

LE TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO

Sara Dastoli

ISPRA



ISPRA (già ICRAM) fin dal 2000 ha formato un gruppo di ricerca mediante la partecipazione diretta alle attività sperimentali e le visite presso gli impianti e le aree di bonifica. In tal modo individua e studia le principali tecnologie di trattamento implementate a scala reale, in ambito nazionale e internazionale.

Tali tecnologie, diffusamente impiegate in vari Paesi del Nord Europa, sono in grado di garantire proprietà fisico-chimiche e geotecniche idonee per l'infrastrutturazione di casse di colmata e il riutilizzo dei sedimenti trattati in opere civili.



Trattamenti biologici

Trattamenti basati sulla biodegradazione: ossidazione biologica della sostanza organica degradabile da parte di particolari microrganismi.

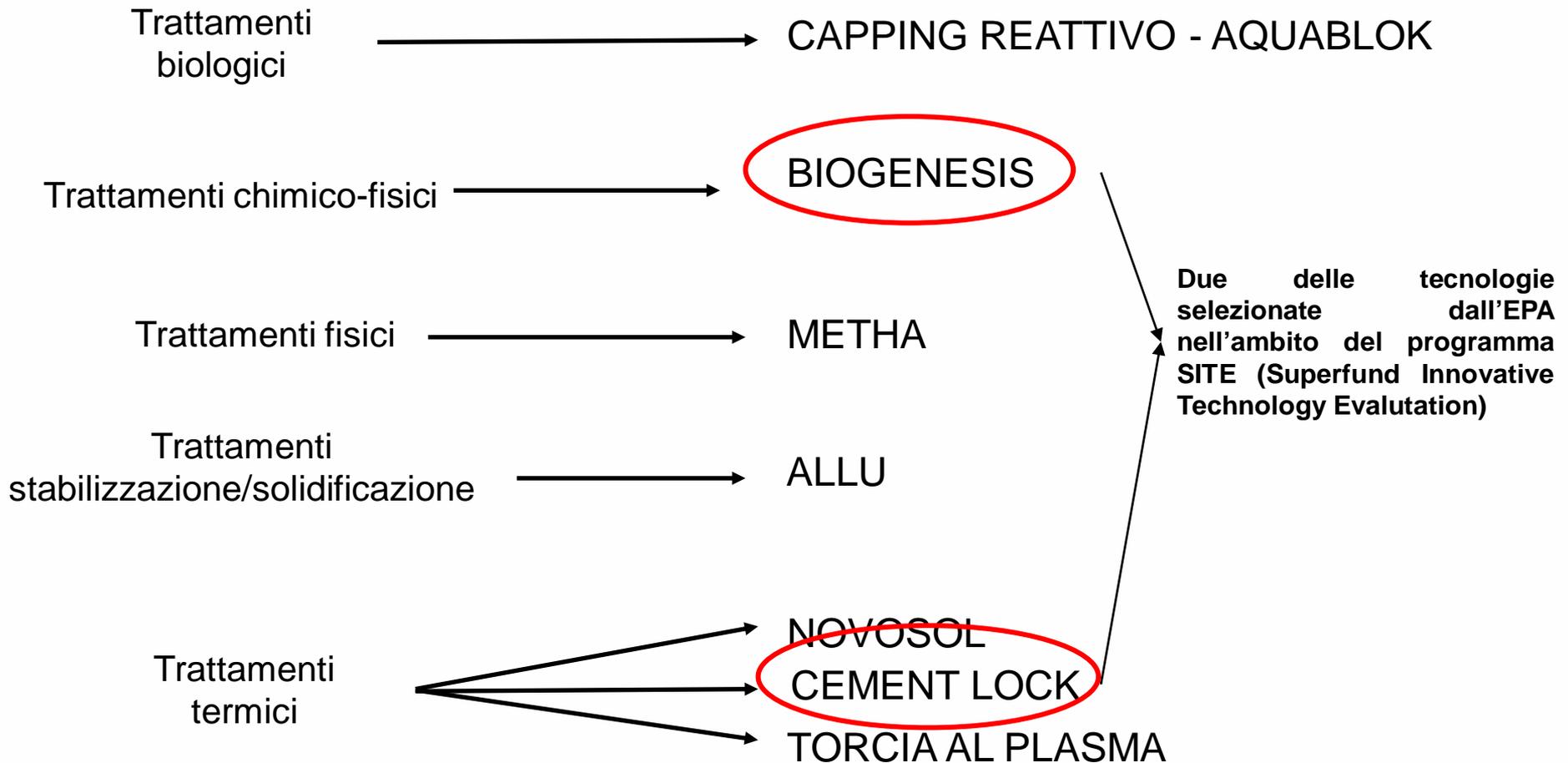
Trattamenti chimico-fisici

- **Processi di natura chimico-fisica, elettrochimico-fisica e chimico-termica**
- **Processi di natura fisica:** viene favorito il trasferimento di fase dei contaminanti o comunque la loro separazione dalla matrice solida del terreno
- **Processi di natura chimica:** viene alterata la struttura chimica dei contaminanti con la generazione di composti meno tossici o più facilmente separabili rispetto alle sostanze originarie dalla matrice del terreno
- **Processi di natura elettrochimica**
- **Processi di solidificazione/stabilizzazione:** inserimento di leganti per ridurre la mobilità degli inquinanti e ridurre la superficie specifica del materiale

Trattamenti termici

I trattamenti termici consentono di rimuovere, distruggere o immobilizzare un'ampia gamma di contaminanti organici ed inorganici presenti nei sedimenti;

APPLICAZIONI INDUSTRIALI

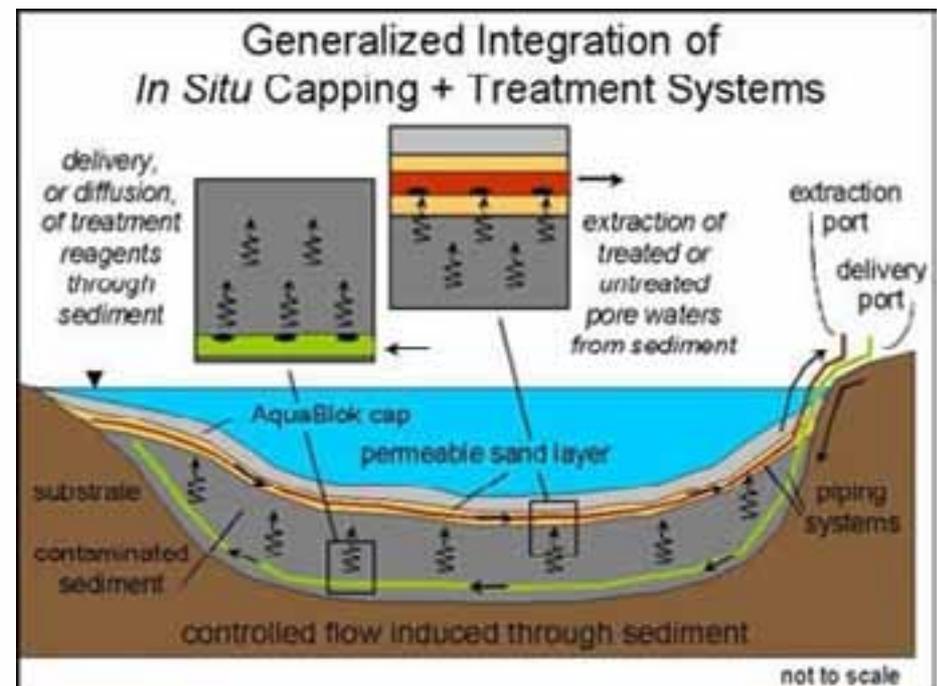
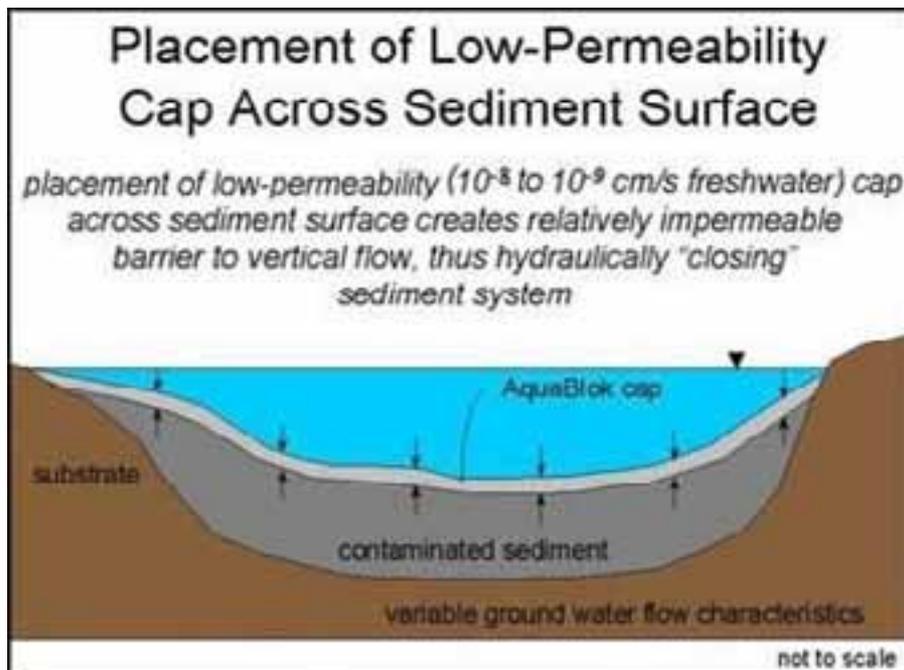


Trattamenti biologici: AQUABLOK

CAPPING REATTIVO

Le particelle AquaBlok® si espandono quando sono idratate e coalescono: la massa si trasforma in un materiale uniforme e relativamente soffice.

bassa permeabilità!



Trattamenti fisici: METHA

L'impianto di separazione METHA (MEchanical Treatment and Dewatering of HArbour sediment) si inserisce nel sistema di gestione integrata del porto di Amburgo.

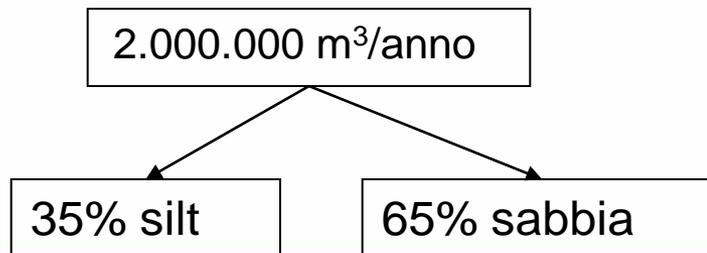
Obiettivo: separazione delle sabbie dai materiali a granulometria più fine, ai fini di una riduzione dei volumi di materiale contaminato da gestire e del riutilizzo della frazione meno contaminata.

- Prove preliminari in scala di laboratorio
- 1984 – 1987: Sperimentazione in scala pilota
- Dal 1993: Impianto industriale in attività
- 1996: Sperimentazione in scala pilota industriale per il riutilizzo di silt proveniente dall'impianto METHA per la realizzazione di mattoni
- 1997: Potenziamento dell'impianto per aumentarne l'efficienza di trattamento

Costi: 12 euro/mc

Unico esempio di impianto industriale per il trattamento dei sedimenti.

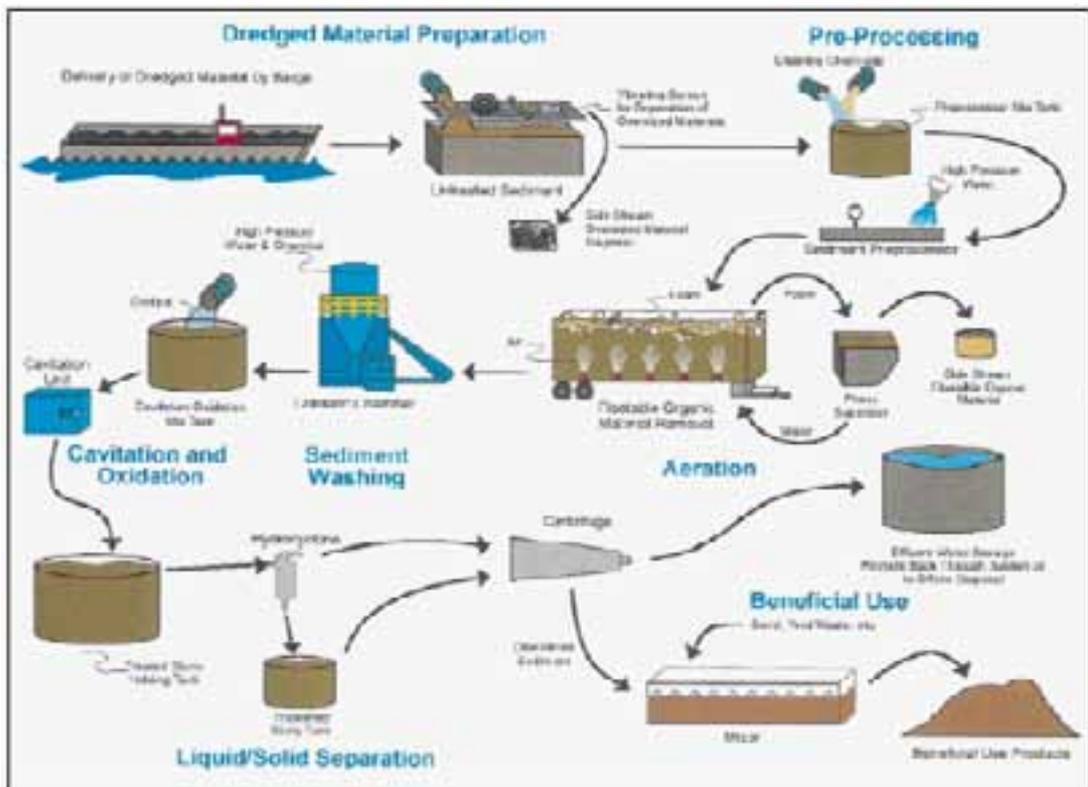
Volume di sedimento trattato ogni anno:



Trattamenti chimico-fisici: BIOGENESIS

La tecnologia Biogenesis permette il trattamento di sedimenti marini contaminati da inquinanti organici ed inorganici tramite tecniche chimico-fisiche di lavaggio.

