comma 1, lettera d), del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i. per **l’utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotti**, è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all’interno dei materiali da scavo sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B Tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., **con riferimento alla specifica destinazione d’uso urbanistica**, o ai **valori di fondo naturali**.

**Abrogato dall’entrata in vigore del nuovo DPR 120/2017 che elenca i materiali di scavo NON CITANDO, tuttavia, i materiali riconducibili a “SEDIMENTI”**



## d.lgs. 91/2014 (Decreto Competitività),

### **Refluimento in strutture di contenimento (es. vasche di colmata):**

**Comma 1, Art. 184-quater nel d.lgs n. 152/2006** materiali di dragaggio sottoposti ad operazioni di recupero in vasche di colmata o in altri impianti autorizzati **cessano di essere rifiuti** quando, all'esito di operazioni di recupero (anche cernita, selezione), soddisfano le seguenti condizioni:

*a) non superano i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 al titolo V della parte quarta, con riferimento alla **destinazione urbanistica** del sito di utilizzo;*

*b) sia certo il sito di destinazione e siano utilizzati direttamente, anche a fini del riuso o rimodellamento ambientale, senza rischi per le matrici ambientali interessate e in particolare senza determinare contaminazione delle acque sotterranee e superficiali.*

*In caso di utilizzo diretto in un ciclo produttivo, devono, invece, rispettare i requisiti tecnici per gli scopi specifici individuati, la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti e alle materie prime, e in particolare non devono determinare emissioni nell'ambiente superiori o diverse qualitativamente da quelle che derivano dall'uso di prodotti e di materie prime per i quali è stata rilasciata l'autorizzazione all'esercizio dell'impianto.*



## d.lgs. 91/2014 (Decreto Competitività)

**Comma 2, L'art. 184-quater** Al fine di escludere rischi di contaminazione delle acque sotterranee, i materiali di dragaggio destinati **all'utilizzo in un sito** devono essere sottoposti a **test di cessione** secondo le metodiche e i limiti di cui all'Allegato 3 del decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998, pubblicato nel supplemento ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998. L'autorità competente può **derogare** alle concentrazioni limite di **cloruri e di solfati** qualora i materiali di dragaggio siano destinati ad aree prospicienti il litorale e siano compatibili con i livelli di salinità del suolo e della falda.

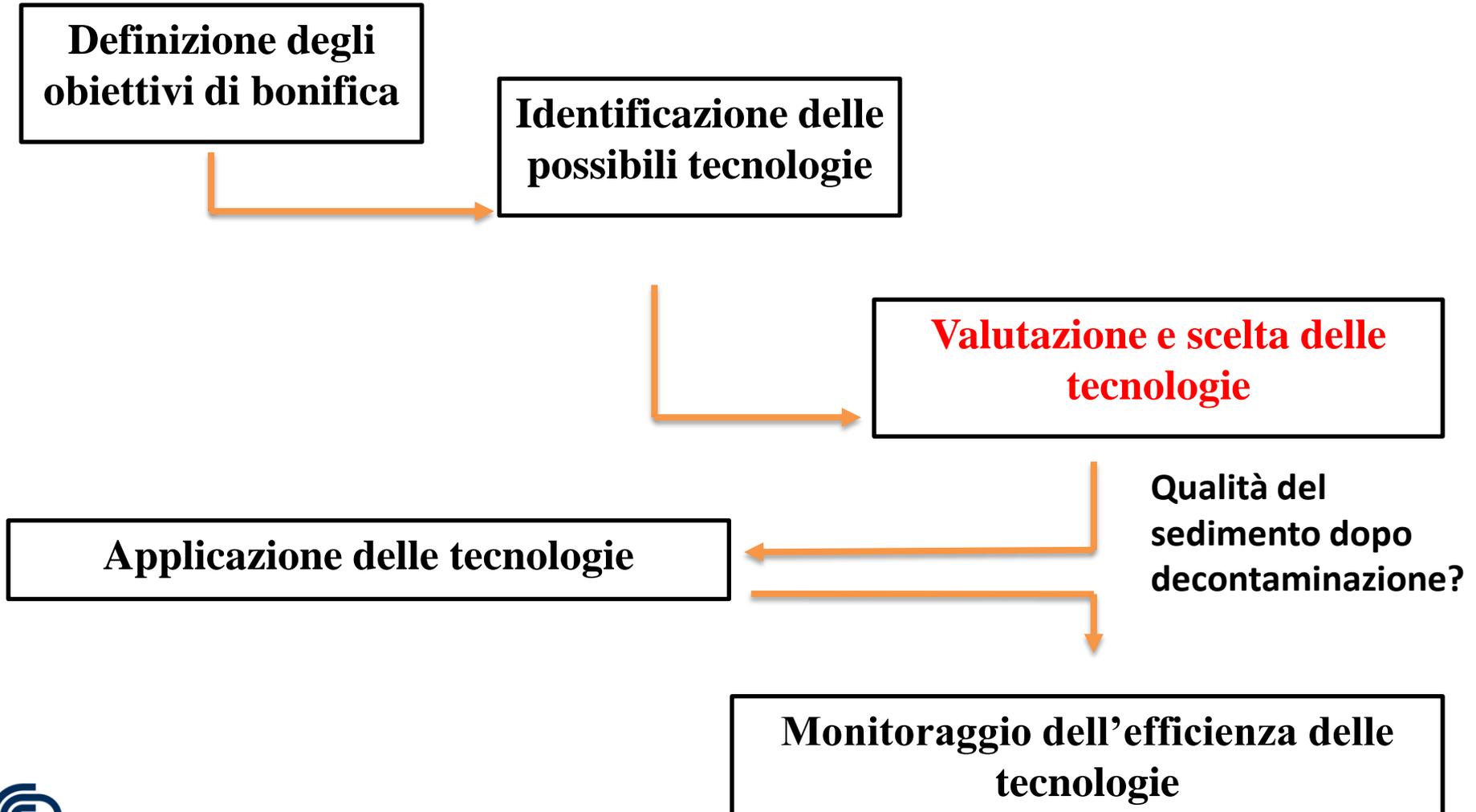
**Comma 3...**

**Comma 4...**

**Comma 5 dell'art. 184-quater** disciplina la fase della **movimentazione dei materiali di dragaggio che hanno cessato di essere rifiuti** secondo quanto sopra previsto, precisando che durante la movimentazione gli stessi dovranno essere accompagnati dalla dichiarazione di conformità, alternativamente dal documento di trasporto e da altri documenti di legge.



