

Esperienze di trattamenti “in situ” dei sedimenti contaminati

Pierangelo Alesina

URS Italia S.p.A.

Indice

1. Cenni sulle modalità di gestione dei sedimenti
2. Trattamenti in situ – in situ aeration
 - 2.1 Generalità
 - 2.2 Descrizione del processo/sistema
 - 2.3 Possibilità di impiego
 - 2.4 Esperienze operative
 - 2.4.1 Oberhafen site
3. Trattamenti in situ – floating bioreactor
 - 3.1 Generalità
 - 3.2 Descrizione del processo/sistema
 - 3.3 Possibilità di impiego
 - 3.4 Esperienze operative
 - 3.4.1 Teltow Kanal
 - 3.4.2 Burghammer site

1. Cenni sulle modalità di gestione dei sedimenti

- La necessità di bonificare i corpi idrici e, nel contempo, di adottare soluzioni sostenibili per lo smaltimento dei rifiuti ha portato a cambiamenti significativi nelle modalità di gestione e smaltimento dei sedimenti contaminati.
- La tecnica più utilizzata per la bonifica dei sedimenti è il dragaggio ambientale con trattamento / smaltimento / riutilizzo ex situ. Tuttavia gli obblighi di pre-trattamento dei rifiuti e la riduzione della disponibilità di discariche in molti paesi europei, tra cui l'Italia, ne ha aumentato sensibilmente i costi.
- Per i siti contaminati dove i sedimenti possono essere lasciati in posto, le tecnologie in-situ, quando applicabili, rappresentano una valida alternativa al dragaggio e smaltimento, riducendo la necessità di movimentare i sedimenti e conseguentemente minimizzando il rischio di dispersione dei contaminanti nelle matrici ambientali.

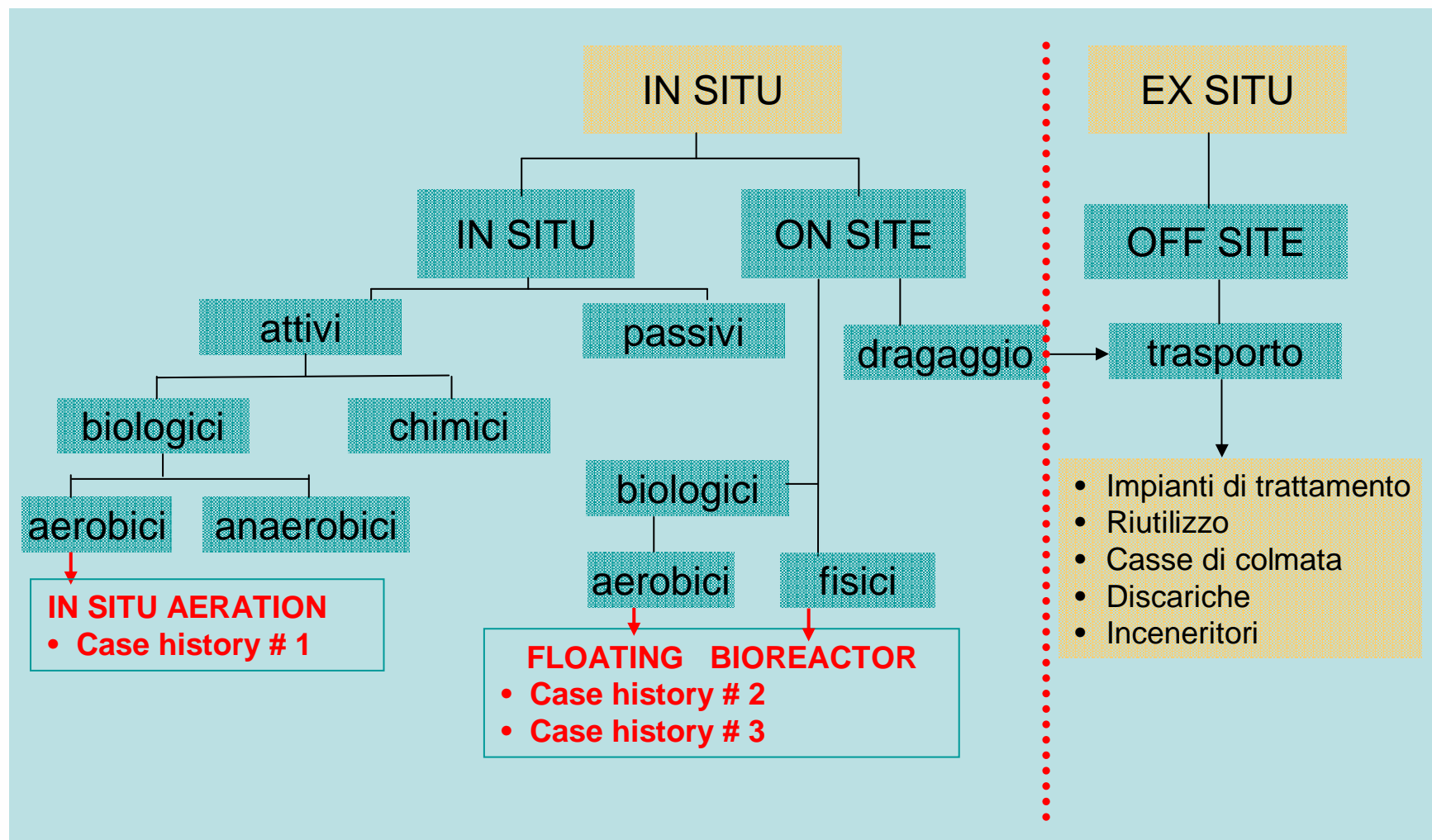
1. Cenni sulle modalità di gestione dei sedimenti

Questa presentazione espone alcuni casi di trattamenti “in situ” dei sedimenti contaminati che sfruttano il potenziale intrinseco di degradazione dei contaminanti attraverso processi chimici e biologici.

I tre casi presentati si riferiscono a prove condotte in Germania dai tecnici di URS e, precisamente di:

- una prova pilota di stimolazione della biodegradazione, mediante “**in situ aeration**” (ventilazione);
- e due esperienze di estrazione e ri-sedimentazione controllata, in ciclo chiuso, con impiego del “**floating bioreactor**”.

1. Cenni sulle modalità di gestione dei sedimenti



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.1 Generalità

- La **in-situ aeration** consiste nell'ossigenazione controllata dei sedimenti mediante iniezione di aria a bassa portata/pressione, senza generare fenomeni di strippaggio/volatilizzazione dei contaminanti (simile al BIOSPARGING).
- L'ossigenazione dei sedimenti stimola la capacità intrinseca di biodegradazione dei contaminanti organici da parte di microrganismi autoctoni.
- La biodegradazione ha come obiettivo la trasformazione dei contaminanti in composti meno tossici per l'ambiente (ad esempio anidride carbonica ed acqua).

2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.2 Descrizione del processo/sistema

- La ventilazione dei sedimenti avviene iniettando aria compressa in sonde installate all'interno dei sedimenti e collegate alla superficie con tubazioni in PVC/PE.
- L'interasse tra le sonde, la pressione di iniezione ed il flusso di aria sono stabiliti in funzione delle condizioni specifiche del sito e dei sedimenti (granulometria, grado di compattazione, spessore della colonna d'acqua, ecc.).
- I parametri di processo (pressione e flusso) devono essere accuratamente controllati e monitorati.
- Ante operam e in corso d'opera devono essere eseguiti campionamenti ed analisi chimico - fisiche delle matrici interessate (colonna d'acqua, sedimenti, acqua interstiziale, vapori, ecc.).
- Il monitoraggio delle acque interstiziali avviene attraverso sonde installate all'interno dei sedimenti.

2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.3 Possibilità di impiego

APPLICAZIONI

- Decontaminazione dei sedimenti contaminati da composti organici.
- Convertire le condizioni dei sedimenti da anaerobiche a aerobiche.
- Miglioramento della qualità delle acque riducendo i processi anaerobici (aumentando l'ossigenazione).
- Mineralizzazione di fanghi organici (sapropel).
- Aerazione dei sedimenti prima del loro dragaggio da fiumi, laghi e dighe.

VANTAGGI

- Nessun trasporto / smaltimento / trattamento "off site" di materiali pericolosi.
- Minimo impatto sull'utilizzo del corpo idrico (navigazione, ecc.).
- Minimo impatto sulla colonna d'acqua soprastante.
- Assenza di emissioni di sostanze volatili.
- Cost effective.

2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

OBIETTIVI della prova:

- testare un tecnologia di bonifica in situ per i sedimenti, applicando i principi del bio-sparging per degradare i composti organici e stimolare i processi biologici.
- sviluppare le necessarie procedure di gestione dei sistemi e di monitoraggio della bonifica.