Permette il trattamento anche del materiale a granulometria più fine, grazie all'isolamento di tali particelle ed alla rimozione dei contaminanti adsorbiti su di esse, e grazie all'utilizzo di getti d'acqua in pressione.



Trattamenti chimico-fisici: BIOGENESIS

La tecnologia Biogenesis permette il trattamento di sedimenti marini contaminati da inquinanti organici ed inorganici tramite tecniche chimico-fisiche di lavaggio.

Permette il trattamento anche del materiale a granulometria più fine, grazie all'isolamento di tali particelle ed alla rimozione dei contaminanti adsorbiti su di esse, e grazie all'utilizzo di getti d'acqua in pressione.



- 1994: impianto di laboratorio

Trattamenti chimico-fisici: BIOGENESIS

La tecnologia Biogenesis permette il trattamento di sedimenti marini contaminati da inquinanti organici ed inorganici tramite tecniche chimico-fisiche di lavaggio.

Permette il trattamento anche del materiale a granulometria più fine, grazie all'isolamento di tali particelle ed alla rimozione dei contaminanti adsorbiti su di esse, e grazie all'utilizzo di getti d'acqua in pressione.



- 1994: impianto di laboratorio
- 1999: impianto pilota in New Jersey - trattati 2000 mc di sedimento

Trattamenti chimico-fisici: BIOGENESIS

La tecnologia Biogenesis permette il trattamento di sedimenti marini contaminati da inquinanti organici ed inorganici tramite tecniche chimico-fisiche di lavaggio.

Permette il trattamento anche del materiale a granulometria più fine, grazie all'isolamento di tali particelle ed alla rimozione dei contaminanti adsorbiti su di esse, e grazie all'utilizzo di getti d'acqua in pressione.



- 1994: impianto di laboratorio
- 1999: impianto pilota in New Jersey - trattati 2000 mc di sedimento
- 2004: impianto pilota a Venezia

Trattamenti chimico-fisici: **BIOGENESIS**

La tecnologia Biogenesis permette il trattamento di sedimenti marini contaminati da inquinanti organici ed inorganici tramite tecniche chimico-fisiche di lavaggio.

Permette il trattamento anche del materiale a granulometria più fine, grazie all'isolamento di tali particelle ed alla rimozione dei contaminanti adsorbiti su di esse, e grazie all'utilizzo di getti d'acqua in pressione.



- 1994: impianto di laboratorio
- 1999: impianto pilota in New Jersey - trattati 2000 mc di sedimento
- 2004: impianto pilota a Venezia
- 2006: impianto industriale in New Jersey – trattati 38000 mc di sedimento

Trattamenti chimico-fisici: BIOGENESIS

La tecnologia Biogenesis permette il trattamento di sedimenti marini contaminati da inquinanti organici ed inorganici tramite tecniche chimico-fisiche di lavaggio.

Permette il trattamento anche del materiale a granulometria più fine, grazie all'isolamento di tali particelle ed alla rimozione dei contaminanti adsorbiti su di esse, e grazie all'utilizzo di getti d'acqua in pressione.

BioGenesis Cost Estimates					
Project Size	250,000 cyd/year plant			500,000 cyd/year plant	
250,000 cyds	1.0 years	\$116.13 /cyd	0.5 years	\$151.25 /cyd	
500,000 cyds	2.0 years	\$ 86.59 /cyd	1.0 years	\$101.89 /cyd	
1,000,000 cyds	4.0 years	\$ 71.82 /cyd	2.0 years	\$ 77.22 /cyd	
1,500,000 cyds	6.0 years	\$ 66.89 /cyd	3.0 years	\$ 68.99 /cyd	
2,000,000 cyds	8.0 years	\$ 64.43 /cyd	4.0 years	\$ 64.88 /cyd	
2,500,000 cyds	10.0 years	\$ 62.95 /cyd	5.0 years	\$ 62.41 /cyd	

Trattamenti chimico-termici: NOVOSOL - SOLVAY

Unità A - fosfatazione-disidratazione (P):

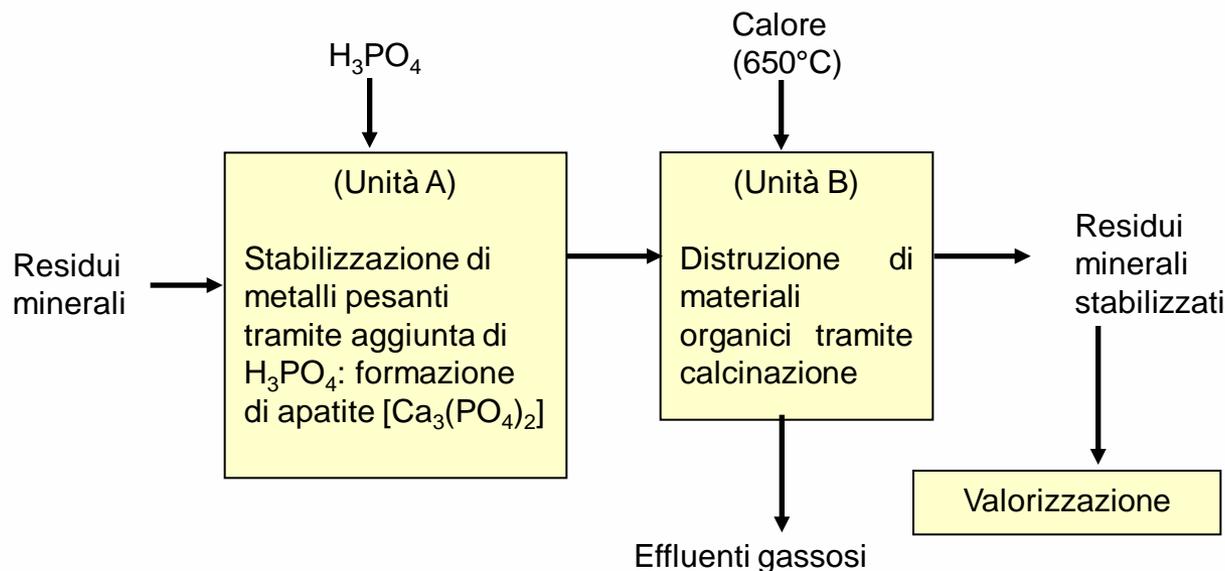
Il processo di fosfatazione-disidratazione avviene a freddo in una cellula di fosfatazione in cui l'immissione di acido fosforico, sfruttando la calcite naturalmente presente nei sedimenti, permette la disidratazione dei fanghi con la contemporanea formazione di fosfati misti di calcio (o apatiti) che hanno la capacità di bloccare i metalli pesanti.

Unità B - calcinazione (C):

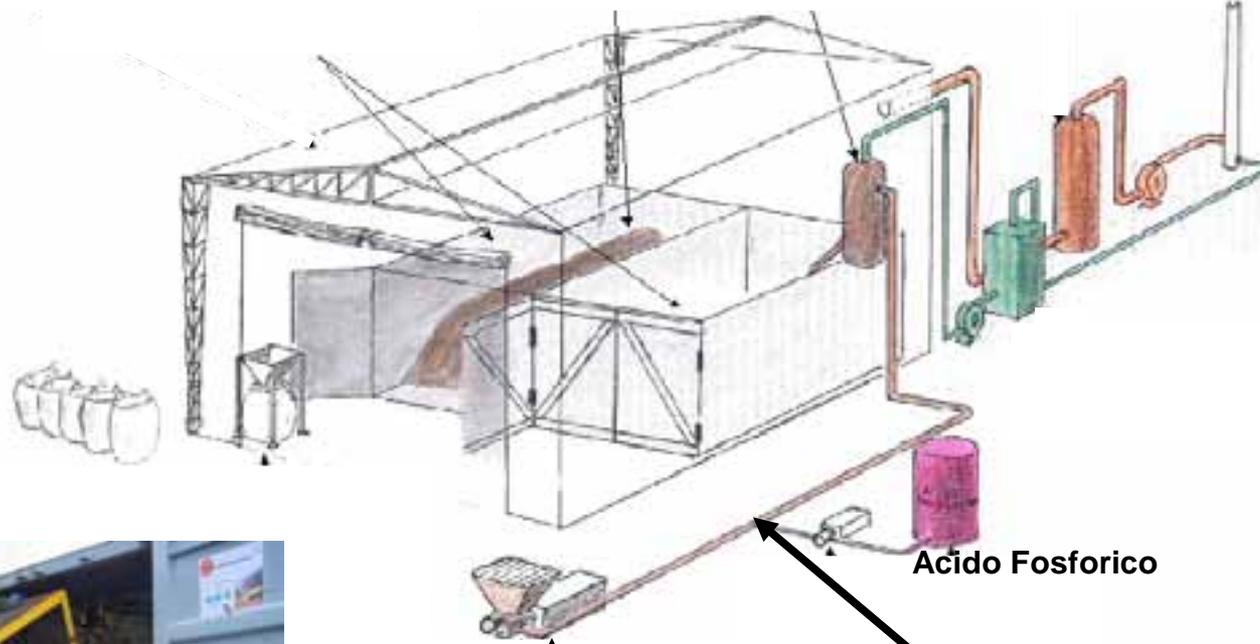
Il processo di calcinazione avviene ad una temperatura pari a 650°C con conseguente distruzione dei materiali organici e comprende una sezione di trattamento fumi. In questa seconda fase inoltre viene completato il processo di fissaggio dei metalli pesanti nella matrice solida.