# Strategia di bonifica





## L' equazione sbagliata

***Sedimento contaminato = Rifiuto pericoloso***

La qualità del sedimento è definita esclusivamente da valori di concentrazione dei contaminanti

Tecnologie consolidate

Collocazione in discarica

Inertizzazione



# Prospettive future

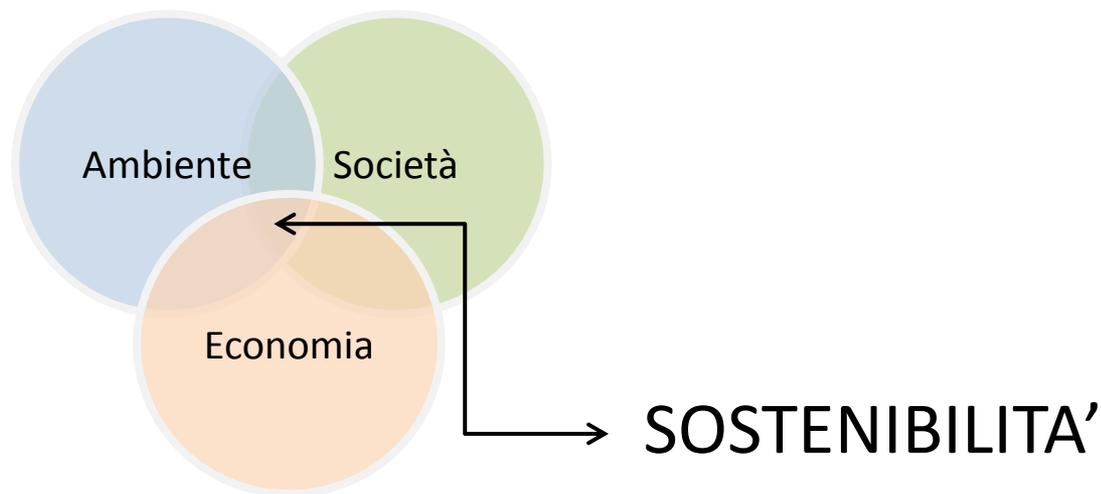




# L'equazione corretta

***Sedimento contaminato ≠ rifiuto***

**Obiettivi di bonifica non più distruttivi**





# Gestione sostenibile dei sedimenti: decontaminazione e riciclo

## Fitorimediazione



## Sedimento riciclato in vivaistica



## Sedimento riciclato in orticoltura



Sedimenti di dragaggio



Sedimenti recuperati con un processo di **compostaggio** per la coltivazione di **piante ornamentali**



Sedimenti **fitorimmediati** per la produzione in vivaio di piante ornamentali (alloro) e di alberi da frutto (olivo e agrumi) e alla coltivazione di piante non alimentari (protea, calla, alloro) ed alimentari (basilico , mirtillo, bosco fragola e agrumi).



# Decontaminazione

## Il progetto Europeo: AGRIPORT



eco-innovation  
WHEN BUSINESS MEETS THE ENVIRONMENT



### Agricultural Reuse of Polluted Dredged Sediments

No. ECO/08/239065/S12.532262



- Utilizzo della fitorimediazione come tecnologia di bonifica sostenibile per trasformare i sedimenti di dragaggio salmastri e marini leggermente inquinati in un substrato agronomico, che può essere utilizzato come un "tecno-suolo"

#### Coordinatore:

SGI Studio Galli Ingegneria (Padova, Italia)

#### Beneficiari:

- Autorità Portuale di Livorno (Livorno, Italia)
- Università di Pisa - Dip. di ingegneria civile (Pisa, Italia)
- **CNR - Istituto per lo studio degli ecosistemi (Pisa, Italia)**
- Agricultural Research Org. - Volcani Center (Israel)
- D'Appolonia s.p.a. (Genova, Italia)
- DFS Engineering d.o.o. Montenegro (Montenegro)<sup>14</sup>

### Partnership





Conversione dei sedimenti di dragaggio marini e fluviali leggermente contaminati in un substrato agronomico che può essere usato come **tecno-suolo**

Sedimenti fluviali  
Canale dei Navicelli



Piante selezionate



Sedimenti marini  
Porto di Livorno



Ghiaia-sabbia



Rete di plastica



Miscela  
suolo-sedimento 30%



*Nerium oleander*



*Paspalum vaginatum*



*Tamarix Gallica*



*Phragmites australis*



*Spartium Junceum*



**Brevetto:** Iannelli R, Masciandaro G, Ceccanti B, Bianchi V, Doni S (2012). Metodo per il trattamento di residui di dragaggio mediante fitorimediazione e impianto che realizza tale metodo. PI2012A000013. Il Brevetto italiano è stato rilasciato il 05/09/2014 con No. 0001410263

## PORTO DI LIVORNO

Vasca di accumulo  
1.750.000 m<sup>3</sup>  
400.000 m<sup>2</sup>

➤ Prima Sito contaminato di interesse nazionale (SIN) e da maggio 2014 Sito di Interesse Regionale (SIR)

➤ Piano di caratterizzazione del porto



**Il protocollo** concordato col Ministero dell'Ambiente:

- Collocazione in vasca di colmata impermeabilizzata dei sedimenti di dragaggio con contaminazione inferiore al 90% dei limiti per siti ad uso commerciale e industriale (Tab. 1 all. 5 D.Lgs 152/2006)
- Superamento limiti idrocarburi: landfarming con bioaugmentation prima di collocazione in vasca
- Superamento limiti metalli: conferimento in discarica
- Costo complessivo di collocazione e trattamento: 67 €/m<sup>3</sup> oltre al dragaggio e trasporto
- La vasca di colmata è stato completamente riempita in circa 2 anni di attività di dragaggio





# SEDIMENTI DRAGATI DAL PORTO DI LIVORNO



	Livello di contaminazione dei sedimenti	D.Lgs 152/06 – Colonna A	D.Lgs 152/06 – Colonna B
Sabbia (%)	15.4		
Limo (%)	46.6		
Argilla (%)	38		
Tessitura (classificazione USDA)	<b>Limo argilloso</b>		
pH	7.78		
Conducibilità elettrica (dS m <sup>-1</sup> )	30/3.0		
Carbonio organico totale (%)	1.2		
Azoto totale(%)	0.08		
C/N	15		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	4.1		
Fosforo totale (mg kg <sup>-1</sup> )	640		
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	84	120	500
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	83	100	1000
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	90	120	600
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	60	150	800
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	1.55	2	15
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	300	<b>150</b>	1500
Idrocarburi totali (mg kg <sup>-1</sup> )	1600	<b>10 + 50 (C&lt;12+ C&gt;12)</b>	<b>250+ 750 (C&lt;12+ C&gt;12)</b>