Bacino n°2 del porto fluviale di Francoforte



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

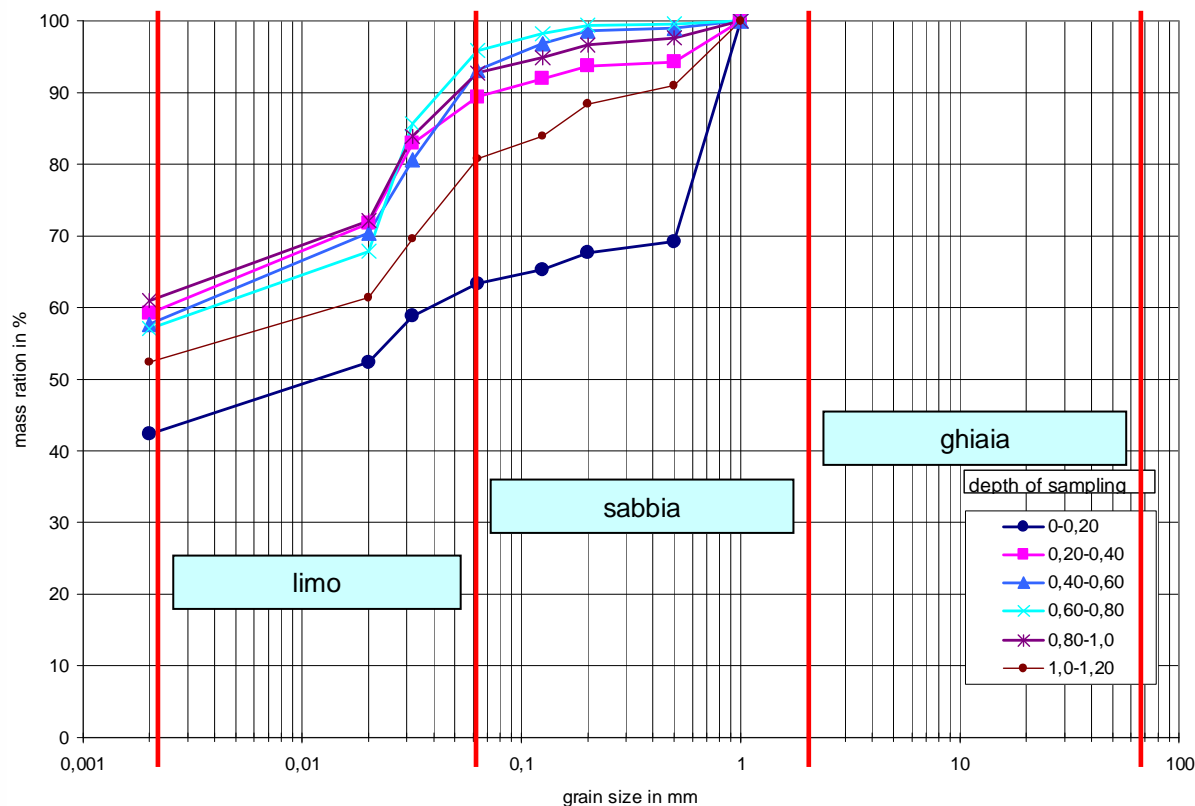
CONDIZIONI DEL SITO

- Profondità sedimenti 2,1 – 2,6 m
- Spessore sedimenti 0,8 – 1,6 m
- Condizioni anaerobiche O₂ (0,0 - 0,5 mg/l), presenza di metano
- Granulometria (limi-sabbiosi)

CONTAMINAZIONE

Parametro	Min	Max
IPA mg/kg	12	50
TOC g/kg	31,2	84,2
TPH mg/kg	1440	19700
Zn mg/kg	950	1330
Cu mg/kg	130	290

Granulometria



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)




2.4 Esperienze operative

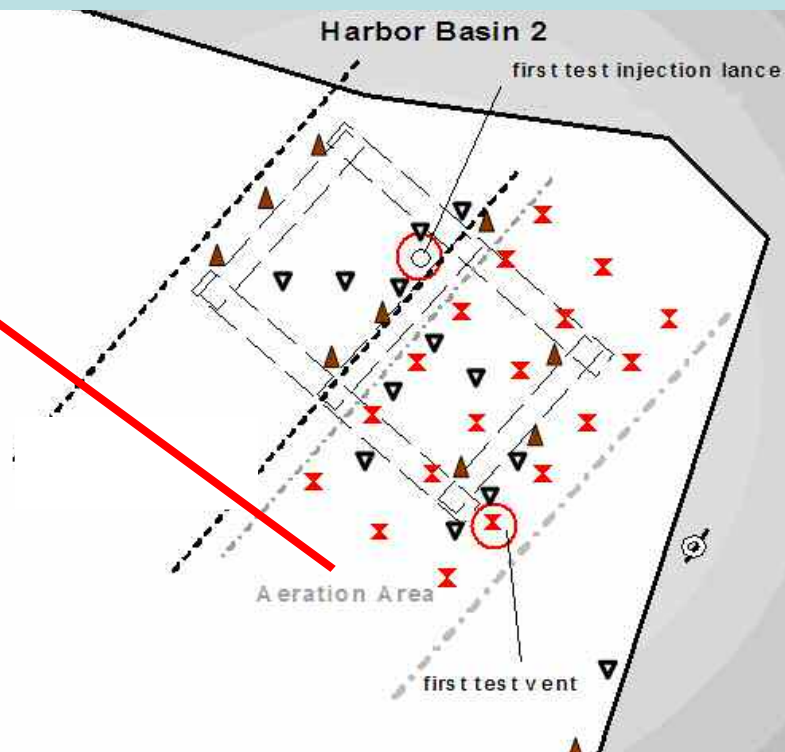
2.4.1 Oberhafen Site



- Area di studio = 14 x 10 m (di cui 70 m² per venting)
- Volume di sedimenti trattato = 125 m³ (150 t)

IMPIANTO

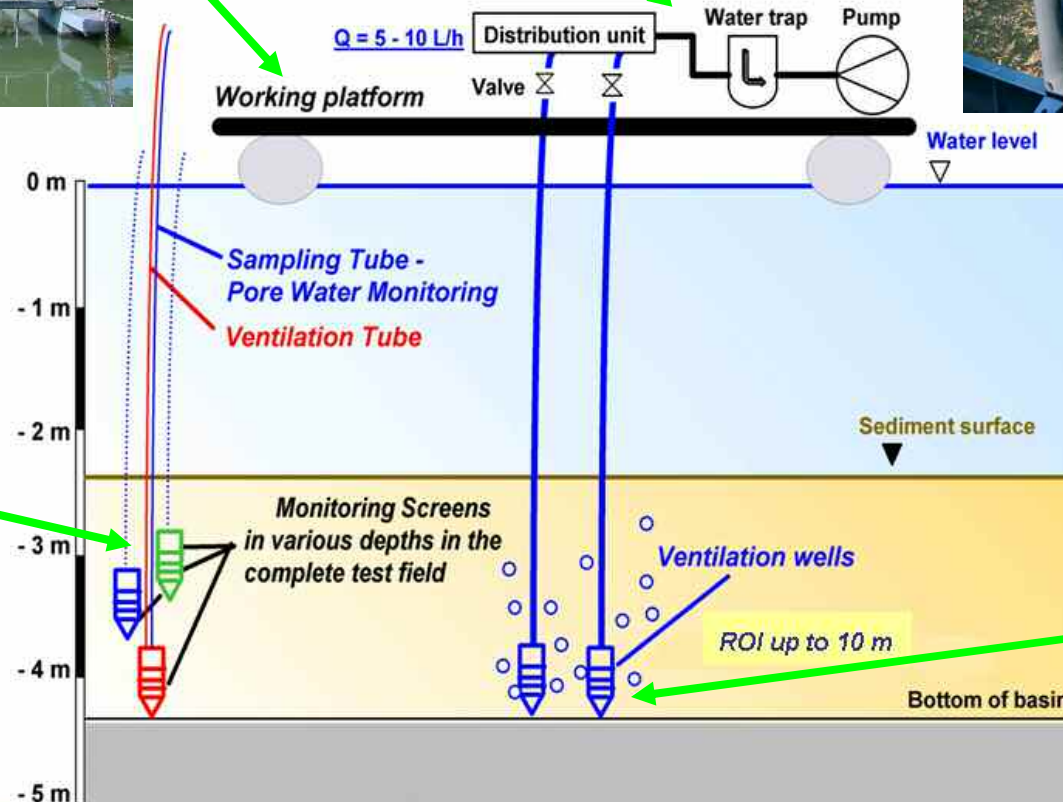
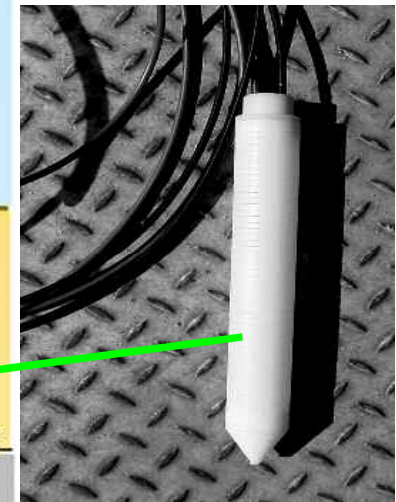
-  18 punti di ventilazione
-  13 cluster di monitoraggio delle acque interstiziali (3 punti di campionamento a differenti profondità)
-  10 punti di campionamento dei sedimenti (carote)