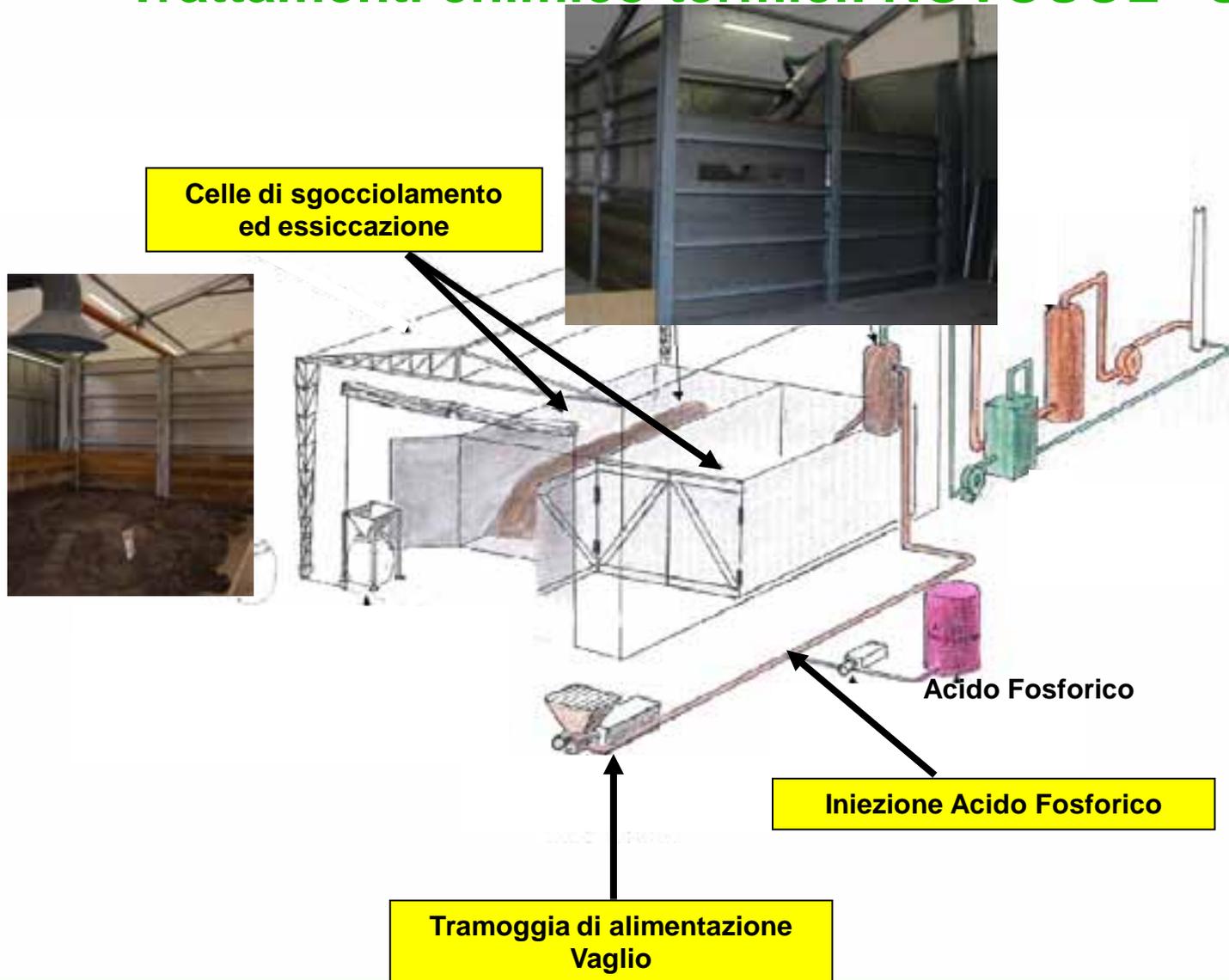
IMPIANTO MINI-PILOTA



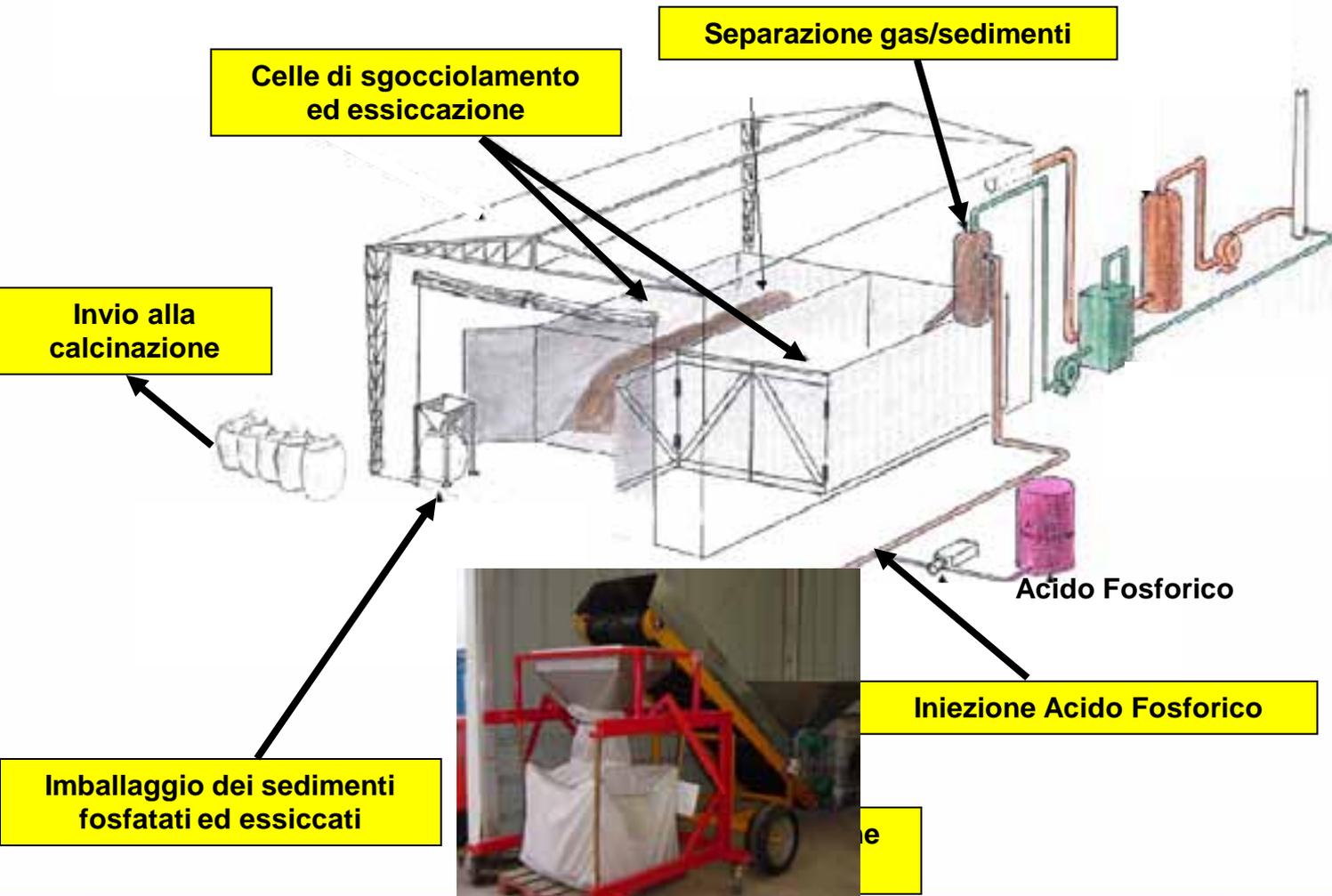
Trattamenti chimico-termici: NOVOSOL - SOLVAY



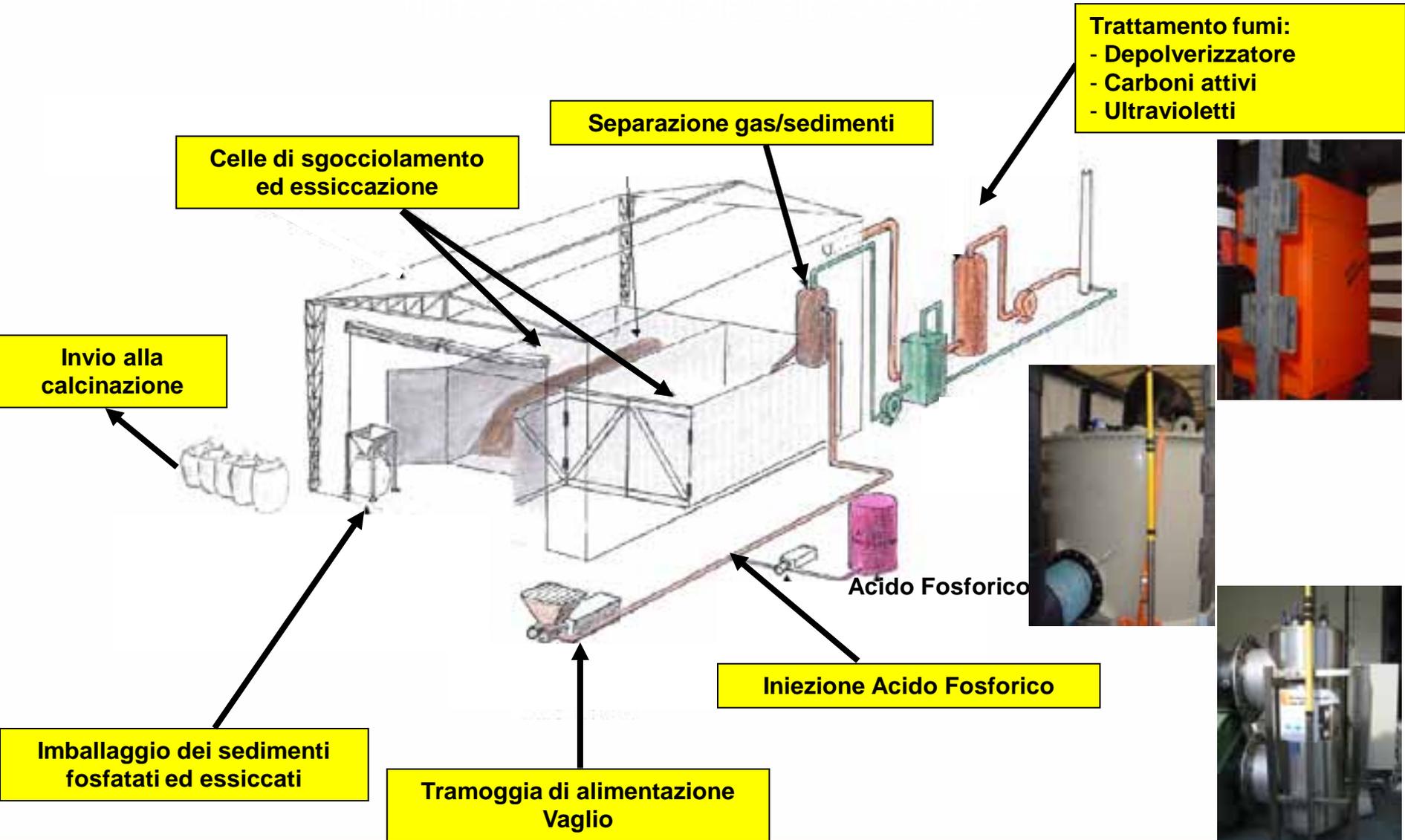
Trattamenti chimico-termici: NOVOSOL - SOLVAY



Trattamenti chimico-termici: NOVOSOL - SOLVAY



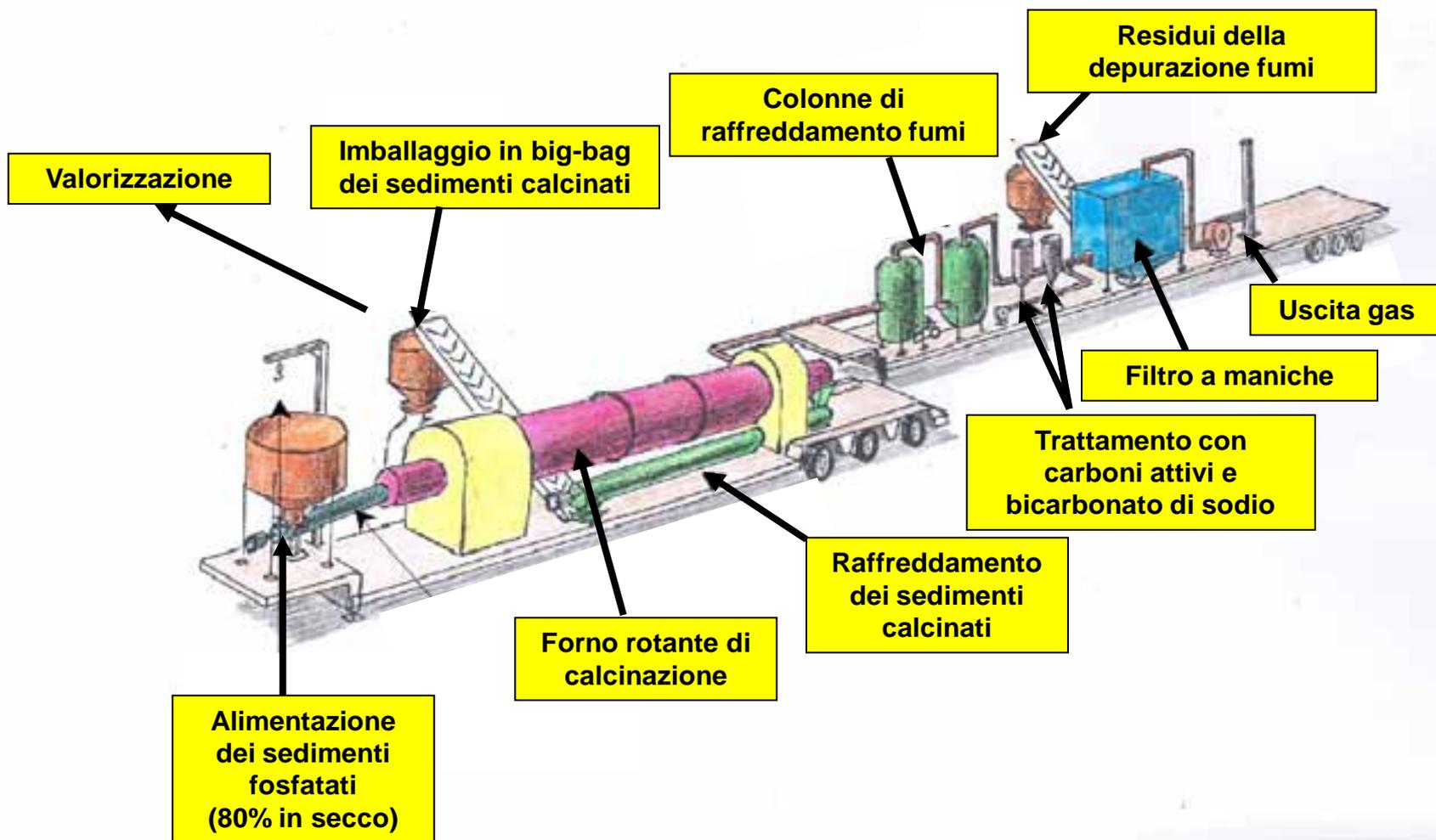
Trattamenti chimico-termici: NOVOSOL - SOLVAY



Trattamenti chimico-termici: NOVOSOL - SOLVAY



Trattamenti chimico-termici: NOVOSOL - SOLVAY



Trattamenti chimico-termici: NOVOSOL - SOLVAY



Trattamenti termici: CEMENT LOCK

La tecnologia Cement-lock prevede il trattamento termico di sedimenti contaminati tramite un processo di inertizzazione con produzione di cemento. Questa tecnologia è stata sviluppata dal GTI (Gas Technology Institute).