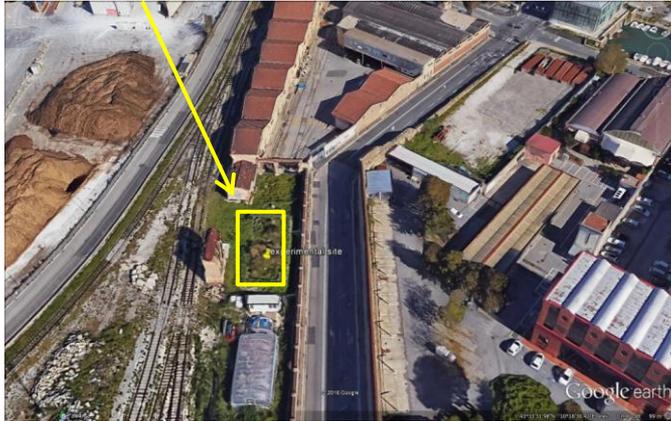
Miscelazione del sedimento con un suolo sabbioso (20% v/v)



Salinità elevata

## Sito sperimentale

## Fasi di costruzione dell'impianto pilota di Livorno



### Piantumazione



### Realizzazione della vasca



### Monitoraggio





# Schema dei trattamenti piantumazione (Maggio 2010)



**ECO-INNOVATION**  
WHEN BUSINESS MEETS THE ENVIRONMENT

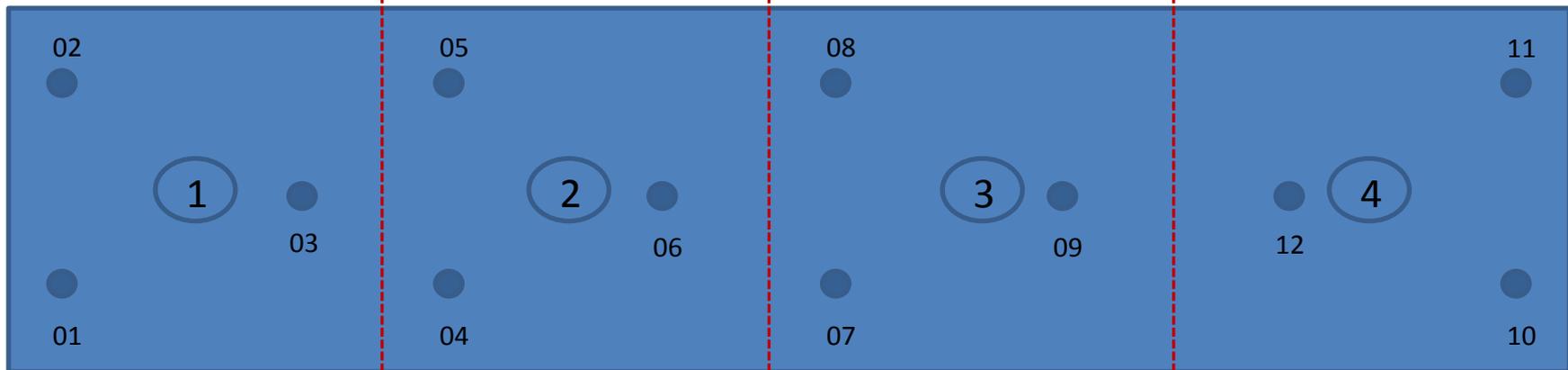


STRATO DI COMPOST INCORPORATO  
IN SUPERFICIE (DOSE 40 t/h)



Piante selezionate:  
specie erbacea (*Paspalum vaginatum*)

specie arbustive (*Spartium junceum*,  
*Tamarix gallica*)



*Paspalum*  
(~1440 PIANTE)



CONTROLLO  
(NO PIANTE)

*Spartium* (~120 PIANTE) +  
*Paspalum*



*Tamarix* (~120 PIANTE) +  
*Paspalum*



# AGRIPORT-Monitoraggio

Il monitoraggio del sistema pilota consisteva in due campionamenti all'anno che interessavano tutto il profilo trattato

## 1) PARAMETRI AGRONOMICI:

- Carbonio Organico Totale
- Azoto Totale
- Fosforo Totale
- Nitrati

## 2) PARAMETRI ECOLOGICI-FUNZIONALI:

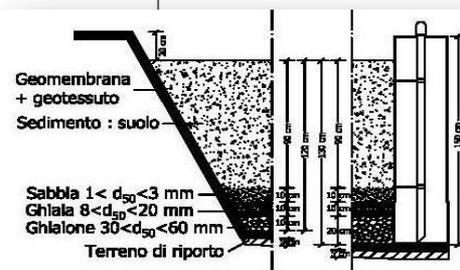
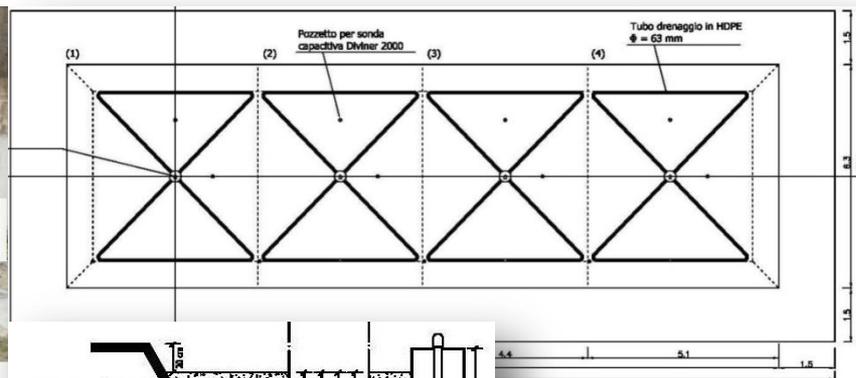
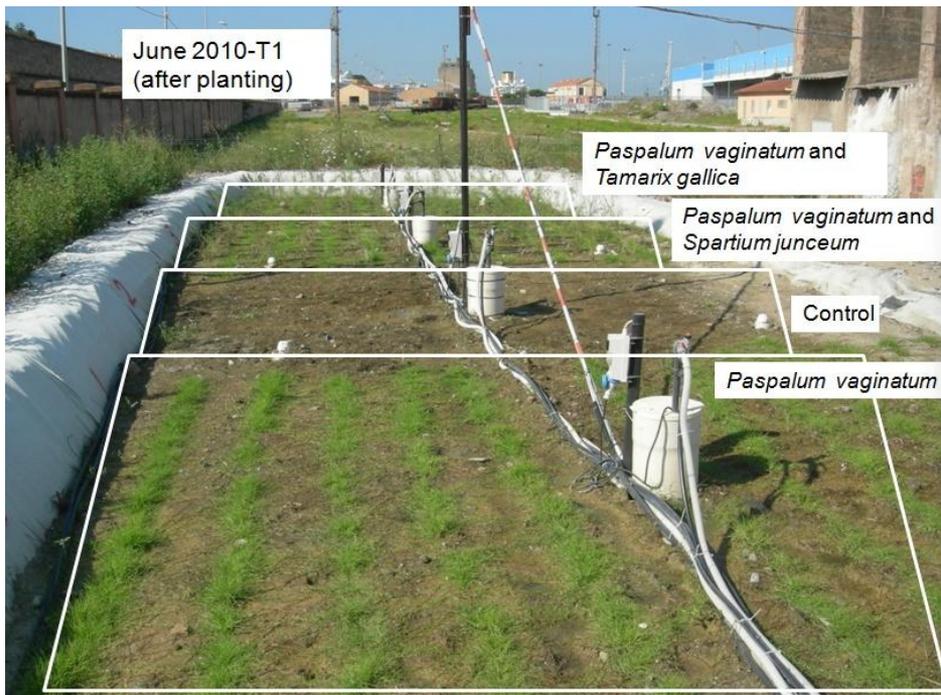
- Numero di microorganismi
- Biodiversità microbica
- Attività microbica