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

MONITORAGGI ESEGUITI

Fase	liquido		solido	gas
Tipo	Acqua (canale)	Acqua (interstiziale)	Sedimenti	Vapori
Sistema di campionamento	bailer	lost screen	carota	sampling cap
Volume	non limitato	250 ml	limitato	limitato
Frequenza	non limitato	limitato 16 hr	limitato (6 mesi)	limitato 48 hr
Field monitoring	on site	on site	---	on site
Analisi di laboratorio	not limitato	limitato	limitato	non limitato
Scopo	qualità del corpo idrico	andamento della prova	processi di dregradazione	efficienza

2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

**CARATTERISTICHE
TIPICHE delle:**

- acque del canale

e delle

- acque interstiziali

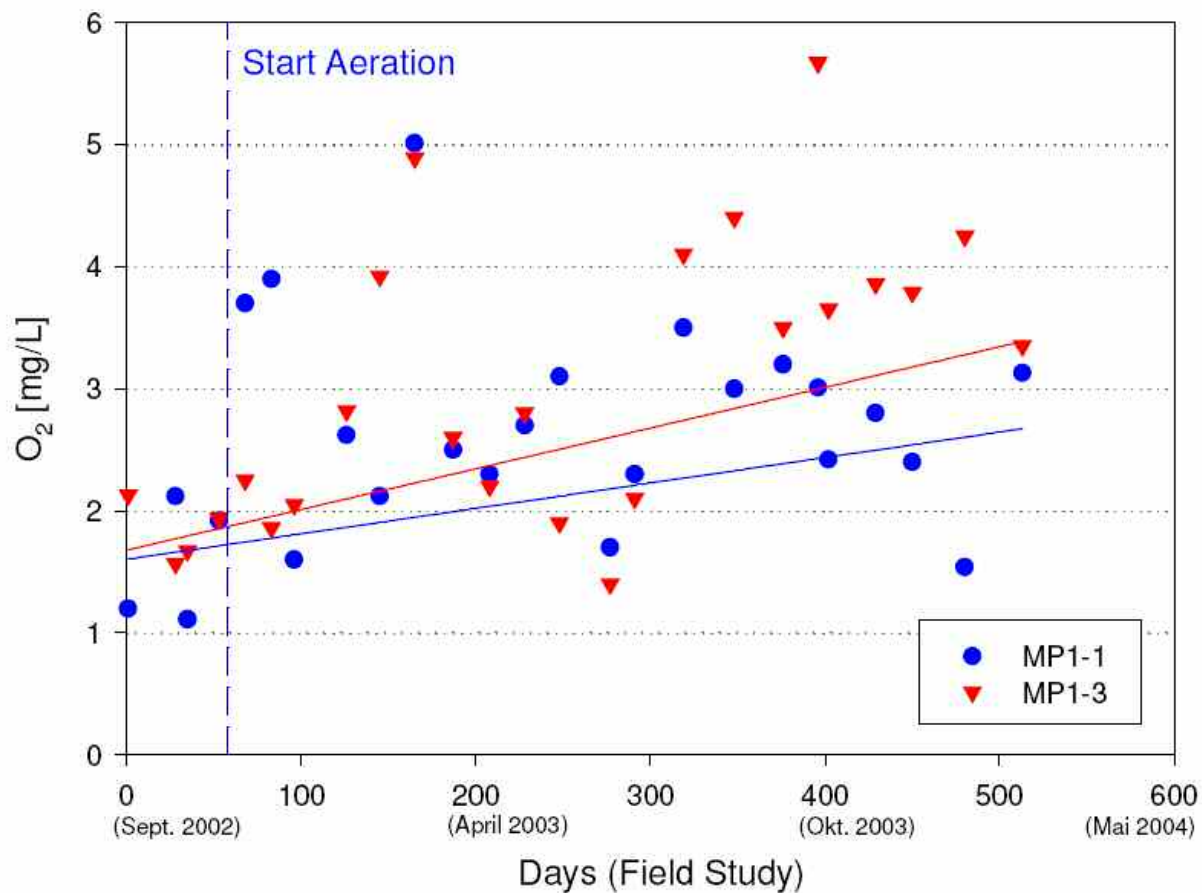
	Acqua del canale	Acqua interstiziale
pH	7,5 – 8,2	6,9 – 7,2
Conducibilità	mS 722	1500 – 2900
Ossigeno	mg/l 6,5 – 15	0,4 – 5,5
Ammoniaca (come N)	mg/l 0,25	20 – 100
Nitrati	mg/l 20,8	0,3 – 12,7
HCO ₃ ⁻	mg/l 260	850 - 1770
Solfati	mg/l 94	0,3 – 10
Metalli pesanti	nd	nd
Idrocarburi totali	mg/l nd	0,17 – 0,62

2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

RISULTATI
 Ossigeno
 disciolto
 nell'acqua
 interstiziale



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

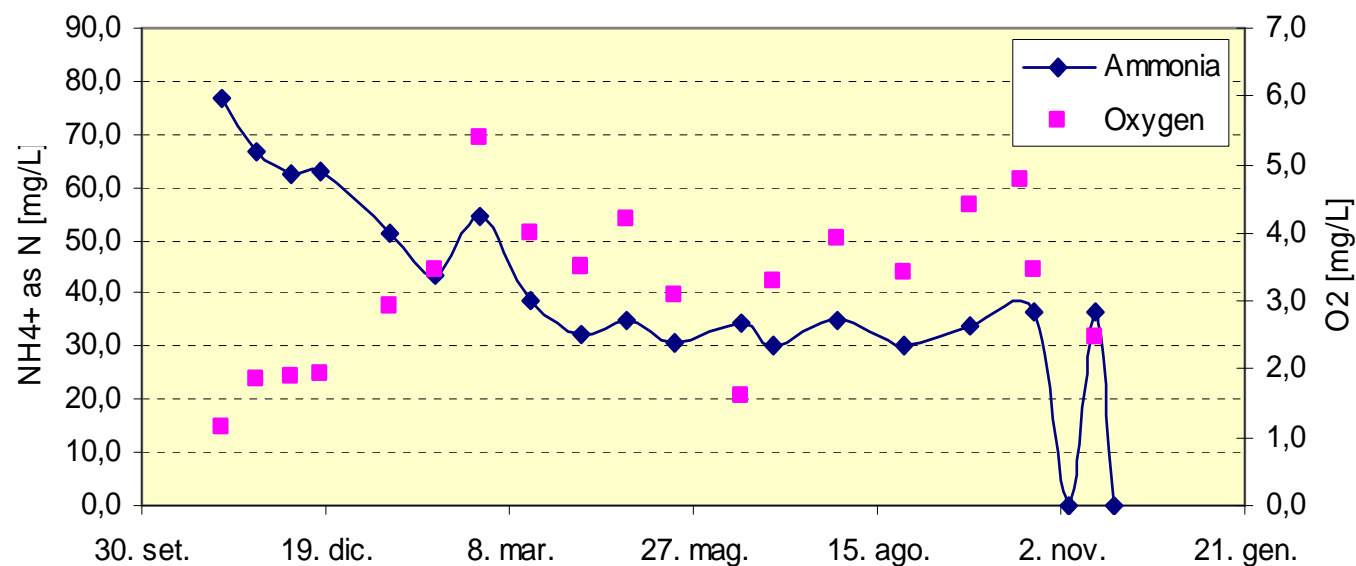
2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