La tecnologia Cement Lock è basata su un processo termico-chimico che consente:

- la rimozione dei contaminanti organici;
- l'immobilizzazione dei contaminanti inorganici;
- la formazione di un cemento con caratteristiche simili a quelle utilizzate in edilizia.

1995: test a scala di laboratorio (0,04 m³)

1996: impianto pilota (2,3 m³)

2005: avvio impianto pilota-industriale
(300.000 m³/anno)

Costo 46 - 65 dollari a metro cubo

Costo impianto: 20 milioni di dollari





**Flue Gas
Quencher**

**Lime
Hopper**

Baghouse

**Activated
Carbon Adsorber**

**Ecomelt
Hopper**

SISTEMA DI MISCELAZIONE AD ALTA TEMPERATURA

Forno Rotante che opera a una temperatura di 1200-1400 °C e camera di combustione secondaria (post-combustione)

- Composti organici in CO₂ e H₂O
- Il cloro rilasciato come HCl
- Cloruro sodio e di potassio volatilizza


DISGREGATORE/ POLVERIZZATORE

La linea che collega il forno con il disgregatore dispone di un bruciatore

Il materiale fuso viene disgregato e polverizzato usando 2 getti d'acqua in pressione


SISTEMA DI TRATTAMENTO DEI FUMI

Torre di raffreddamento con aggiunta di calce per l'abbattimento dei gas acidi
 Serie di filtri a maniche (calce spenta, particolato, NaCl, KCl)
 Sistema a carboni attivi (metalli)



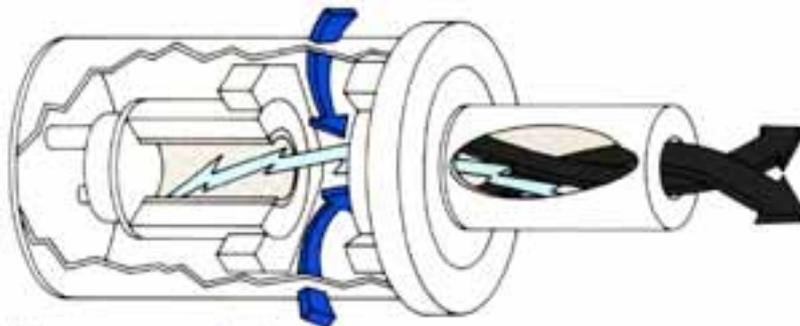
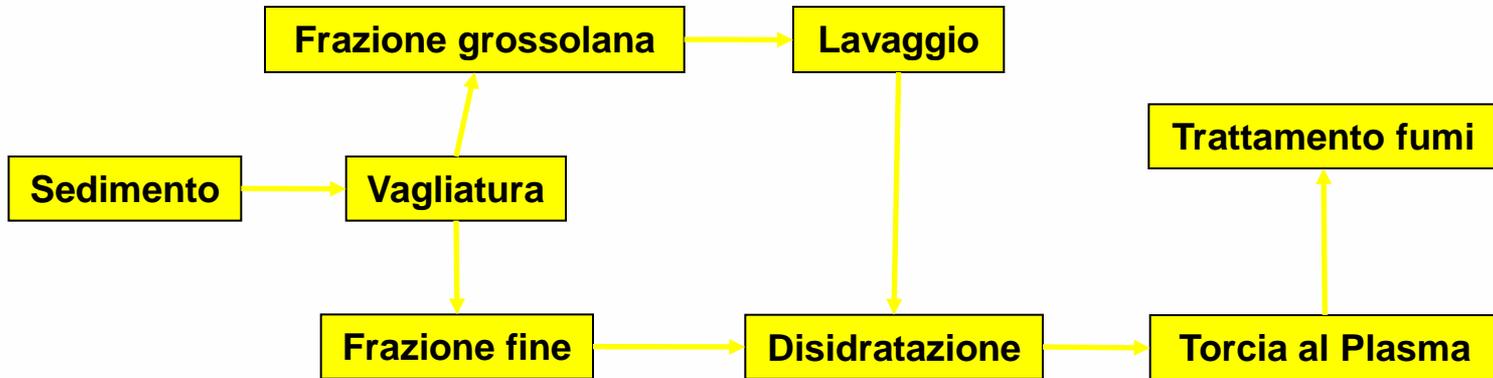
Trattamenti termici: TORCIA AL PLASMA

La torcia al plasma della Westinghouse è stata utilizzata per una sperimentazione che ha previsto il trattamento di sedimento contaminato proveniente dai porti di New York e del New Jersey

La sperimentazione, volta a verificare l'efficacia di tale sistema per la decontaminazione e la vetrificazione del sedimento contaminato, si è articolata in diverse fasi:

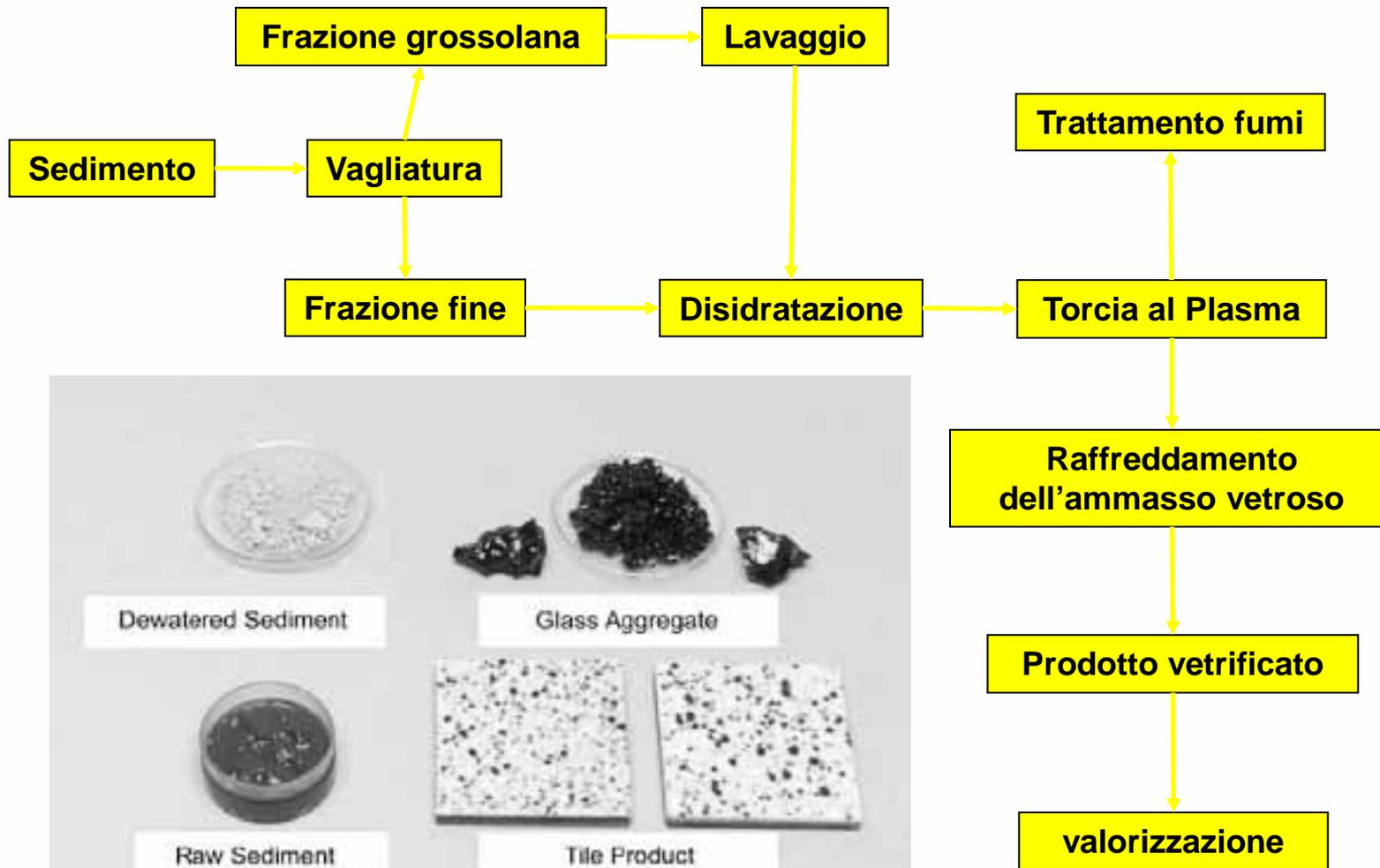
- Test a scala di laboratorio: si sono verificate, in scala di laboratorio, le caratteristiche del sedimento ed in particolare la possibilità di ottenerne materiale vetroso di buona qualità attraverso l'aggiunta di minimi quantitativi di additivi;
- Impianto pilota: 4 t di sedimento pretrattato attraverso vagliatura, disidratazione e omogeneizzazione proveniente dai dragaggi portuali, è stato sottoposto a fusione attraverso l'utilizzo di un reattore di fusione che utilizzava una torcia al plasma Westinghouse modello Marc-11;
- Impianto pilota industriale: trattamento di 76.000 m³ sedimento/anno;
- Impianto a scala reale: trattamento di 380.000 m³ sedimento/anno;
- Valorizzazione: si è testata la possibilità di utilizzare il materiale vetrificato, proveniente dal trattamento, per la produzione di mattonelle.

Trattamenti termici: TORCIA AL PLASMA



- Plasma column
- Entering process gas
- Electrodes
- Heated process gas

Trattamenti termici: TORCIA AL PLASMA



Trattamenti di solidificazione/stabilizzazione: ALLU

ALLU è un sistema di stabilizzazione profonda che movimentata e miscela omogeneamente il terreno con dei leganti fino ad una profondità massima di 5 metri. Materiali dalle caratteristiche geomeccaniche scadenti, quali alcuni tipi di argilla, fango, torba e terreno soffice, possono essere stabilizzati e trasformati in strati solidi di terreno.

- Linea ferroviaria alta velocità nell'ara di Orimattila in Finlandia;
- costruzione della nuova area portuale di Helsinki;
- nuova area portuale di Valencia;
- area portuale della località di Trondheim, in Norvegia;
- area portuale a Marghera (VE);
- area portuale dell'isola della Maddalena (OT).



ATTIVITA' DI SPERIMENTAZIONE ISPRA (già ICRAM)

L'attività di ricerca scientifica è stata supportata mediante l'allestimento di un laboratorio dedicato alla progettazione e allo sviluppo di sperimentazioni, ad oggi ancora in fase di completamento, ma che conta già di attrezzature specifiche quali un impianto pilota per la sperimentazione di tecnologie elettrocinetiche.

Tutte le sperimentazioni in seguito elencate sono effettuate in collaborazione con le maggiori università italiane e con soggetti privati accreditati, creando quindi una rete di conoscenza atta a stimolare una discussione scientifica in grado di proporre soluzioni innovative e economicamente sostenibili.

ATTIVITA' DI SPERIMENTAZIONE ISPRA (già ICRAM)

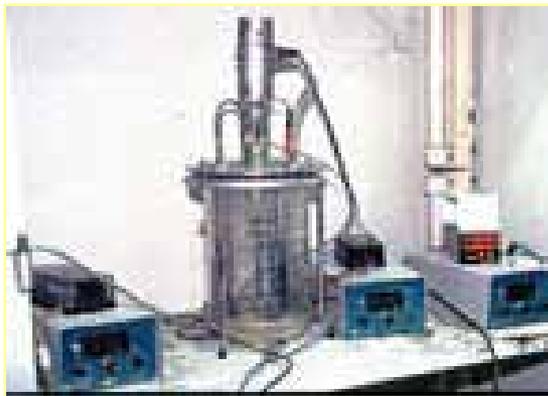


REATTORI A BIOSLURRY - PHYTOREMEDIATION

ENEA in collaborazione con ISPRA

- bioreattori in fase semisolidi (Reattori a bioslurry) in scala di laboratorio e operanti in modalità semi-batch, per il trattamento di sedimenti contaminati da IPA;
- impianto di phytoremediation per il trattamento di sedimenti contaminati da metalli pesanti.

L'ISPRA (già ICRAM) ha collaborato nella fase di controllo-monitoraggio dell'efficienza di abbattimento per mezzo dell'applicazione di saggi biologici della tossicità dei sedimenti contaminati sottoposti ai processi di trattamento.