## 3) DECONTAMINAZIONE:

- Metalli pesanti: Zn, Pb, Ni, Cu, Cr, Cd
- Idrocarburi totali (TPH)



# PROGETTO AGRIPORT No. ECO/08/239065/S12.532262



- Lunghezza 15 m
- Larghezza 6 m
- Profondità 1.3 m
- Sedimenti trattati 80 m<sup>3</sup>

## Risultati in sintesi

**Maggio 2012** (dopo due anni dalla piantumazione):

- Carbonio organico: 1.5-2.0% (0-20cm); 1.0% (20-60cm).
- Fosforo totale: 450-550 mg kg<sup>-1</sup>(0-20cm), 350-500 mg kg<sup>-1</sup> (20-60cm).
- Azoto totale: 0.10-0.13% (0-20cm); 0.05-0.10% (20-60cm)
- Idrocarburi: **C>12 circa 250 mg kg<sup>-1</sup>**
- Metalli: **Zn circa 240 mg kg<sup>-1</sup>** unico metallo con valori superiori al limite del D. Lgs. 152/2006 per uso urbano (tab. A)





# Canale di Navicelli



eco-innovation  
WHEN BUSINESS MEETS THE ENVIRONMENT



Canale di Navicelli (Pisa) , canale navigabile che collega Pisa a Livorno e sfocia nel mare

Lunghezza: 17 km  
Larghezza: 30 m  
Profondità: 3 m





# SEDIMENTI DRAGATI DAL CANALE DEI NAVICELLI

Il dragaggio del Canale di Navicelli è necessario per permettere la navigabilità:  
 $20 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{anno}$



## Sedimenti

### Canale di Navicelli-Pisa



- ❖ Alta presenza di particelle fini
- ❖ Contenuto di nutrienti non bilanciato
- ❖ Materiale sterile (Attività biologica molto bassa)
- ❖ Contaminazione da metalli pesanti e da contaminanti organici

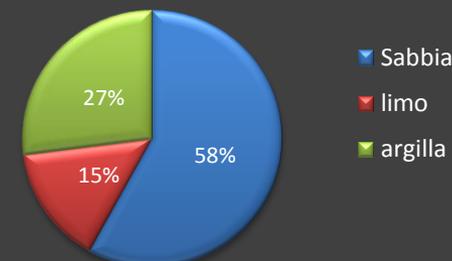


Sito di Pisa: Canale Navicelli	Livello di contaminazione dei sedimenti	D.Lgs 152/06 Colonna A	D.Lgs 152/06 Colonna B
Sabbia (%)	38		
Limo (%)	20		
Argilla (%)	42		
Tessitura (classificazione USDA)	Argilloso		
pH	7.89		
Conducibilità elettrica (dS m <sup>-1</sup> )	5.0		
Carbonio organico totale (%)	3.72		
Azoto totale (%)	0.207		
C/N	18		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	8.8		
Fosforo totale (mg kg <sup>-1</sup> )	764		
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	73	120	500
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	62	100	1000
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	90	120	600
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	56	150	800
→ Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	10	<b>2</b>	15
→ Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	349	<b>150</b>	1500
→ Idrocarburi totali (mg kg <sup>-1</sup> )	1400	<b>10 + 50 (C&lt;12+ C&gt;12)</b>	<b>250+ 750 (C&lt;12+ C&gt;12)</b>

Miscelazione con un suolo sabbioso (20% v/v)



### Granulometria miscela



Classificazione USDA\*: Franco sabbioso





## Allestimento impianto dimostrativo



### RIEMPIMENTO DEI CONTENITORI:

- a) STRATO DRENANTE GHIAIA-SABBIA,
- b) RETE DI PLASTICA,
- c) MISCELA SEDIMENTO-TERRENO



a)



b)



c)



UNO STRATO DI COMPOST È STATO  
INCORPORATO IN SUPERFICIE NELLA MISCELA  
SEDIMENTO-TERRENO  
(DOSE 40 t/ha)





Trattamenti:

- ✓ *Nerium oleander* + *Paspalum* v.
- ✓ *Tamarix gallica* + *Paspalum* v.
- ✓ *Spartium junceum* + *Paspalum* v.
- ✓ *Phragmites australis*
- ✓ *Paspalum* v.
- ✓ Controllo

## Specie vegetali selezionate



*Paspalum vaginatum*



*Tamarix gallica*



*Spartium junceum*



*Nerium oleander*



*Phragmites australis*



DOPO 18 MESI



eco-innovation  
WHEN BUSINESS MEETS THE ENVIRONMENT



*Phragmites australis*



*Spartium junceum*



*Nerium oleander*



*Paspalum vaginatum*



*Tamarix gallica*



# RISULTATI IN SINTESI AGRIPORT



## RECUPERO AGRONOMICO

➤ Il miglioramento delle proprietà chimico-nutrizionali (**aumento di N e P di circa il 25%**) dei sedimenti trattati è indicativo dell'attivazione del ciclo dei nutrienti e quindi del recupero della fertilità agronomica (C/N circa 10, tipico di un suolo naturale in equilibrio).

## RECUPERO ECOLOGICO-FUNZIONALE

➤ La stimolazione dei parametri biologici, in particolare nei trattamenti con l'associazione di specie erbacee e arbustive, contribuisce a generare un "ecosistema suolo" funzionale (**aumento del numero e dell'attività dei microrganismi di circa il 50%**).

## DECONTAMINAZIONE

➤ La **diminuzione** nel tempo dei **metalli pesanti (20%)** e degli **idrocarburi totali (50-60%)** indica l'efficienza del sistema di fitorimediazione mediante tecnologia AGRIPORT.



Brevetto italiano No. **0001410263** rilasciato il 05/09/2014

Iannelli R, Masciandaro G, Ceccanti B, Bianchi V, Doni S. Metodo per il trattamento di residui di dragaggio mediante fitorimediazione e impianto che realizza tale metodo. PI2012A000013.