RISULTATI

Ammoniaca e Ossigeno Disciolto
nelle acque interstiziali

MP 4-2

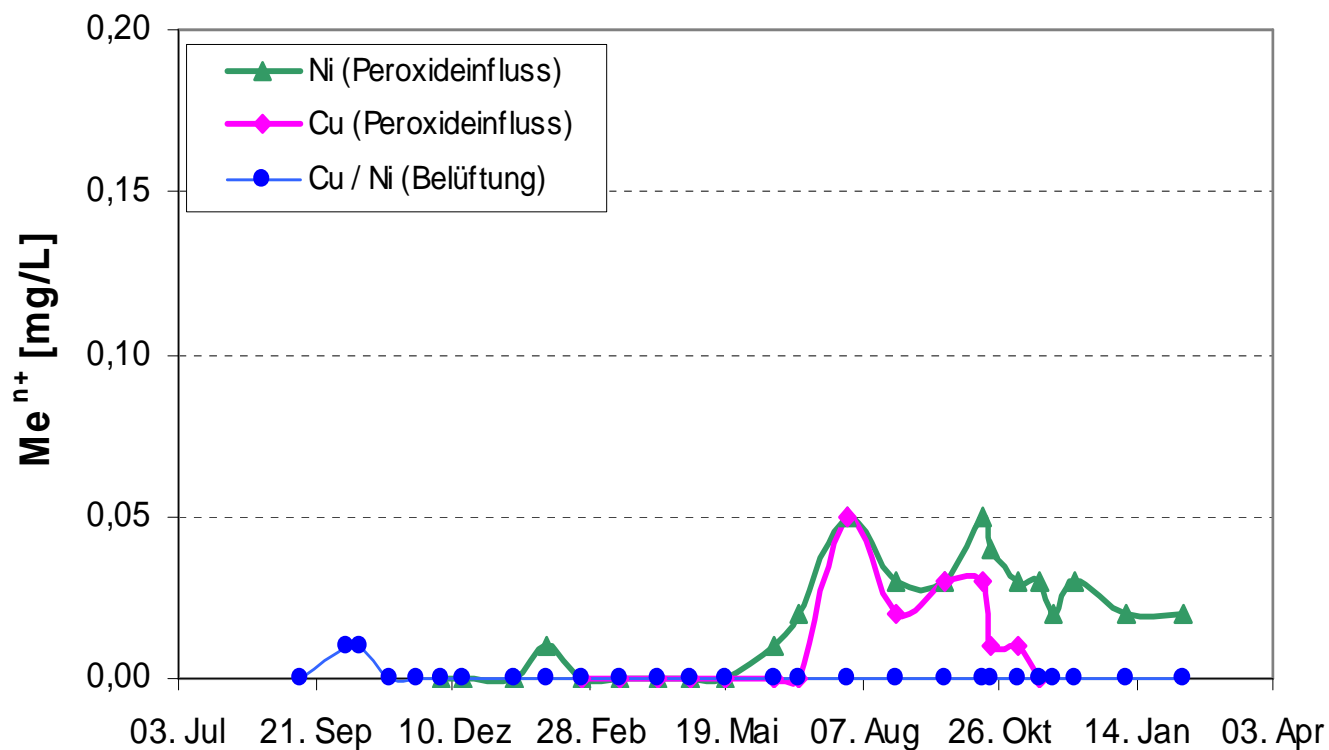


2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

RISULTATI
 Andamento dei
 metalli nelle
 acque
 interstiziali
 confronto tra
 l'area trattata
 con "in situ
 aeration" e
 quella trattata
 con perossidi

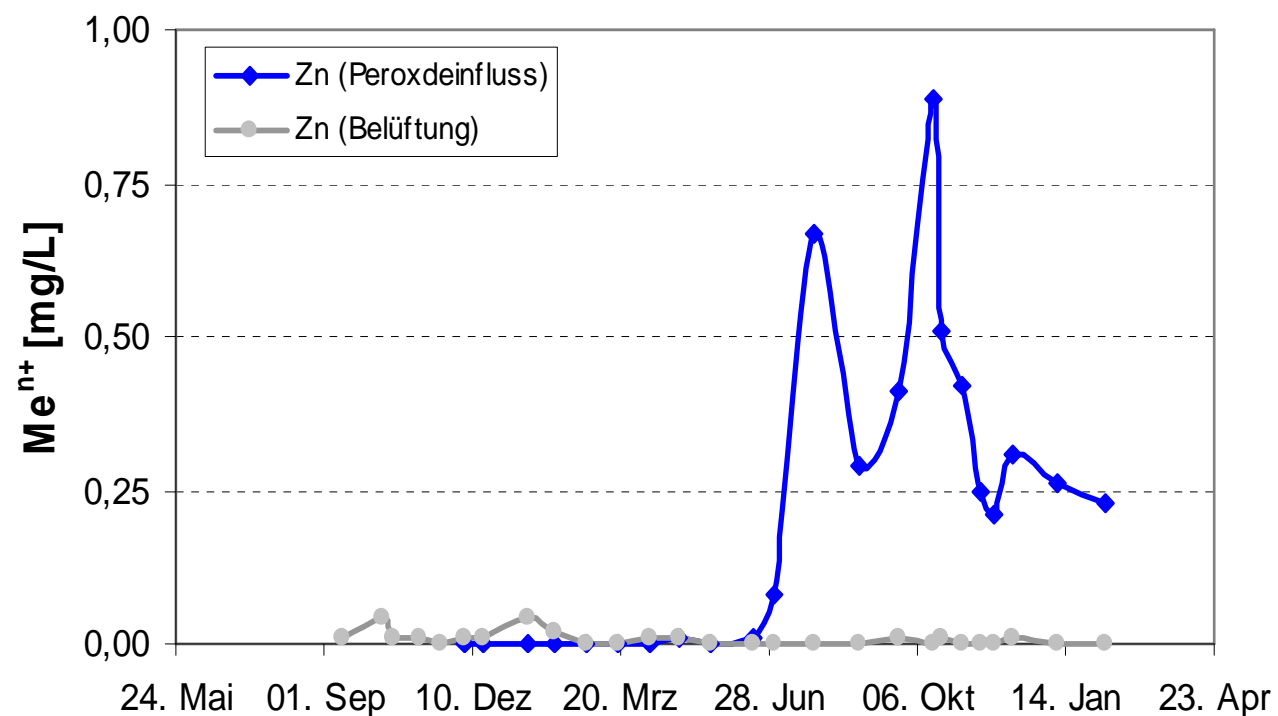


2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

RISULTATI
 Andamento dei
 metalli nelle
 acque
 interstiziali
 confronto tra
 l'area trattata
 con "in situ
 aeration" e
 quella trattata
 con perossidi



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

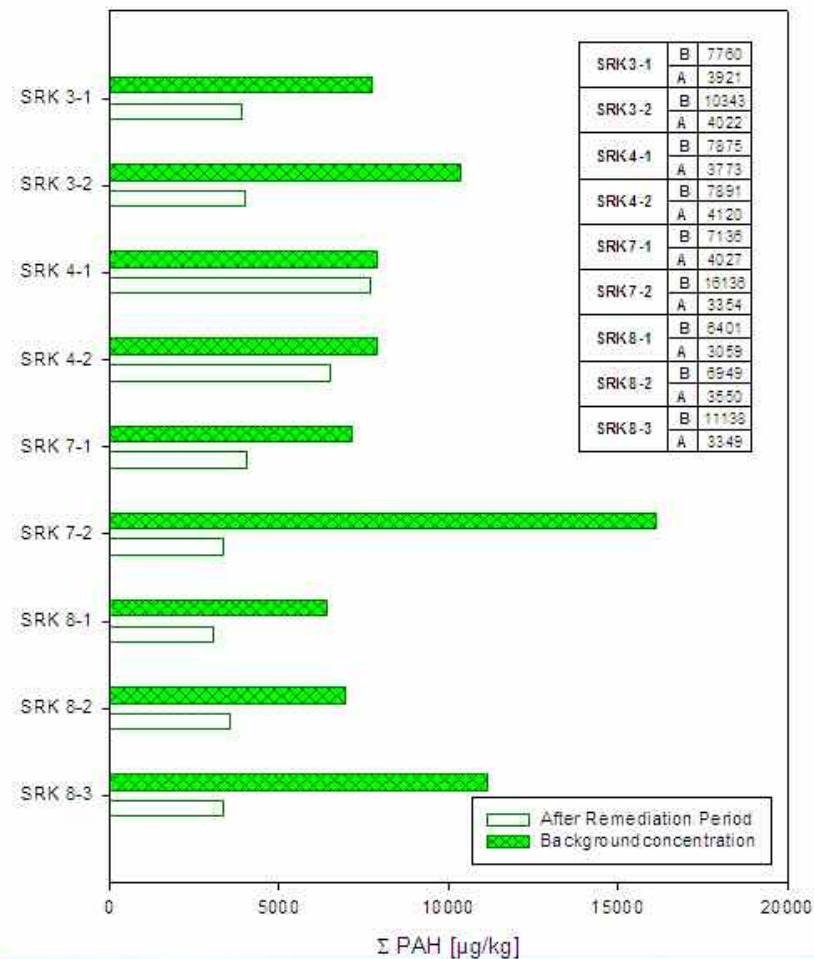
2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