Phragmites Australis
Salicornia Veneta



LAVAGGIO con agenti chelanti

Obiettivo: valutare l'efficienza del processo di lavaggio di sedimenti contaminati da metalli pesanti tramite l'uso di agenti chelanti convenzionali (EDTA e NTA) e agenti biodegradabili (EDDS e acido citrico)

Fase sperimentale:

- caratterizzazione fisica e chimica iniziale dei sedimenti
- trattamento in singolo step con un solo agente chelante
- trattamento in doppio step con combinazione di due agenti chelanti in serie
- variazione dei parametri sperimentali quali: dosaggio dell'agente chelante, periodo di contatto con il sedimento
- caratterizzazione chimica del sedimento trattato
- valutazione dell'efficienza del trattamento di rimozione dei metalli pesanti

Risultati:

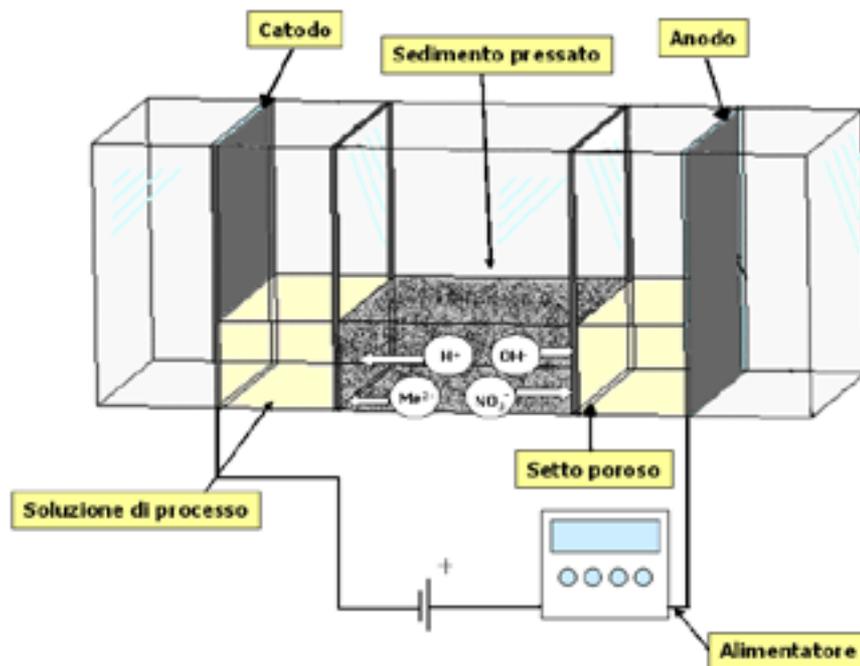
- differente selettività dei diversi agenti chelanti verso i singoli metalli pesanti
- in generale, miglior efficienza di rimozione dopo il trattamento in doppio step
- tra i metalli pesanti valutati (Cr, Cu, Pb e Zn) la miglior efficienza di rimozione si è ottenuta per il Pb, con l'utilizzo delle seguenti combinazione di chelanti
 - EDTA + EDDS,
 - EDTA + ac. citrico

ELETTROCINESI

in collaborazione con l'Università "La Sapienza"

Vasca per il trattamento mediante elettrocinesi

L'elettrocinesi è un processo di trattamento che, sfruttando una corrente elettrica continua a bassa intensità, applicata al sedimento attraverso due elettrodi, causa la mobilitazione delle specie caricate elettricamente, forzando ioni, particelle ed acqua a muoversi verso gli elettrodi di carica opposta. I contaminanti accumulati nelle prossimità degli elettrodi vengono rimossi con il sedimento che li circonda.



ELETTROCINESI

in collaborazione con l'Università "La Sapienza"

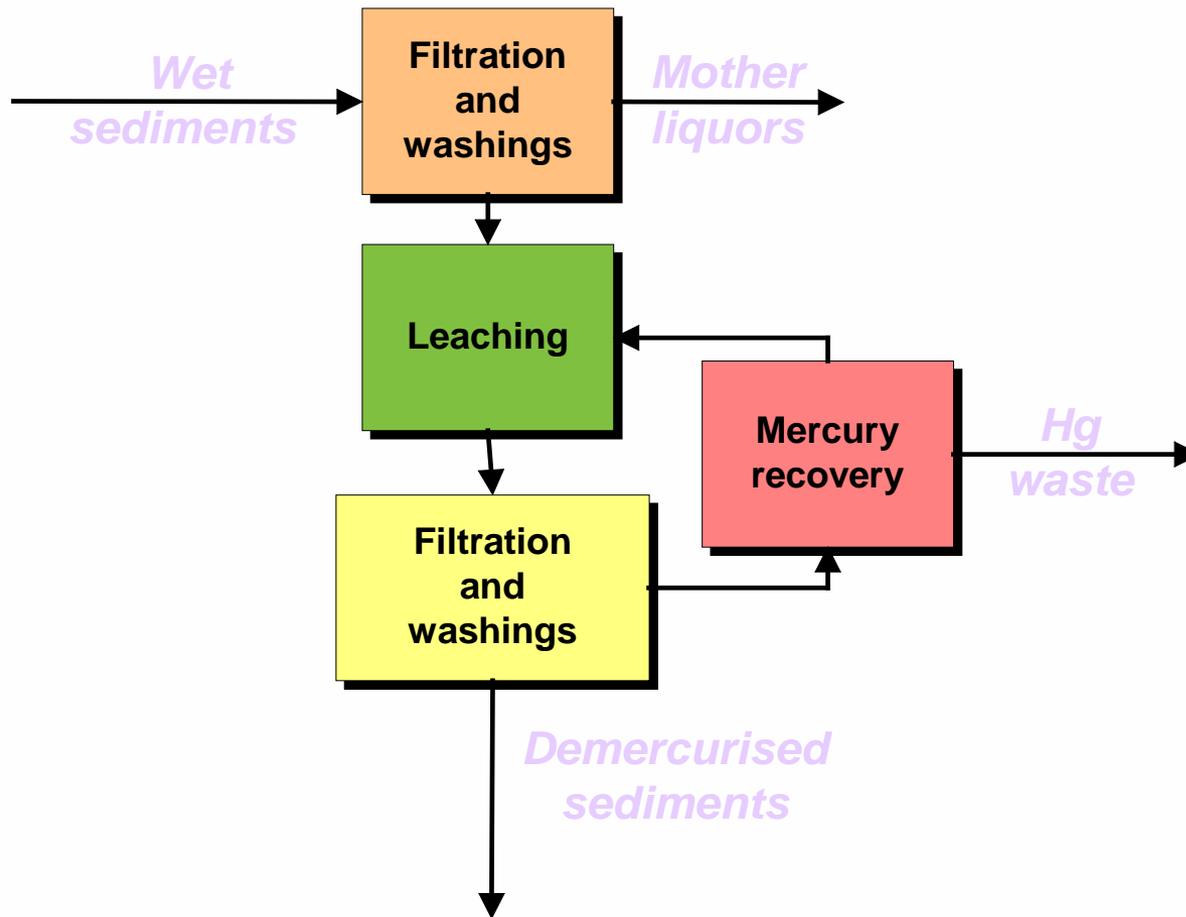
Vasca per il trattamento mediante elettrocinesi





SERICHEM

Sedimenti provenienti dal SIN di Grado e Marano



TRATTAMENTO CON CALCE

In collaborazione con l'Università di Roma "La Sapienza" (Dip. Ingegneria Chimica, dei Materiali, delle Materie Prime e Metallurgia).

Obiettivo: valutare le variazioni delle caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti contaminati dovute all'aggiunta di latte di calce.

Variabili sperimentali:

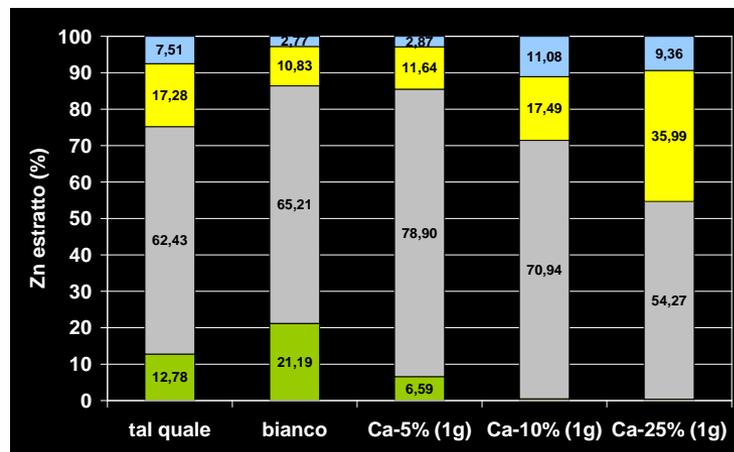
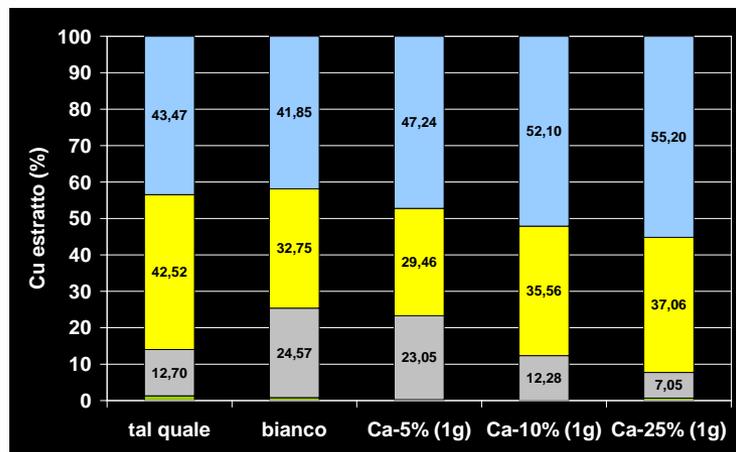
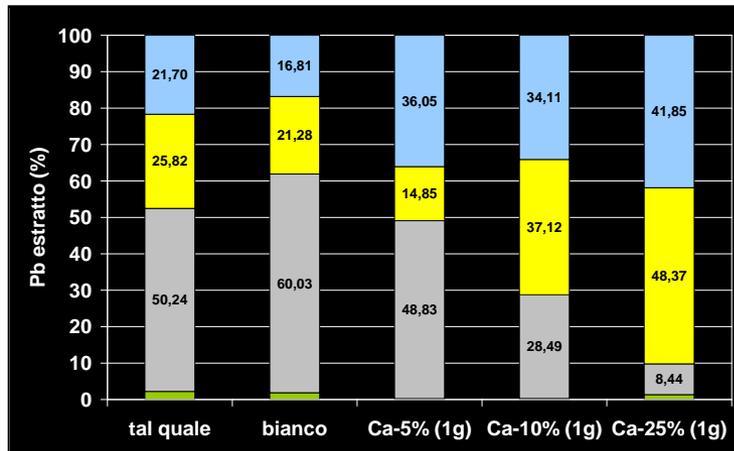
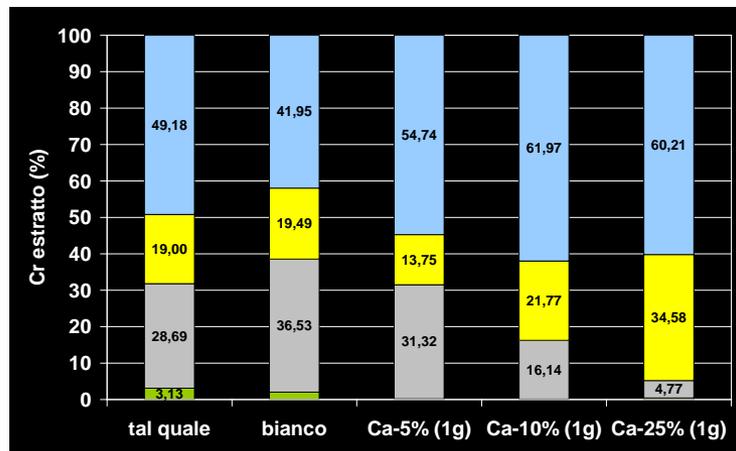
- **rapporto calce/sedimento;**
- **tempo di reazione.**



- ✓ Preparazione del latte di calce
- ✓ Miscelazione tra sedimento e latte di calce rapporto in peso sedimento:acqua 1:1,5
- ✓ Reattore ad agitazione continua
- ✓ Prelievo campioni dal reattore
- ✓ Centrifugazione
- ✓ Sedimento
- ✓ Acqua filtrata
- ✓ Filtro
- ✓ Analisi metalli (contenuto totale, estrazione sequenziale), IPA e PCB