# Adattamento all'ecosistema terrestre

Parametri	Valori	Suolo agronomico
pH	8.56	7,3-8,1 sub-alcantino; < 8,2 alcalino
EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	199	< 2000 vitale per tutte le coltivazioni
TOC (%)	3.12	Per un suolo sabbioso-argilloso: < 0,7 basso; 0,7-9 normale; 9-12 buono; >12 molto buono
TN (%)	0.26	0,15 - 0,4 valore medio
TP (%)	0.8	0,2 - 5 valore medio
TK (%)	1.0	0,8 - 40
C/N	11.8	< 8 basso; 8 - 12 medio; > 12 alto
Indice di Germinazione(%)	113	> 60%, no tossicit� per vegetazioe
Attivit� deidrogenasica (mg INTF/kg h)	3.5	> 2





# Le Problematiche ambientali



➤ Ogni anno in Europa **100-200 milioni m<sup>3</sup>** di sedimenti contaminati sono dragati e necessitano di essere smaltiti in modi specifici e costosi

➤ Ogni anno **5.2 milioni m<sup>3</sup> di suolo** vengono utilizzati per l'attività vivaistica.

➤ La coltivazione in contenitore necessita di substrati colturali **Il substrato di elezione è la torba** con un consumo annuale in Italia stimato di **5x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>**

➤ **Le torbiere sono in esaurimento e in via di chiusura**

➤ **I costi di approvvigionamento sono crescenti**

➤ Problemi simili sono affrontati anche per la costruzione di strade, la cui domanda per sabbia, ghiaia e inerti è annualmente di circa 30 milioni m<sup>3</sup>.



## Il Comparto Vivaistico

Solo nel distretto Pistoiese (Toscana):

- Più di 1500 aziende
- 6000 ha totali, c.a 1500 ha per la coltivazione in vaso e il resto in pieno campo.





# CLEANSED: LIFE12 ENV/IT/000652



## OBIETTIVI

1. Dimostrazione del riciclo dei sedimenti decontaminati mediante tecnologia AGRIPORT nel settore vivaistico
2. Dimostrazione dell'uso dei sedimenti freschi nella costruzione di strade

## Coordinatore:



CNR-ISE Istituto per  
lo Studio degli  
Ecosistemi

## Beneficiari:



DICI Dipartimento di  
Ingegneria Civile e  
Industriale



Navicelli S.p.a.



CSIC-CEBAS Centro de Edafologia y  
Biologia Aplicada del Segura



CNR-IBIMET Istituto  
di biometeorologia



Dipartimento di Scienze delle  
Produzioni Agroalimentari e  
dell'Ambiente



# La Strategia



# 1. Dimostrazione dell'uso dei sedimenti decontaminati nel settore vivaistico



Sedimenti trattati con tecnologia AGRIPORT



Post-Trattamento Landfarming



Vivaistica

- Omogeneizzare il substrato
- Aumentare l'attività microbica
- Ridurre la contaminazione organica



## Landfarming

Rimozione delle piante

Periodico rivoltamento dei sedimenti

Tempi: 3 mesi

Monitoraggio: 1.5 mesi (T1) e 3 mesi (T2)

# Conclusioni Landfarming sedimenti AGRIPORT



## Landfarming per:

- Omogenizzare il substrato
- Aumentare l'attività biologica
- Ulteriore riduzione della contaminazione organica



## Matrice idonea per il riutilizzo in vivaistica



### Trattamenti:

Dovuto al basso contenuto in nutrienti e alla bassa capacità di ritenzione idrica:

miselazione con un suolo agronomico 50:50 – 33:66 – 0:100

### Piante:

3 specie ornamentali:

*Viburnum tinus* L. (1)

*Eleagnus macrophylla* L. (2),

*Photinia x fraseri* var. Red Robin (3)



# Allestimento prove sperimentali presso il CESPEVI (Pistoia)



## Preparazione delle miscele Aprile 2014



**Controllo**



**T33**



**T50**

	CTL	T33	T50
<b>% SEDIMENTO FITORIMEDIATO</b>	0%	33%	50%



## Specie ornamentali messe a dimora

*Photinia x fraseri* var.  
**Red Robin - FOTINIA**



Cina

Suolo fertile

Crescita rapida  
Esigente d'acqua

*Viburnum tinus* L. –  
**VIBURNO TINO**



Mediterraneo

Suolo fertile

Crescita lenta  
xerofitica

*Eleagnus macrophylla*  
**OLIVAGNO**



Giappone

Suolo fertile

intermedia

## *Viburnum tinus*



### *Risultati substrati colturali dopo 10 mesi*

La presenza delle piante consente l'aumento del **carbonio** organico e dell'**azoto**, soprattutto in presenza di sedimento (T33 e T50)

I **nitrati** aumentano mentre l'ammoniaca diminuisce indicando la buona ossigenazione delle matrici in presenza delle piante

Stimolazione del **metabolismo microbico** e del ciclo dei **nutrienti** nelle miscele con i sedimenti



## Crescita delle piante



30 Jan 2015



8 Sept 2015



## Risultati sulle specie vegetali

Analisi a dieci mesi dall'impianto

### *Photinia x fraseri*

Matrici	Diametro colletto(cm)	Altezza (cm)	Area Fogliare (cm <sup>2</sup> )	Peso secco totale (g)
CTL	1.7±0.2	93.1±2.3	5237±893	370±108
T33	1.8±0.1	91.2±0.3	6377±1216	373±56
T50	1.7±0.1	90.9±13.8	5787±1197	333±85

### *Viburnum tinus*

Matrici	Diametro colletto(cm)	Altezza (cm)	Area Fogliare (cm <sup>2</sup> )	Peso secco totale (g)
CTL	1.5±0.4	53.5±1.3	5614±2155	234±43
T33	1.8±0.6	54.6±1.5	<b>7183±1026</b>	<b>310±62</b>
T50	1.3±0.3	55.2±4.6	5751±422	217±42

### *Eleagnus macrophylla*

Matrici	Diametro colletto(cm)	Altezza (cm)	Area Fogliare (cm <sup>2</sup> )	Peso secco totale (g)
CTL	2±0.2	121±10	12177±1662	528±59
T33	1.6±0.4	103.5±14	11871±2151	386±191
T50	1.9±0.1	111±14	9852±895	445±75

Le tre specie non hanno mostrato differenze significative fra le tre matrici

Le piante hanno dimostrato un buon adattamento ai substrati producendo un denso fogliame, crescendo in altezza e nel diametro del fusto.

Maggiore biomassa in T33 per il Viburno e tendenza ad una maggiore Area Fogliare

## *Photinia x fraseri*



## Valutazione delle zolle

In T33 e T50 la zolla si sfalda.

Nel Controllo la zolla rimane compatta > argilla

## *Viburnum tinus*



La zolla rimane compatta per tutte le radici.