RISULTATI

Andamento degli IPA nei sedimenti
(dati da analisi chimiche su campioni da carotaggi)

riduzioni sino al 75-85% dopo 12 mesi di ventilazione



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

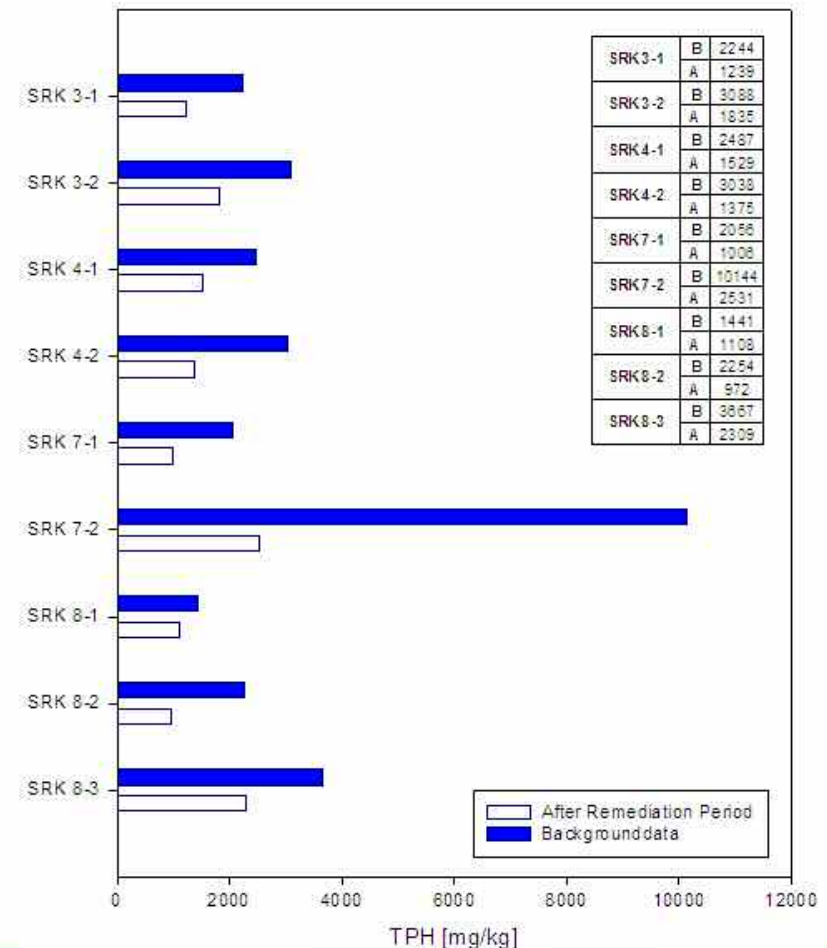
2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

RISULTATI

Andamento degli idrocarburi (TPH) nei sedimenti (dati da analisi chimiche su campioni da carotaggi)

riduzioni sino al 60-75% dopo 12 mesi di ventilazione



2. Trattamenti in situ (in situ aeration)

2.4 Esperienze operative

2.4.1 Oberhafen Site

CONCLUSIONI

- La tecnica “in situ aeration” è applicabile utilizzando tecnologie e materiali semplici ed economici. Analogamente, il monitoraggio delle acque interstiziali è realizzabile in modo semplice ed economico.
- La ventilazione dei sedimenti è stata applicata senza particolari problemi per 24 mesi nonostante attività di navigazione e condizioni meteorologiche avverse.
- La biodegradazione “in situ” di TPH, IPA e Ammoniaca è stata attuata in condizioni aerobiche iniettando aria.
- I metalli pesanti non sono stati mobilizzati durante il processo di aerazione. Il monitoraggio della qualità delle acque del canale (richiesto dalle autorità) non ha evidenziato impatti negativi causati dai trattamenti in situ.

3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.1 Generalità

- Il “Floating Bioreactor” è un sistema brevettato (URS pat. ID#DE4416591c1) di estrazione e trattamento dei sedimenti che utilizza un flusso d’aria in pressione, con il principio dell’air lift.
- Il sistema è stato progettato per effettuare l’estrazione, il trattamento e la rideposizione controllata dei sedimenti con un solo processo in “circuito chiuso”.
- Il principio di trattamento è simile a quello di un “bioreattore” aerobico.

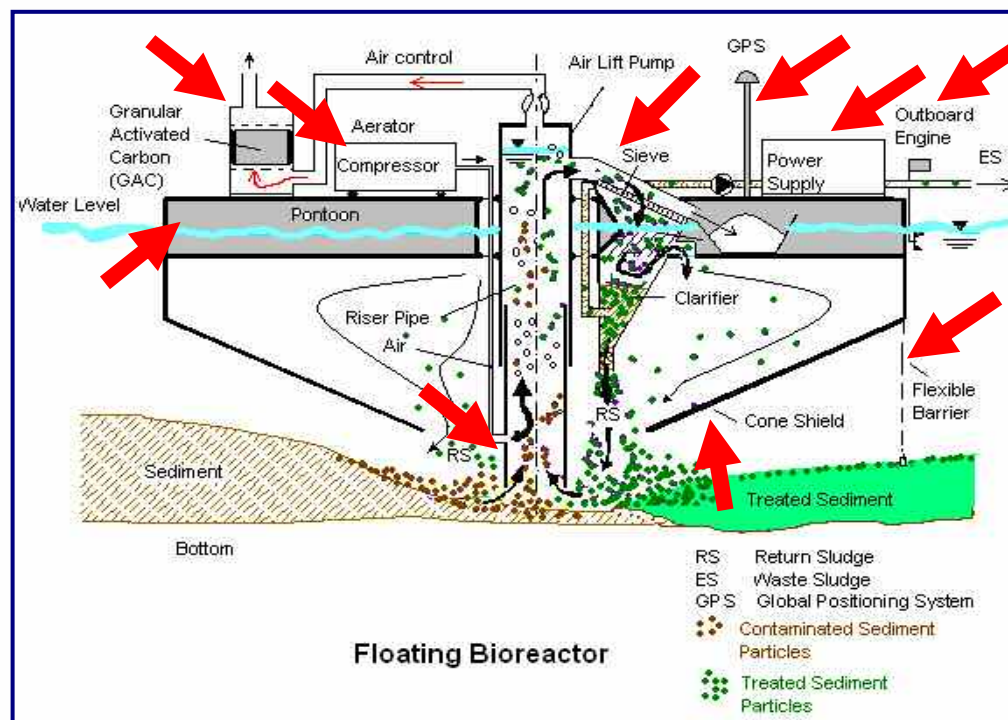


3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.1 Generalità

Il “Floating Bioreactor” è costituito dai seguenti principali elementi:

- Pompa per “air lift” (mammoth pump)
- Compressore
- Sistemi di controllo e trattamento dell’aria di estrazione
- Pontone galleggiante
- Schermi e barriere per ridurre la risospensione e la torbidità
- Sistemi di trattamento della sospensione (vaghi, cicloni, ...)
- GPS e altre utilities



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

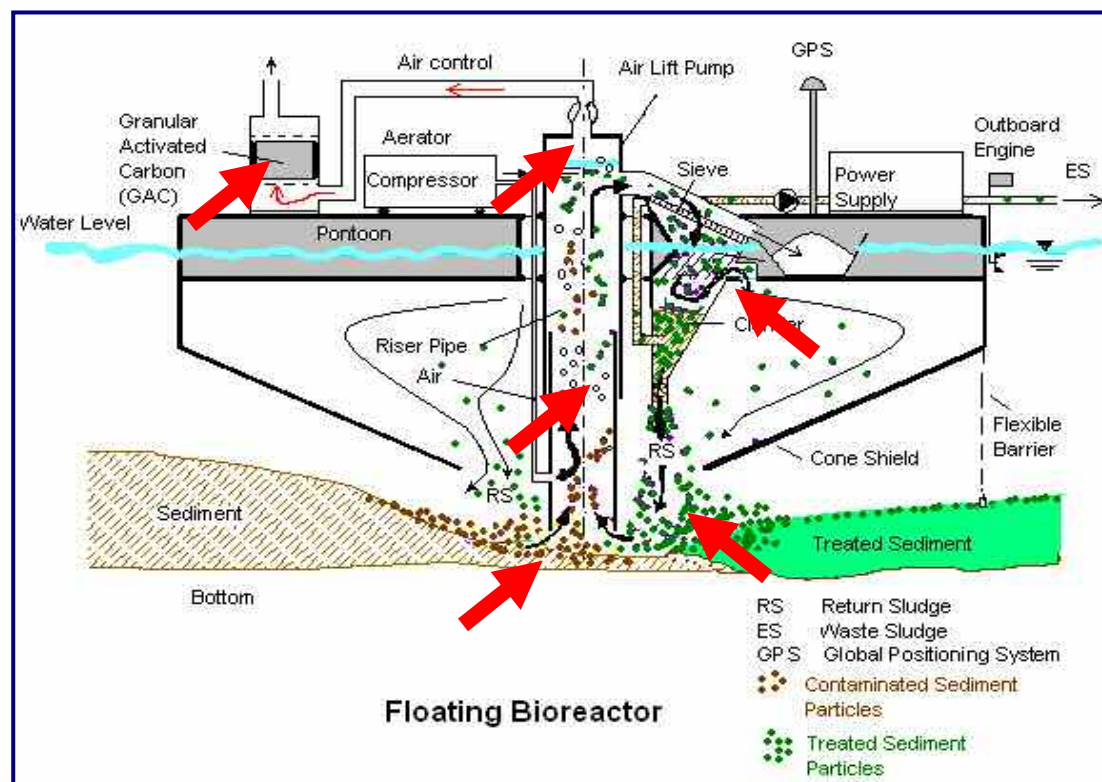
3.1 Generalità

- Le dimensioni tipiche dell'unità galleggiante possono variare da una capacità di estrazione di 100 m³/h a 1000 m³/h di sospensione sedimenti/acqua.
- Pari ad un volume equivalente di sedimenti in situ da 25 a 250 ton/h (la capacità di estrazione del sistema ed il rapporto acqua/sedimenti nel flusso estratto possono essere controllati variando il flusso e la pressione dell'aria iniettata).
- Il diametro del bioreattore galleggiante varia da 5 fino a 20 metri.