TRATTAMENTO CON CALCE

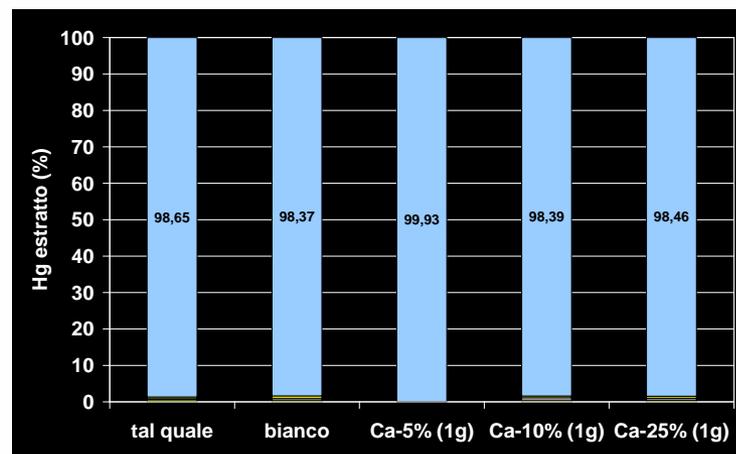
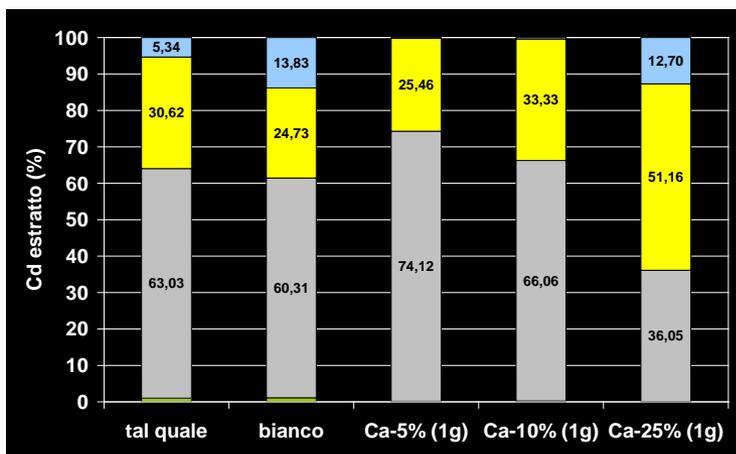
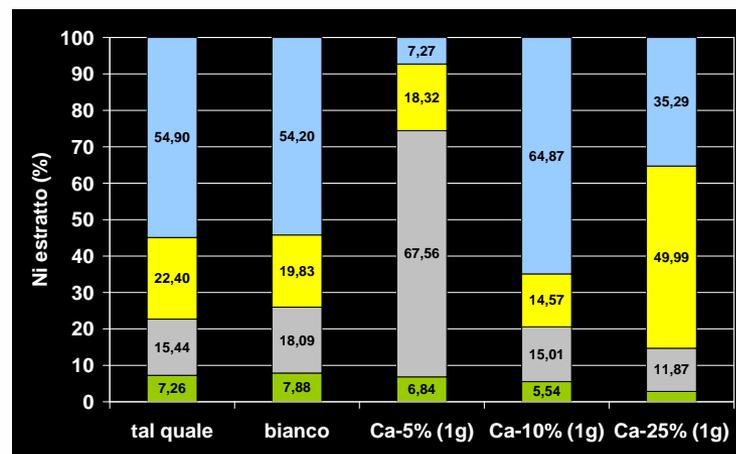
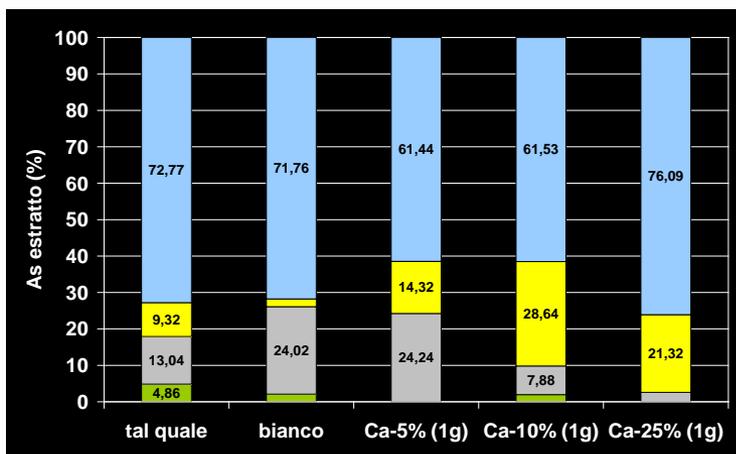
Estrazione sequenziale t = 1 giorno dosaggio 0%, 5%, 10%, 25%



■ carbonati
 ■ ossidi di Fe e Mn
 ■ sostanza organica
 ■ residuo

TRATTAMENTO CON CALCE

Estrazione sequenziale t = 1 giorno dosaggio 0%, 5%, 10%, 25%



■ carbonati
 ■ ossidi di Fe e Mn
 ■ sostanza organica
 ■ residuo

IMPIANTO DI SEPARAZIONE

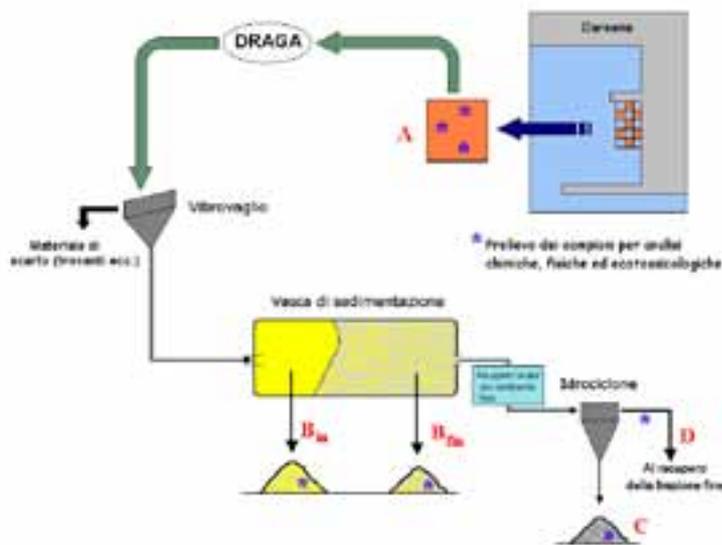
Obiettivo: classificazione del sedimento nelle diverse frazioni granulometriche, ai fini di una gestione mirata ed ecocompatibile.

Fasi della sperimentazione:

- realizzazione di un impianto pilota per la separazione granulometrica dei sedimenti e individuazione delle aree e dei quantitativi di sedimento da trattare;
- caratterizzazione delle aree preselezionate e valutazione della qualità dei sedimenti da trattare;
- fase di trattamento e valutazione della qualità delle frazioni ottenute (analisi fisiche, chimiche ed ecotossicologiche).

Le attività sperimentali sono state condotte:

- 1999-2000: porto di Livorno
- 2003-2004: porto di Piombino



Trattamenti chimico-termici: MAPEI HPSS - MAPEI

(in collaborazione con il Politecnico di Milano DIAR – Sez. Ambientale)

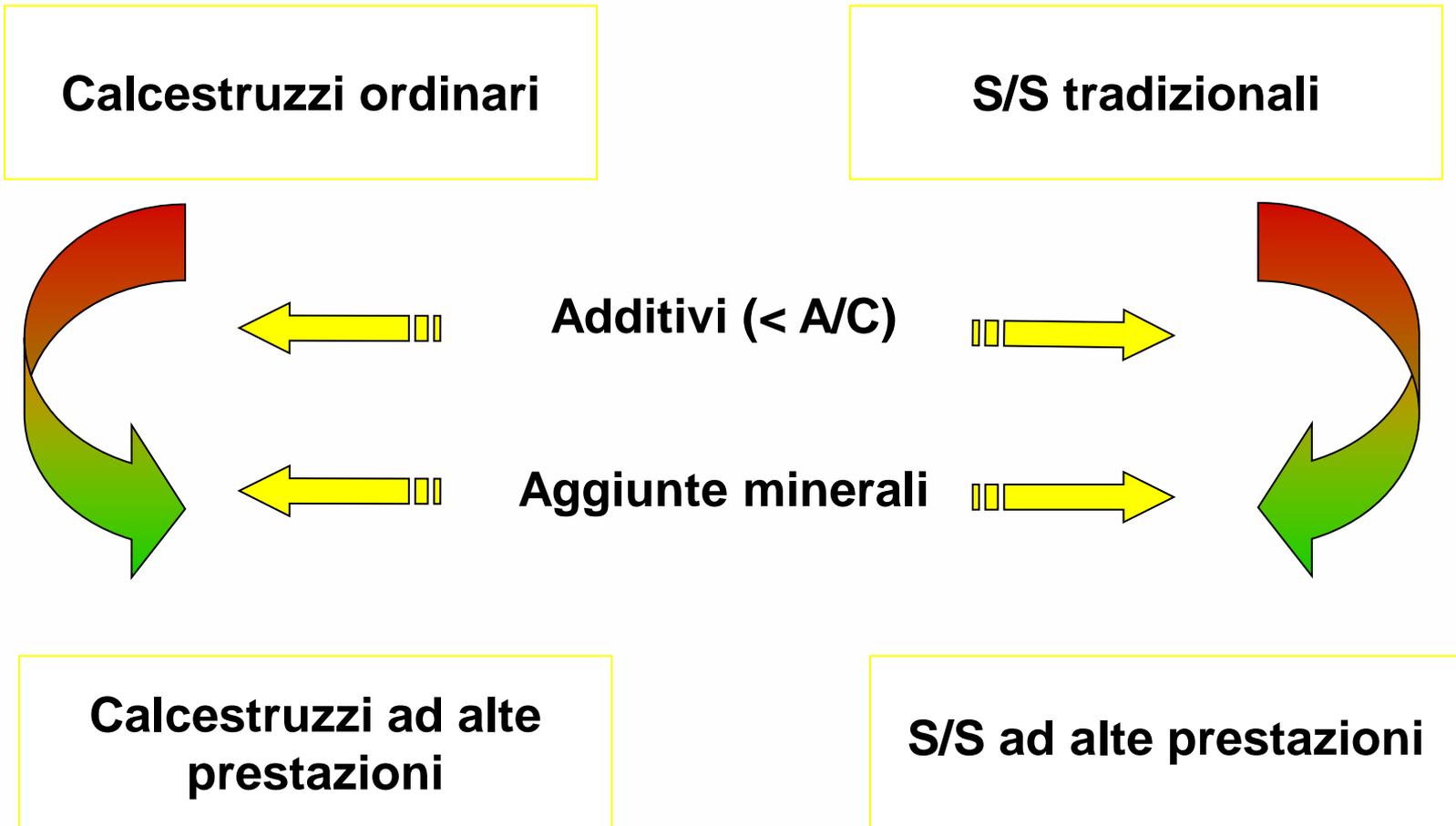
- Valutazione dell'efficacia del sistema Mapei HPSS per il trattamento di sedimenti contaminati
- Valutazione delle prestazioni ambientali e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei granulati prodotti

Possibilità di riutilizzo dei materiali

Prima fase: produzione granulato cementizio su base dei calcestruzzi ad alte prestazioni

Seconda fase: rimozione inquinanti volatili e semi-volatili mediante desorbimento termico

Stabilizzazione/Solidificazione (S/S) tradizionale e ad alte prestazioni





Desorbimento termico

Trattamento di tipo ex-situ per la rimozione di composti volatili e semi-volatili allontanati con flusso gassoso.

Vantaggi seconda fase sistema Mapei HPSS:

1) sistema batch in forte depressione (circa $2.7 \cdot 10^3$ Pa)

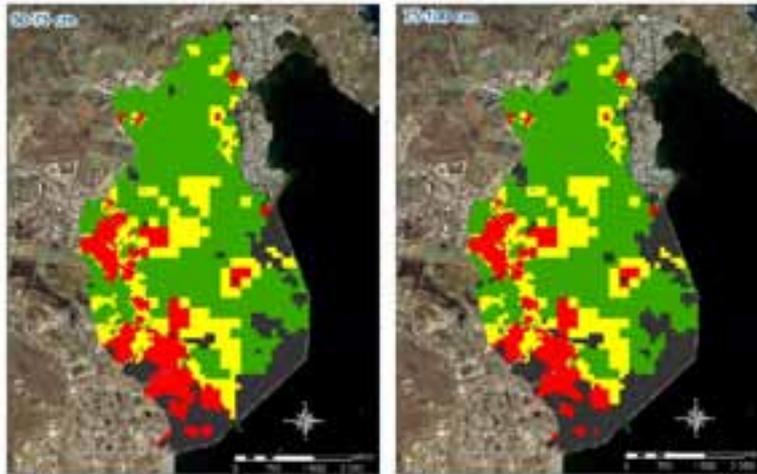
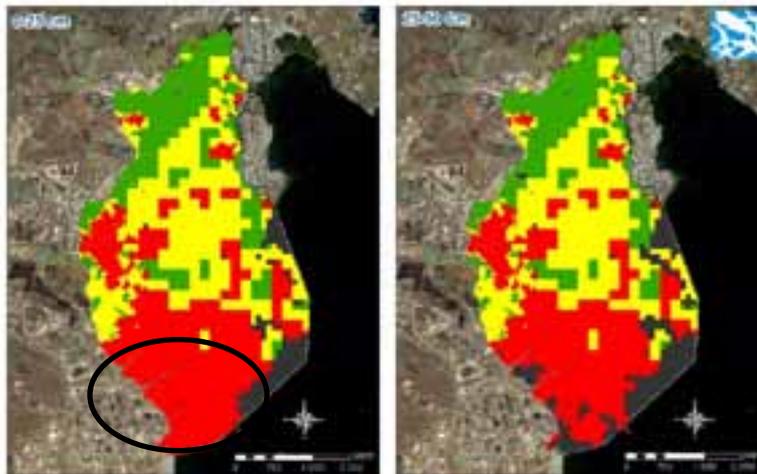
- maggiore efficienza a parità di temperature;
- volatilizzazione di composti scarsamente volatili a pressione atmosferica;
- emissione di flusso gassoso concentrata nel momento in cui si instaurano condizioni di vuoto.