Apparato radicale ben sviluppato e ramificato

## *Eleagnus macrophylla*



Le zolle tendono a rompersi in grandi blocchi per tutte le matrici.





## 2. Dimostrazione dell'uso dei sedimenti decontaminati per la costruzione di strade



**Sedimenti dragati freschi**



**Trattamento  
Landfarming**



**Riduzione di:**

- H<sub>2</sub>O**
- Sostanza organica**
- Contaminanti organici**



**Costruzione strada**

La sostanza organica e i contaminanti organici sono degradati dai microrganismi e usati come fonte di carbonio per la crescita e per l'energia

## Dimostrazione dell'uso dei sedimenti decontaminati nella costruzione di strade

➤ Dragaggio di circa 800 m<sup>3</sup> sedimenti freschi e stoccaggio in vasca, campionamenti mensili



➤ Il trattamento di landfarming è consistito nella periodica areazione del sedimento (1-2 volte/settimana) mediante rivoltamento meccanico per circa 5 mesi





## 2° caso: Conclusioni Landfarming

### Landfarming per:

- Riduzione di acqua
- Riduzione della sostanza organica
- Riduzione dei contaminanti organici



Non abbastanza



Matrice idonea per la costruzione delle strade



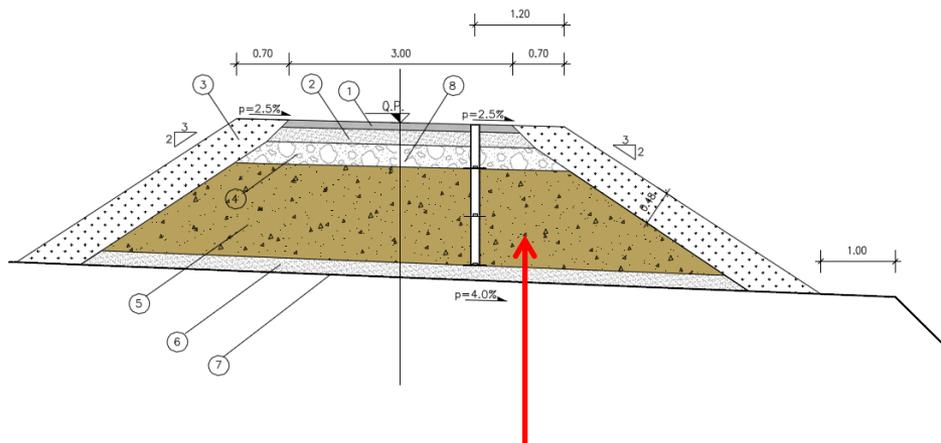
Strada di 100m



## costruzione della strada

Con lo scopo di ridurre il contenuto di acqua fino a valori ottimali (19%), la percentuale di calce da aggiungere è passata dal 5%, necessaria alla stabilizzazione, al 15%.

**Doppio effetto: stabilizzazione dei sedimenti e disidratazione**

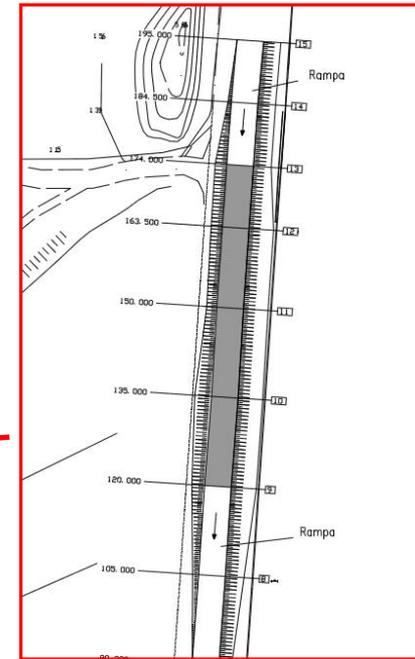


**Sedimenti di dragaggio disidratati e stabilizzati con limo**



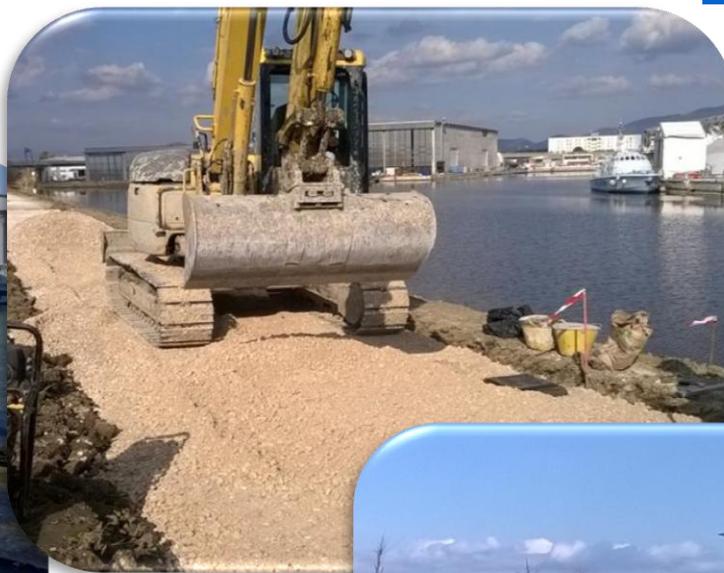
# Disegno esecutivo della strada

## Vista dall'alto





## costruzione della strada



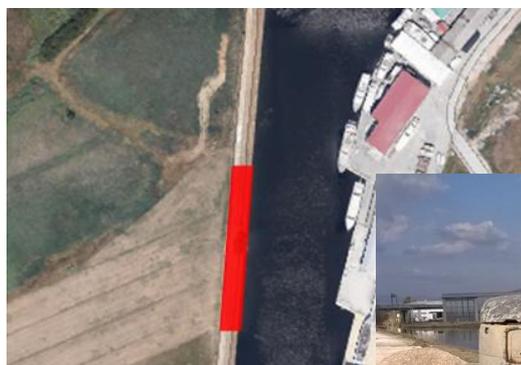


# Cleansed: LIFE12 ENV/IT/000652



Dimostrazione dell'uso dei sedimenti decontaminati nella costruzione di strade

➤ Costruzione della strada



➤ Inaugurazione  
16 Marzo 2015



# Demonstration of the suitability of dredged remediated sediments for safe and sustainable horticulture production



**HORTISED**  
**LIFE14 ENV/IT/000113**



## Partnership

Data di inizio progetto: 1 Ottobre 2015

Data di fine progetto: 31 marzo 2018

Coordinatore:



**DISPAA**  
Department of Agri-Food and of Environmental Science  
University of Florence



**ISE-CNR**  
Institute for Ecosystem  
Studies of the National  
Research Council, Pisa

Beneficiari:



**UMH**  
Miguel Hernandez University of  
Elche, Alicante



**ZELARI**  
AZ. AGRICOLA ZELARI COMPANY S.S. -  
Pieve a Nievole, Pistoia



**CALIPLANT**  
VIVEROS CALIPLANT, S.L.  
San Javier, Murcia

## OBIETTIVI

**Dimostrazione del riciclo dei  
sedimenti decontaminati mediante  
tecnologia AGRIPORT in orticoltura  
in Italia e Spagna:**

**-Coltivazione di piante da frutto e  
produzione di frutta (melograno e  
fragola)**

**-Coltivazione di talee di melograno.**



# Preparazione dei sedimenti Dicembre 2015



## Rimozione delle piante





## Trattamento dei sedimenti “AGRIPORT”: Landfarming

- ✓ omogenizzare il substrato
- ✓ stimolare le attività biologiche
- ✓ ridurre ulteriormente la contaminazione organica



**Periodica aerazione (una volta alla settimana) mediante rivoltamento meccanico dei sedimenti per un periodo di tre mesi**



# Monitoraggio del processo di Landfarming



- 3 punti di campionamento in 40m<sup>2</sup>: A, B, C in 1 m<sup>2</sup> ciascuno
- 10 sotto-campioni per ogni punto di campionamento
- Campagna di campionamento:
  - T0, caratterizzazione iniziale
  - T1, dopo un mese, T2, dopo due mesi, T3, dopo tre mesi



## Successo del landfarming

- Aumento dell'attività microbica (aumento delle attività enzimatiche)
- Mineralizzazione della sostanza organica (diminuzione di C, N, P nelle forme totali, aumento delle forme solubili)
- Diminuzione della contaminazione organica
- Contaminazione inferiore ai limiti di legge (Dlg.s 152/2006 tab A.) con l'eccezione di Zn, C>12 e IPA

## Caratteristiche fisiche e chimiche paragonabili a quelle di un substrato agronomico (D.lgs 75/2010)

Parametri	Sedimenti alla fine del landfarming	D lgs 152/2006		D. lgs. 75/2010	Suolo agronomico
		Tab A Uso urbano	Tab B. Uso industriale		
Densità apparente(g/cm <sup>3</sup> )	<b>1,08 ±0,07</b>			<b>0,95</b>	1-2
pH	<b>8,10 ±0,01</b>			4,5-8,5	7,3-8,2
Conducibilità elettrica(dS/m)	<b>0,33 ±0,04</b>			<1	2
TOC %	<b>1,97 ±0,02</b>			<b>&gt;4</b>	0,7-12
TN %	<b>0,13±0,01</b>			<2,5	0,15-0,4
TP (g/Kg)	<b>0,58±0,03</b>				0,2-5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	<b>0,11±0,02</b>			<1,5	
Attività β–glucosidasi (mmol Kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	<b>221</b>				>100
Attività fosfatasi (mmol Kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	<b>198</b>				>100
Cd (mg/kg)	<b>0.96 ±0,06</b>	2	15	1,5	
Cu (mg/kg)	<b>34,3 ± 4,3</b>	120	600	230	
Hg (mg/kg)	<b>0,075± 0,001</b>	1	5	1,5	
Ni(mg/kg)	<b>34,6 ± 5,33</b>	120	500	100	
Pb(mg/kg)	<b>35,2 ± 3,7</b>	100	1000	100	
Zn (mg/kg)	<b>248 ± 11</b>	<b>150</b>	1500	500	
Cr (mg/kg)	<b>49.1± 9</b>	150	800	-	
C>12 (mg/kg)	<b>236</b>	<b>50</b>	750	-	





ZELARI

AZ. AGRICOLA ZELARI  
COMPANY S.S. - Pieve a  
Nievole, Pistoia



Fr = **Fragola**

Mo = Monterey

Ca = Camarosa



Substrati

**TS100** = 100% sedimento decontaminato

**TS50** = 50% substrato tradizionale + 50% sedimento decontaminato

**TS0** = 100% substrato tradizionale (torba+pomice)

Blocchi (B): in triplicato con 30 litri di substrato di crescita e 10 piante ciascuno





ZELARI

AZ. AGRICOLA ZELARI  
COMPANY S.S. - Pieve a  
Nievole, Pistoia



M = **Melograno**

Mo = Mollar de Elche

PQ = Purple Queen®

Substrati

**TS100** = 100% sedimento decontaminato

**TS50** = 50% substrato tradizionale + 50% sedimento decontaminato

**TS0** = 100% substrato tradizionale (torba+pomice)

Blocchi (B): in triplicato con 40 litri di substrato di crescita e 1 pianta ciascuno



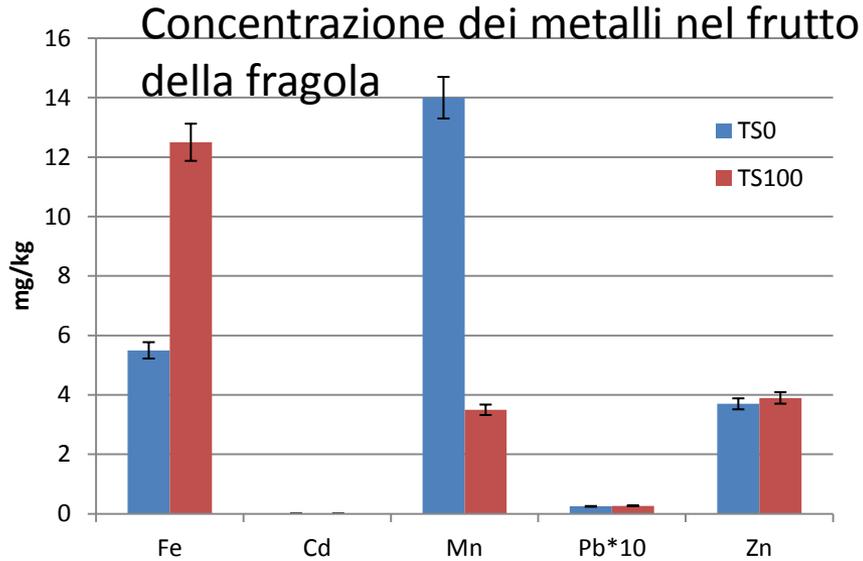
**TS100**





Regole e normative elaborate dalla  
*Codex Alimentarius Commission*

## Risultati preliminari



## CODEX ALIMENTARIUS

CONTAMINANTE	ALIMENTO	mg/kg peso fresco Limiti massimi
Micotossine	No frutta/verdura	5
Arsenico	Acqua minerale	0.01
Cadmio	Frutta e Ortaggi a foglia	0.05
Piombo	Frutti, piccoli frutti, ortaggi a foglia	0.1
Mercurio	Acqua, pesce (metilmercurio)	0.001
		0.5
Acrilnitrile	Tutti	0.02
Cloropropanoli	Proteina vegetale idrolizzata	0.4
Cloruro di vinile	Tutti	0.01

piante	Crescita delle piante		Presenza di contaminanti		Qualità del frutto	
	TS50	TS100	TS50	TS100	TS50	TS100
fragola	Buona	discreta	Si ≈ TS0	Si ≈ TS0	Si	No
melograno	buona	buona	foglie Si ≈ TS0	foglie Si > TS0	-	-



European project **SUBSED LIFE17 ENV/IT/000347** “Sustainable substrates for agriculture from dredged remediated marine sediments: from ports to pots”



Coordinatore: Flora Toscana

Beneficiari associati: Viveros Caliplant;

Miguel Hernández University of Elche; CNR-IRET;

CREA Research Centre for  
Vegetable and Ornamental Crops;

Carbon Sink Group s.r.l.;

**Obiettivo:** Convertire i sedimenti di dragaggio in un **substrato commerciale** da sostituire alla torba attualmente in uso.