3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.2 Descrizione del processo/sistema

- Mobilizzazione e sollevamento dei sedimenti mediante iniezione di aria
- Ossigenazione durante il sollevamento dei sedimenti
- Strippaggio dei composti volatili (e/o cattivi odori)
- Campionamento e trattamento dei gas strippati
- Trattamento “on site” della miscela acqua/solidi
- Ri-deposizione controllata (senza torbidità)



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.3 Possibilità di impiego

APPLICAZIONI

- Trattamento dei sedimenti contaminati da composti organici.
- Convertire le condizioni dei sedimenti da anaerobiche a aerobiche.
- Miglioramento della qualità delle acque riducendo i processi anaerobici (aumentando l'ossigenazione).
- Strippaggio dei composti volatili o semivolatili durante il pompaggio.
- Trattamento di fanghi industriali e dei sedimenti dei bacini di tailing e/o delle vasche di sedimentazione.
- Nitrificazione e de-nitrificazione delle acque.
- Riduzione dei fosfati e di altri nutrienti nei sedimenti e nelle acque.



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.3 Possibilità di impiego

VANTAGGI

- Estrazione, trattamento e rideposizione controllata dei sedimenti con un solo processo e in circuito chiuso.
- Biodegradazione subacquea dei contaminanti organici.
- Nessun trasporto / smaltimento / trattamento “off site” di materiali pericolosi.
- Rimozione dei sedimenti senza emissioni maleodoranti.
- Estrazione dei composti volatili dai sedimenti e loro trattamento.
- Aerazione con aria ricca di ossigeno durante l'estrazione.
- Minimizzazione di torbidità durante la rimozione e rideposizione controllata dei sedimenti.
- Cost effective



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

Il “Floating Bioreactor” è stato testato in campo nell’ambito di due progetti ...

Teltow Kanal (Berlino)

Miglioramento della qualità dei sedimenti di un canale industriale



Burghammer Site (Dresda)

Attivazione di ceneri per la neutralizzazione delle acque acide di bacino minerario dismesso



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

I test con il floating bioreactor sono stati condotti da un team “pubblico + privato”.

- **Finanziamento**



Federal Research Centre Karlsruhe
Water Technology and Disposal

- **Progettazione / Coordinamento**



URS Deutschland GmbH
Dreieich

- **Advisor Scientifico / Monitoraggio**



Department for Water Technology
Università di Cottbus

- **Costruzione / Installazione**



Kemmer GmbH
Berlin

3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.1 Teltow Kanal

OBIETTIVO: testare l'efficacia del FB per migliorare la qualità delle acque e dei sedimenti contaminati.

CONDIZIONI DEL SITO

- Canale industriale navigabile.
- Sedimenti sabbiosi contaminati da composti organici (TPH, IPA, CHCs).



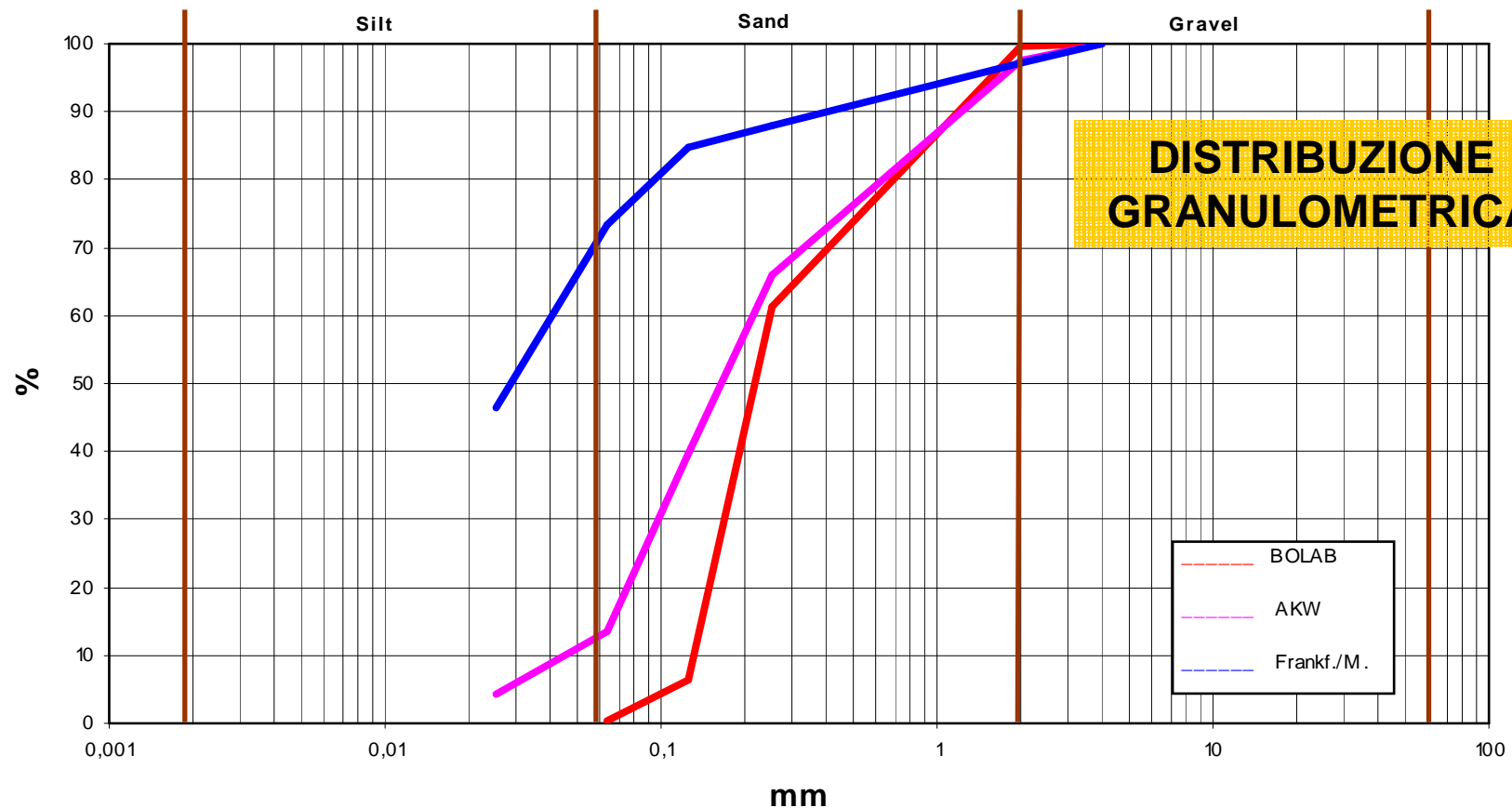
STRATEGIA DI INTERVENTO

- Air lift dei sedimenti per:
 - la biodegradazione subacquea dei contaminanti organici;
 - l'estrazione dei composti volatili dai sedimenti e il loro trattamento su GAC;
- Minimizzazione della torbidità durante la rimozione e ri-deposizione controllata dei sedimenti.