2) desorbimento su materiale granulare

- eliminazione dei problemi impiantistici derivanti dalla presenza di polveri



Sedimenti utilizzati: Rada di Augusta (SIN di Priolo) Mercurio



Idrocarburi C > 12

Sedimenti utilizzati: Rada di Augusta (SIN di Priolo)



Analisi effettuate

Sedimento tal quale:

- Granulometria;
- Composti inorganici (metalli);
- Composti organici;
- pH e conducibilità;
- Diffrattometria ai raggi X;
- Analisi termogravimetrica;
- XRF e perdita al fuoco;
- Superficie specifica;
- Microscopio elettronico.

Materiali granulari:

- Granulometria;
- Composti inorganici (metalli);
- Composti organici;
- Diffrattometria ai raggi X;
- Analisi termogravimetrica;
- Microscopio elettronico;
- Test di cessione.



Test di cessione

Prova mirata a valutare il rilascio di contaminanti da parte di una matrice solida posta in contatto con un lisciviante.

Esistono numerosi protocolli di riferimento in ambito nazionale ed internazionale per materiale granulare sulla base della tipologia di inquinanti e delle modalità operative.

Test da DM 5/02/98 (e successive modificazioni)

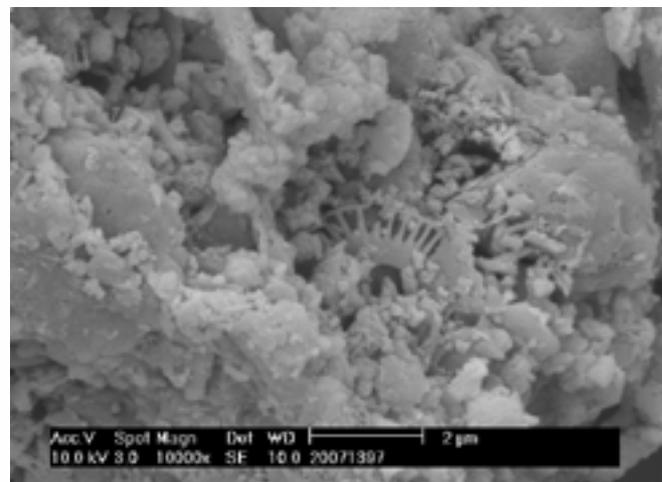
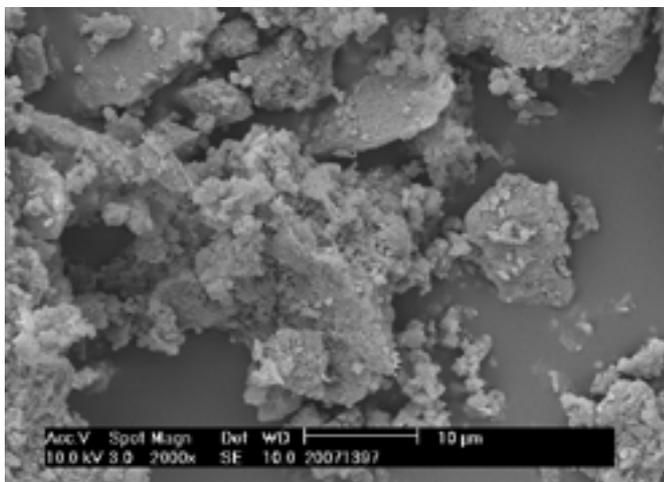
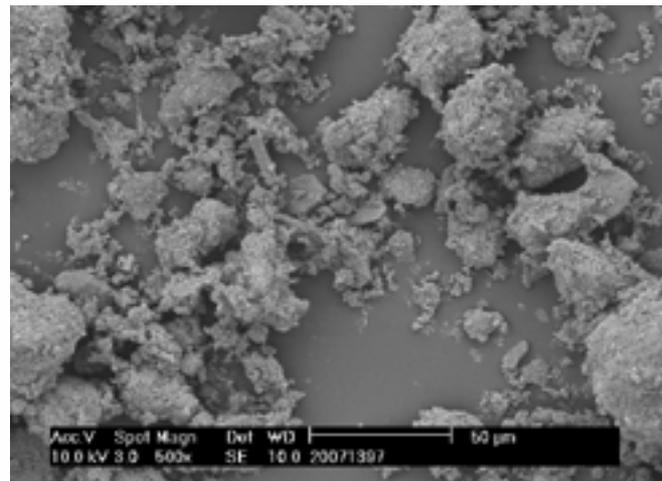
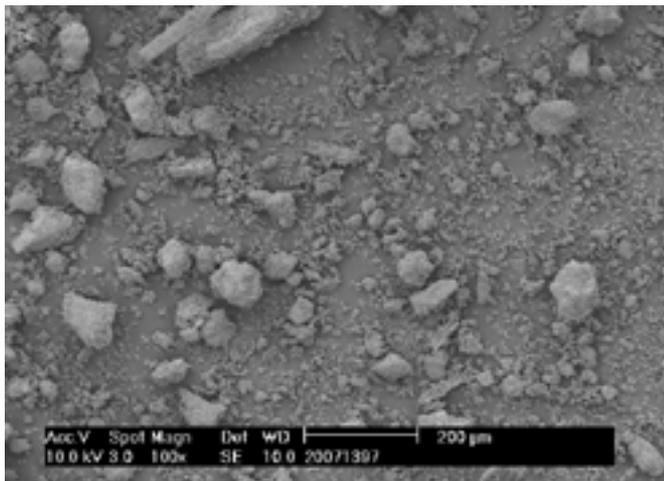
- Lisciviante: acqua deionizzata
- Tempo di contatto: 24 ore
- Granulometria minore di 4 mm



Risultati analisi sul sedimento tal quale

Composto	Concentrazione (mg/kg s.s.)	Limite intervento ISPRA (ex ICRAM)	Limite 152/06 colonna B	Limite sostanze pericolose
Cromo (totale)	90,8	150	800	1.000
Rame	210,0	75	600	250.000
Nichel	22,0	63	500	10.000
Piombo	51,2	80	1.000	5.000
Zinco	313,6	165	1.500	1.000
Arsenico	17,9	32	50	1.000
Cadmio	1,4	1	15	1.000
Mercurio	200	1	5	500
HCB	$3.400 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	5	1.000
IPA (somma)	$4.969,7 \cdot 10^{-3}$	4	100	1.000
PCB (somma)	$3.091,9 \cdot 10^{-3}$	$190 \cdot 10^{-3}$	5	50
Idrocarburi C > 12	5.000	-	750	1.000
PCDD/F	$28,4 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-2}$
TBT	$2,5 \cdot 10^{-3}$	0,07	-	2.500

Risultati analisi sul sedimento tal quale



Prima fase: granulazione



Miscelatore



Piatto granulatore

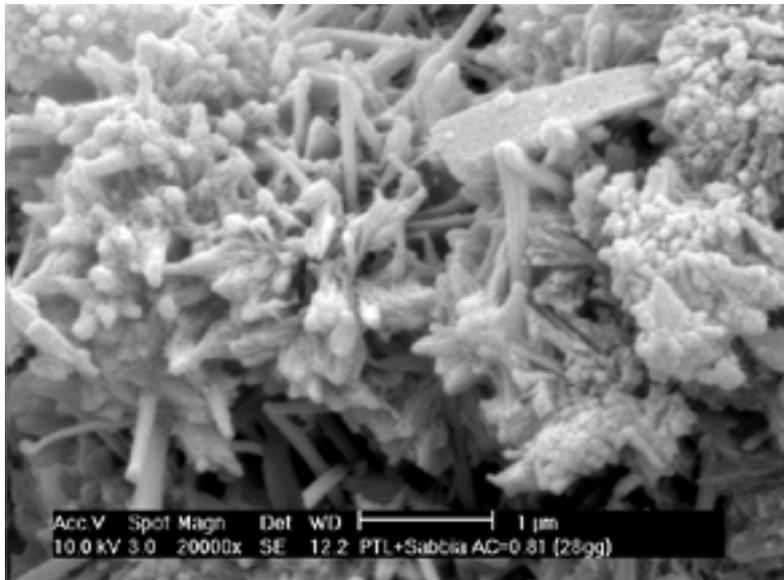
Reagenti utilizzati:

- Cemento (CEM I, 52,5 Rossi Cementi)
- Additivi: Mapeplast ECO 1-A e ECO 1-B
- Acqua di rete

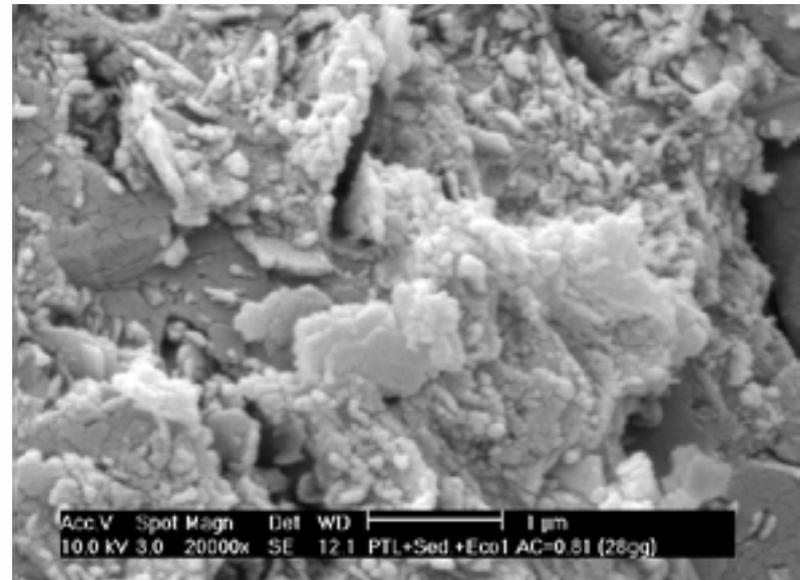


Prima fase: granulazione

Analisi effettuate: **analisi morfologiche**



sistema cementizio tradizionale



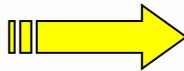
sistema sedimento

Foto ESEM a 28 giorni dall'impasto

Seconda fase: desorbimento termico



Temperatura 250 °C, tempo di residenza 4 ore

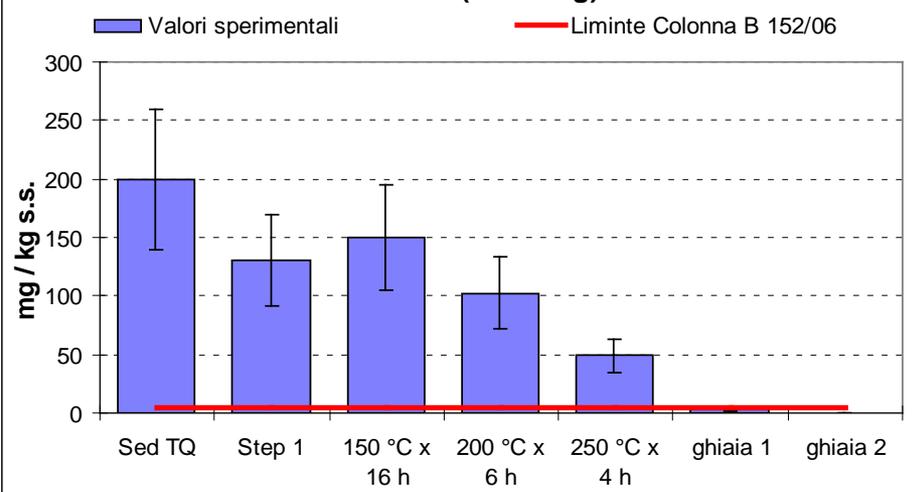
Sperimentate tre diverse configurazioni  messa a punto parametri di processo

1. Temperatura = 150 °C e $t_{\text{residenza}} = 16$ ore;
2. Temperatura = 200 °C e $t_{\text{residenza}} = 6$ ore;
3. Temperatura = 250 °C e $t_{\text{residenza}} = 4$ ore;

Seconda fase: desorbimento termico

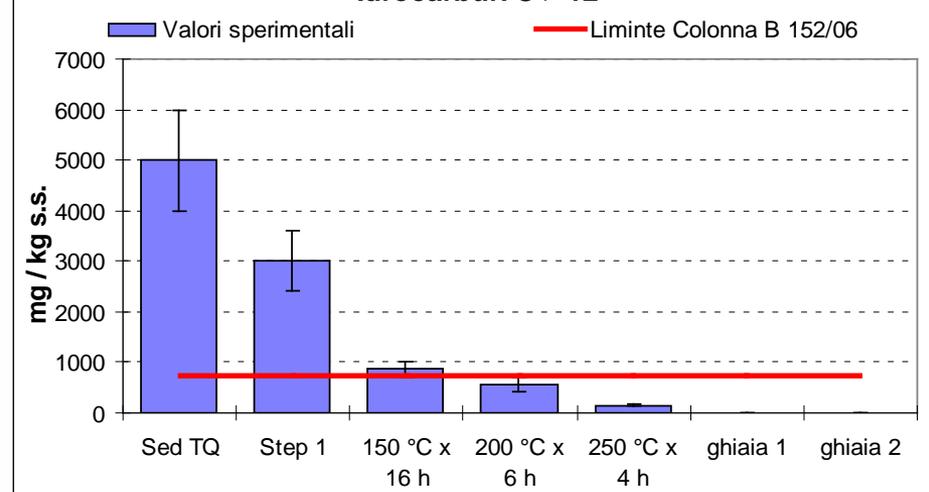
Analisi effettuate: **analisi chimiche**