La performance del nuovo substrato sarà dimostrata dal confronto con la produzione vivaistica in substrati convenzionali (torba e fibra di cocco)

**Trattamento dei sedimenti “AGRIPORT”: Landfarming**

Sedimenti **fitorimmediati** per la produzione in vivaio di:

- ✓ **alberi da frutto** (olivo e agrumi)
- ✓ **coltivazione di piante ornamentali** (protea, calla, alloro)
- ✓ **coltivazione di piante alimentari** (basilico , mirtillo, fragola di bosco e agrumi).



Risultati attesi:

- Qualità commerciale delle specie non alimentari;
- Caratteristiche chimiche (contaminanti), biochimiche, sensoriali e morfologiche delle parti eduli;
- Definizione di protocolli di utilizzo del nuovo substrato





Coordinatore: AGRIVIVAL: Agri Vivai s.r.l.

Beneficiari associati:

-CNR: IRET-CNR

-EPS: EPS biotechnology s.r.o

-MCM: m.c.m. Ecosistemi

-UNIFI: University of Florence, Italy

-GORINI: Società Agricola F.lli Gorini Piante s.s.

Risultati attesi:

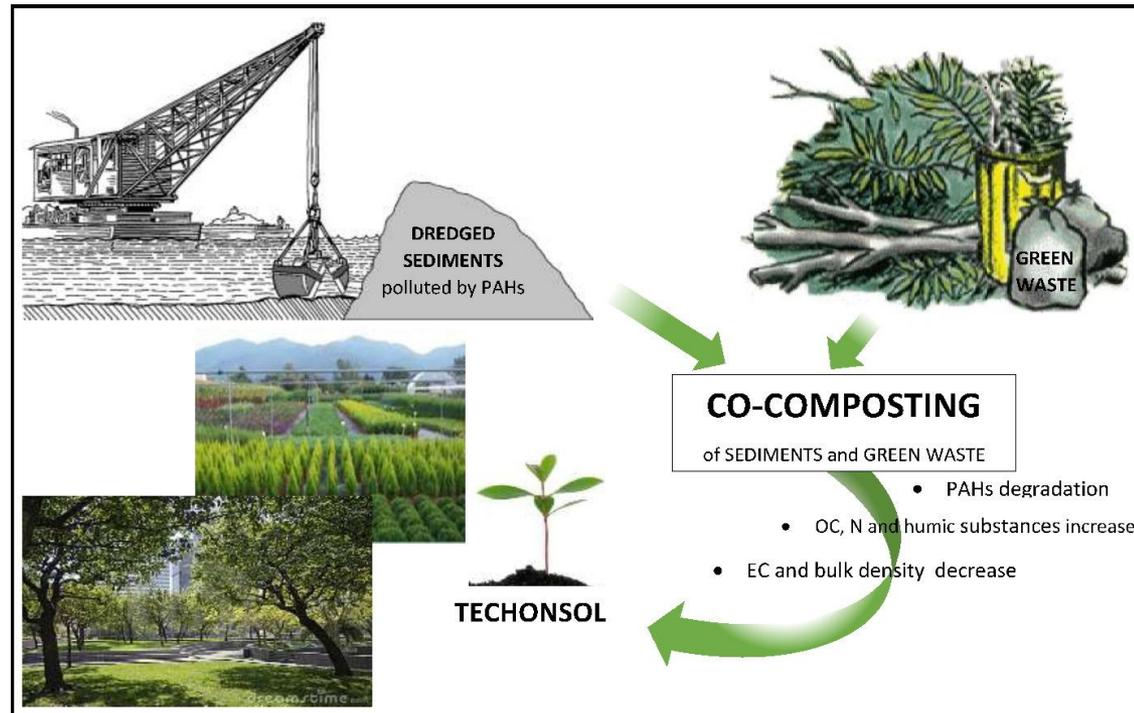
-Definizione di protocolli di compostaggio per la preparazione di substrati di crescita a base di sedimenti;

-Coltivazione di piante ornamentali (**viburno e fotinia**) nei substrati innovativi;

-Recupero di suoli degradati mediante l'applicazione del tecno-suolo;

- Sicurezza ambientale e per la salute umana.

**Obiettivo:** Recuperare i sedimenti di dragaggio mediante un processo di **co-compostaggio con scarti verdi** per produrre un **tecno-suolo innovativo per il recupero di terreni degradati e per la coltivazione di piante ornamentali** in Italia e Repubblica Ceca





## Considerazioni finali

Questi progetti implementano il concetto di **economia circolare** attraverso azioni che garantiscano il riciclo di sedimenti di dragaggio in settori produttivi ambientali e agricoli, contribuendo in modo rilevante alla loro gestione sostenibile.

Il progetto Eco-Innovation **AGRIPORT** ha dimostrato l'efficacia della fitorimediazione nella **decontaminazione** e nel **recupero agronomico** dei sedimenti di dragaggio, sia marini sia di acque interne;

Il progetto **CLEANSED** ha dimostrato, per la prima volta, la possibilità di **riciclare** i sedimenti di dragaggio, opportunamente trattati, nella **costruzione di strade**.

Il riciclo dei sedimenti come substrato agronomico nella vivaistica (progetti **CLEANSED** e **HORTISED**) è risultato una valida alternativa all'utilizzo dei substrati di crescita tradizionali (es. torba), tuttavia, l'applicazione in orticoltura, pur presentando risultati preliminari soddisfacenti, rimane una sfida ancora aperta.

I progetti **LIFE SUBSED** e **AGRISED**, appena iniziati, contribuiranno in modo sostanziale all'identificazione di tecnologie sostenibili innovative e contribuiranno alla sensibilizzazione per l'aggiornamento delle politiche ambientali, in linea con i recenti orientamenti dell'Unione Europea relativamente a: Ambiente e Agricoltura