3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.1 Teltow Kanal

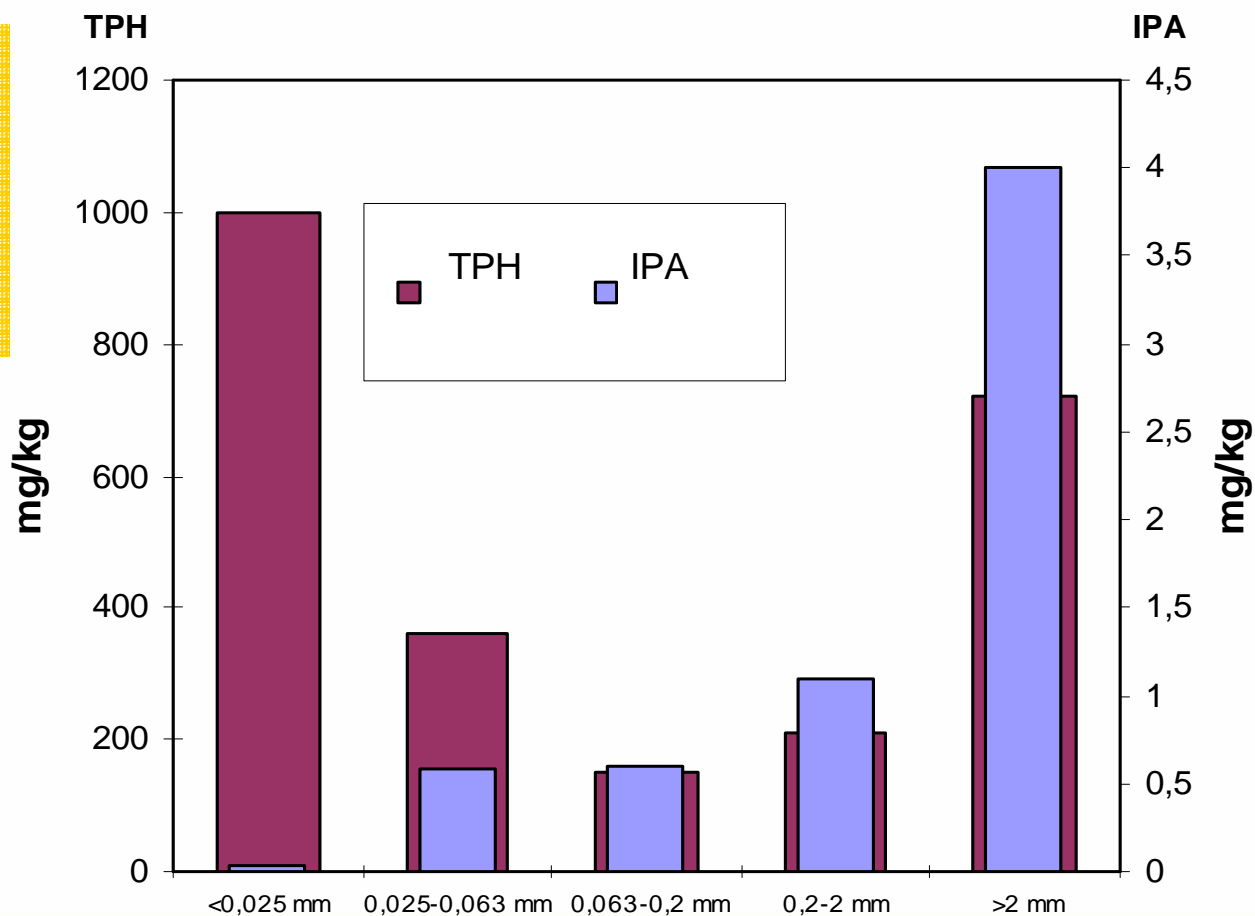


3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.1 Teltow Kanal

RISULTATI:
Distribuzione dei
contaminanti nella
sospensione
acqua-sedimenti

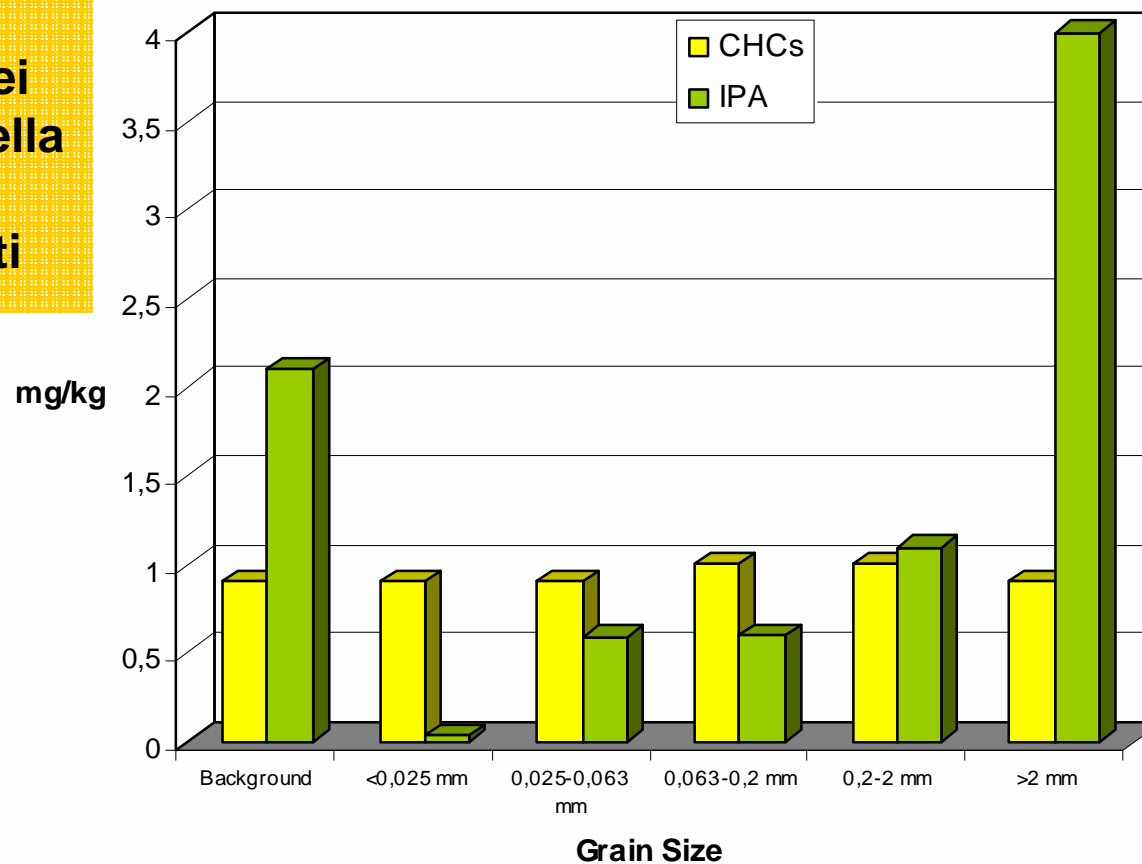


3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.1 Teltow Kanal

RISULTATI:
 Distribuzione dei
 contaminanti nella
 sospensione
 acqua-sedimenti



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.1 Teltow Kanal

CONCLUSIONI

La prova ha permesso di verificare l'efficacia del Floating Bioreactor per mobilizzare i sedimenti dal fondo del canale.

L'air lift dei sedimenti ha stimolato la biodegradazione dei contaminanti organici ed ha permesso l'estrazione dei composti volatili dai sedimenti e il loro ed il loro trattamento su carboni attivi (GAC).

Le analisi chimiche e granulometriche sulla sospensione acqua – sedimenti hanno evidenziato la possibilità di concentrare gli IPA sulla frazione sabbiosa (>2 mm) dei sedimenti e gli idrocarburi TPH sulla frazione fine (<0,025 mm).

3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.2 Burghammer Site

CONDIZIONI DEL SITO

- Miniera di lignite a cielo aperto ex DDR (dismessa dal 1989)
- Deposizione di ceneri dalla combustione della lignite
- Risalita del livello di falda e allagamento delle aree di estrazione
- Formazione di un lago con acque acide (pH da 2,5 a 3,0) a causa del contatto tra la falda e gli strati rocciosi ricchi di acido solforico, intercalate ai banchi di lignite



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.2 Burghammer Site

OBIETTIVO: recuperare l'area e le acque del lago per un utilizzo turistico ricreativo.

STRATEGIA DI INTERVENTO

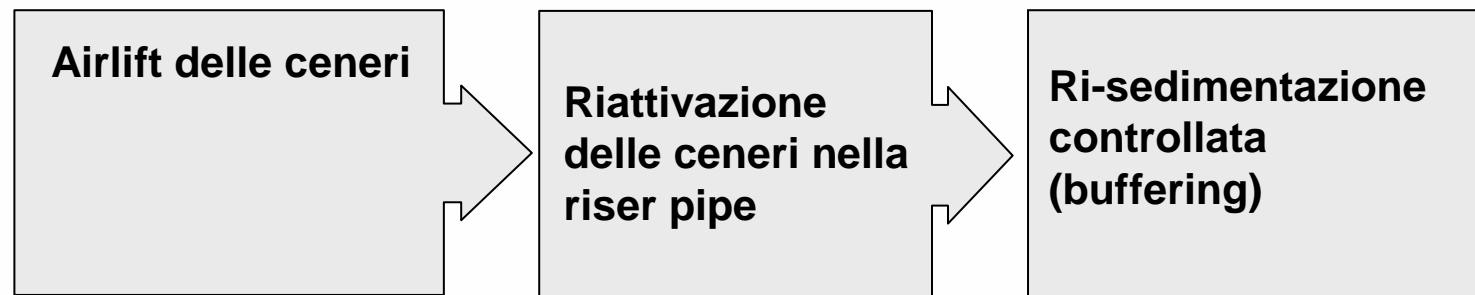
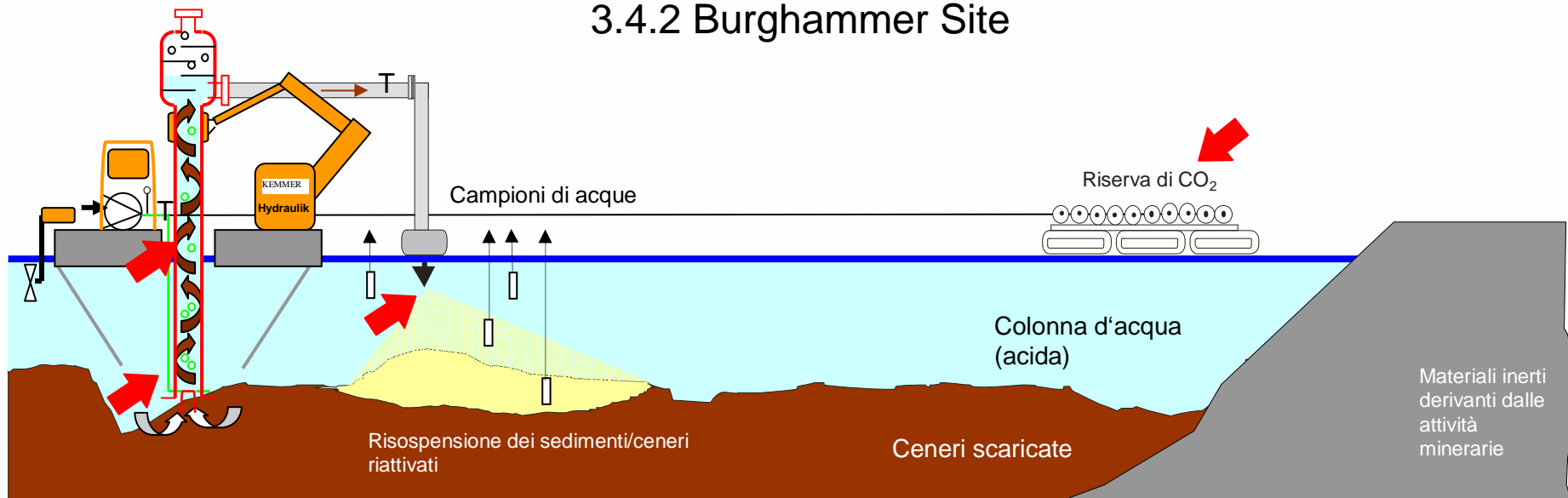
- Neutralizzazione delle acque acide utilizzando il potere tampone delle ceneri depositate sotto la superficie del lago.
- Intensa miscelazione delle porzioni più profonde dei sedimenti/ceneri con le acque del lago (airlift aria e CO₂).
- Ri-sedimentazione controllata della sospensione acqua – ceneri attivate (buffering).