Mercurio (come Hg)



Hg: 120 mg/kg → 50 mg/kg

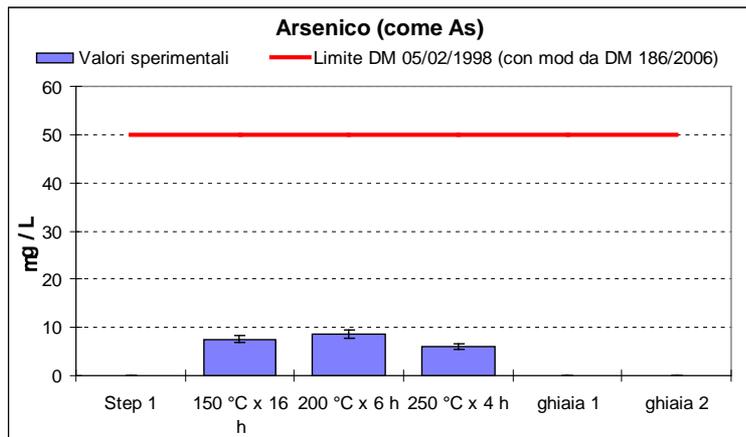
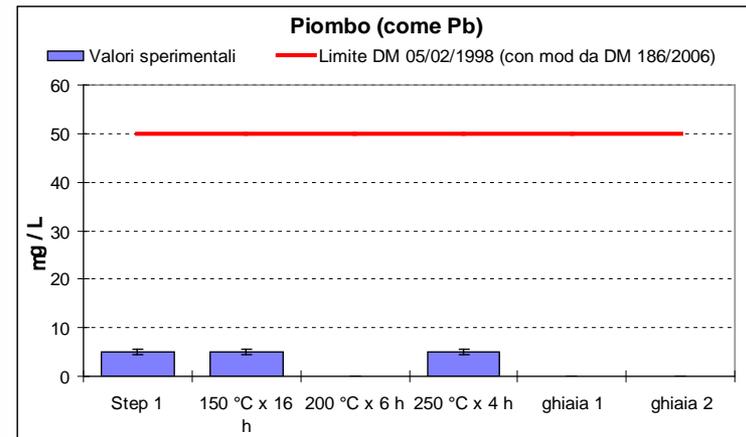
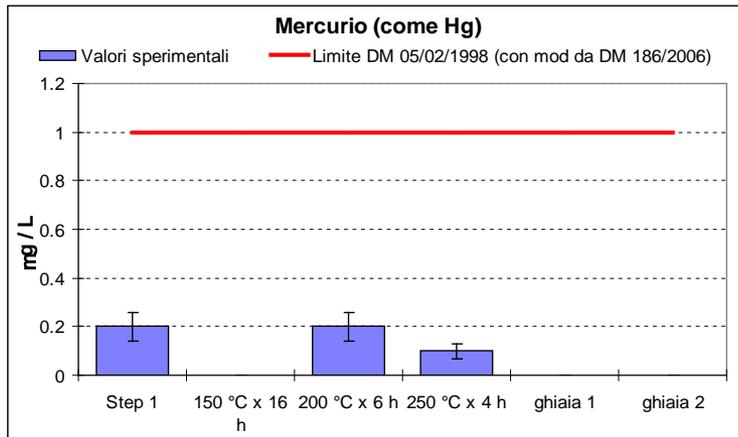
Idrocarburi C > 12



IC>12: 3000 mg/kg → 150 mg/kg

Seconda fase: desorbimento termico

Analisi effettuate: **test di cessione (D.M. 5/2/98 e successive modificazioni)**

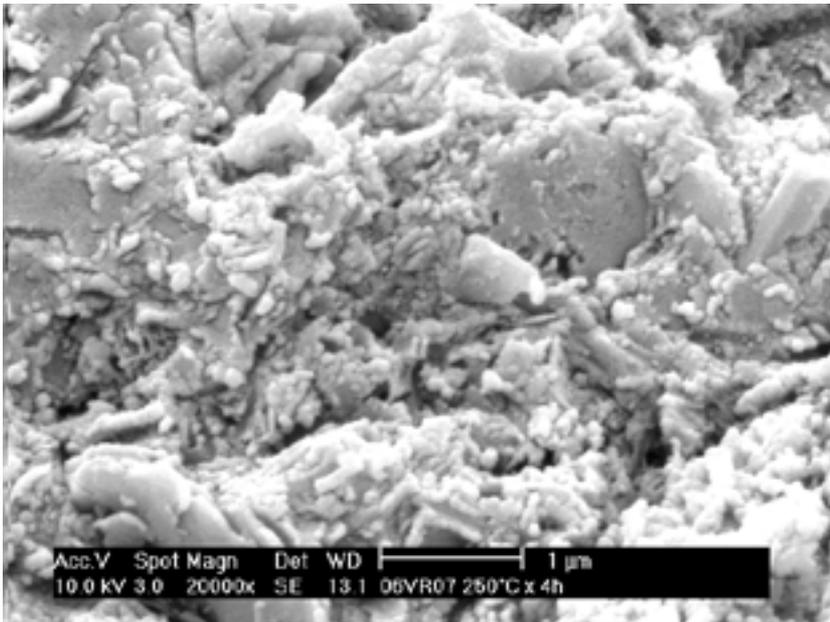


Problemi evidenziati

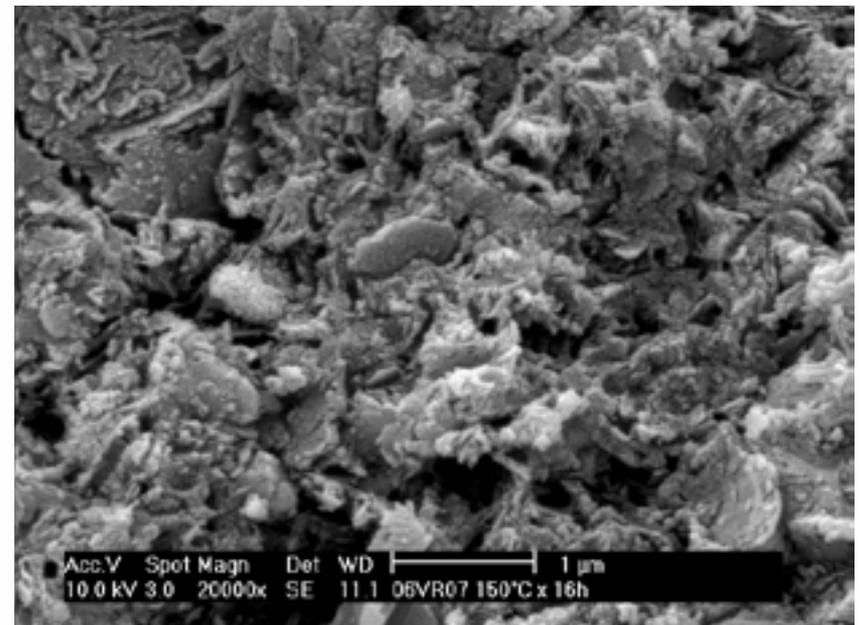
- pH=13 (normativa 12)
- Cloruri
- Selenio

Seconda fase: desorbimento termico

Analisi effettuate: **analisi morfologiche**



T = 250°C per 4 ore



T = 150°C per 16 ore

Conclusioni

Il sistema ha fornito prova di avere buone potenzialità per il trattamento di sedimenti contaminati:

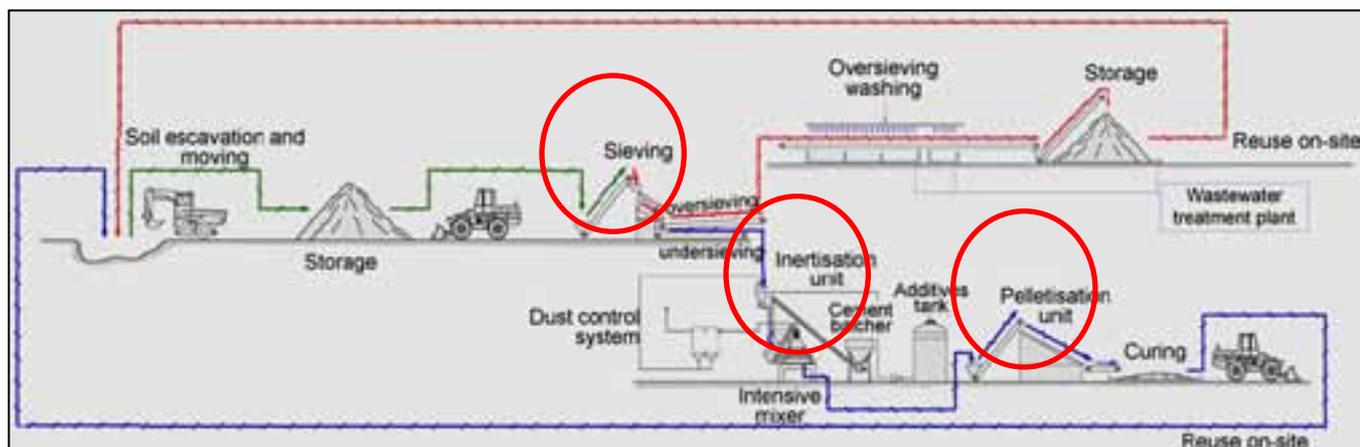
- le reazioni di idratazione del cemento sono avanzate correttamente; inoltre, i sedimenti in esame hanno dimostrato capacità di interazione con il cemento grazie alla presenza di carbonati reattivi;
- l'obiettivo di eliminare i composti organici volatili e semi-volatili è stato ampiamente raggiunto; la concentrazione di mercurio è diminuita del 60 % rispetto al granulato pre-desorbimento;
- la miglior configurazione di desorbimento è quella a $T=250$ °C e t residenza = 4 ore sia per quanto riguarda l'efficienza di rimozione dei composti volatili e semi-volatili (dato confermato anche dal trend di rimozione dei microinquinanti organici) sia per le caratteristiche chimiche morfologiche della matrice;
- le potenzialità per il riuso richiedono ulteriori approfondimenti.



Sviluppi futuri

- chiusura del bilancio di massa sul desorbitore;
- prove meccaniche di resistenza usualmente condotte su aggregati da costruzione;
- test di cessione a pH variabile e in colonna, per la valutazione della lisciviazione al variare delle condizioni ambientali e nel lungo periodo;
- approfondimento della forma chimica del mercurio residuo.

- vagliatura per l'eliminazione dei corpi solidi grossolani e delle sabbie (diametro superiore a 2 mm);
- formazione dell'impasto;
- formazione dei granuli.

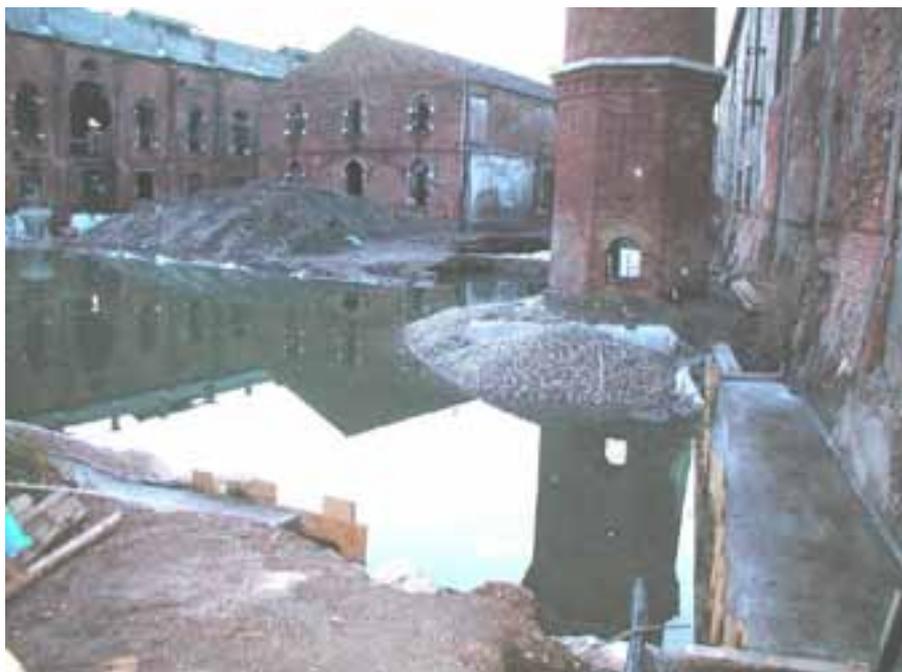


- vagliatura per l'eliminazione dei corpi solidi grossolani e delle sabbie (diametro superiore a 2 mm);
- formazione dell'impasto;
- formazione dei granuli.



COSTI STIMATI 55 euro/mc

Applicazione prima fase Mapei HPSS: il caso delle Conterie a Murano (VE)



CONCLUSIONI

- gestione eco-sostenibile dei sedimenti;
- promozione dell'innovazione tecnologica;
- potenziamento della ricerca applicata;
- condivisione e diffusione delle conoscenze;
- coinvolgimento su sperimentazione e scale up di soggetti pubblici e privati

CONTATTI

sara.dastoli@isprambiente.it