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.2 Burghammer Site

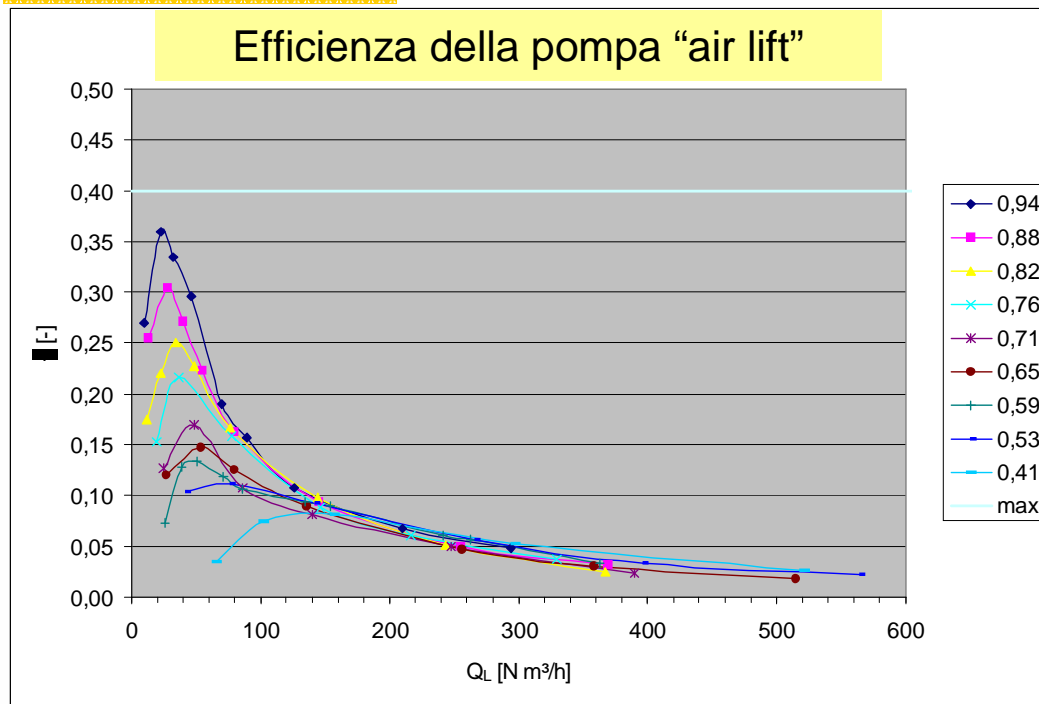


3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.2 Burghammer Site

RISULTATI:
Flusso estratto



- Estrazione dei sedimenti spinta sino a 5,0 metri di profondità (spessore trattato = 1,5 metri)
- Contenuto di solidi nella torbida 0,2 - 11,6 %



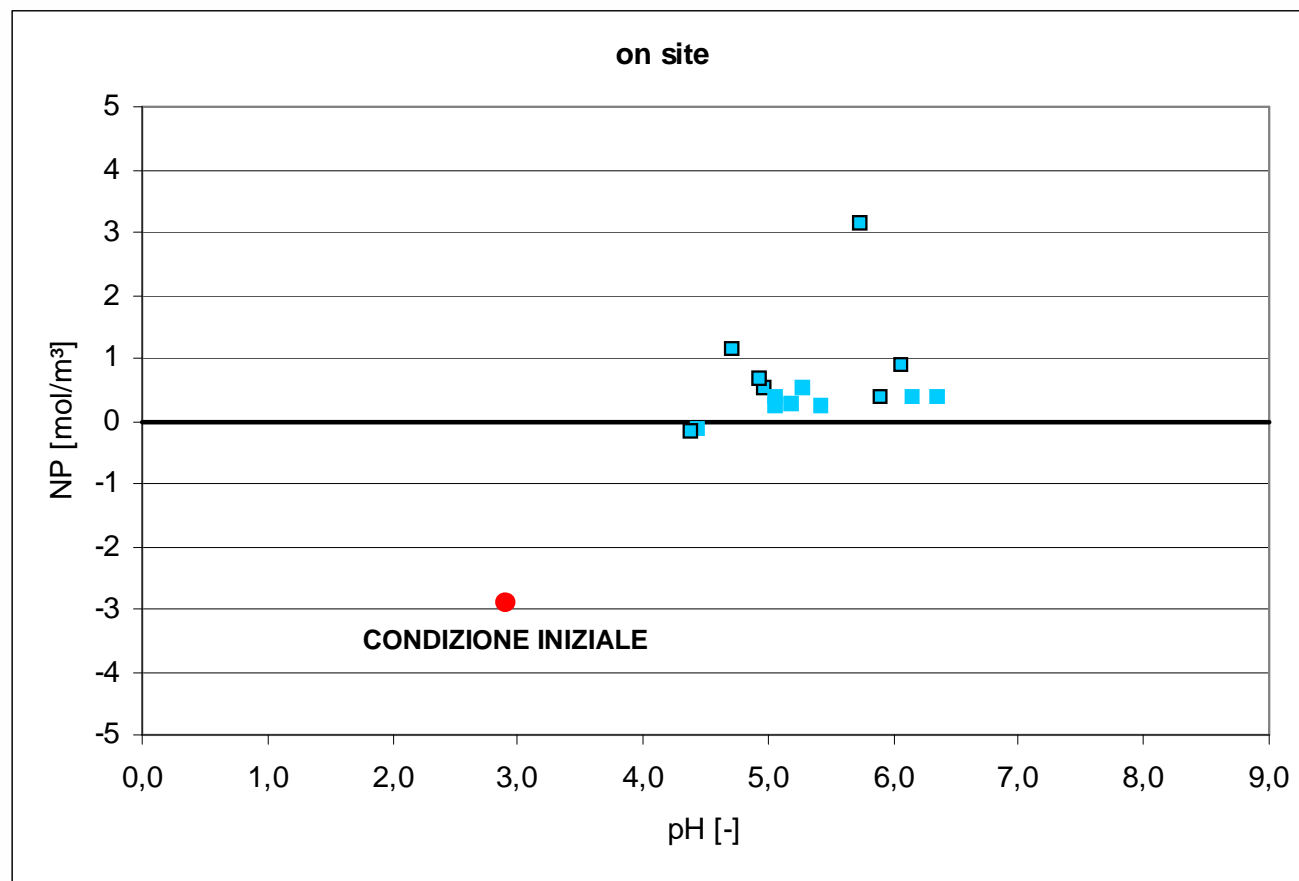
3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.2 Burghammer Site

RISULTATI: Capacità tampone dei sedimenti

- Capacità tampone, solo ceneri (max 0,5 mol/m³, pH 6 – 7).
- Capacità tampone, ceneri trattate con CO₂ (6 volte maggiore, pH<7).



3. Trattamenti on site (floating bioreactor)

3.4 Esperienze operative

3.4.2 Burghammer Site

CONCLUSIONI

La prova ha permesso di verificare l'efficacia del sistema nel mobilizzare i sedimenti (ceneri) dal fondo del lago per uno spessore di circa 1,5 metri.

La miscelazione delle ceneri, tramite air lift con aggiunta di CO₂, ha:

- aumentato la capacità tampone (di neutralizzazione) delle acque del lago.
- ed il pH medio delle acque del lago (da 2,9 a circa 7).



Pierangelo Alesina

 pierangelo_alesina@urscorp.com

 +39 02 422556 325

URS Italia S.p.A.

Via Watt 27 – 20143 Milano