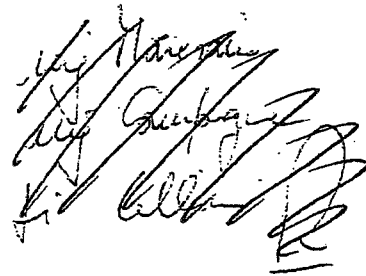


DA: Direzione Ambiente e Sicurezza

A: Ing. Cangialosi Gela
 Ing. Corrias Brindisi
 Ing. Gonzales Cagliari
 Ing. Lucchi Mantova
 Ing. Maiorana Priolo
 → Ing. Raimondi P. Marghera
 Dr Paglia Divisione Poliuretani/Cloro
 Ing. De Lucia Amsi
 p.c.: Ing. Raffaelli DIAL/DIR
 Ing. Pacileo DIAL/APPR
 Ing. Sanseverino DIAL/INGE



PROT. N.	88/99
	15/2/99
EniChem / 73 / 99	

Oggetto: Nota Tecnica: "Linee guida per la bonifica di impianti Cloro-Soda dismessi"

Le esperienze maturate nel gruppo e le difficoltà oggettive che si possono incontrare nella bonifica delle aree Cloro-Soda hanno suggerito l'elaborazione di un approccio generale al problema e l'individuazione di alcune tecnologie commerciali potenzialmente in grado di trattare i materiali contaminati da Mercurio.

L'analisi delle soluzioni tecnologiche disponibili mette in rilievo che non esiste una soluzione valida per tutte le matrici impattate (terreno, strutture in metallo e cemento, falda acquifera) e che per risolvere il problema nella sua globalità occorrerà una combinazione di più tecnologie.

Nell'ambito della definizione di un approccio integrato del problema, si ritiene opportuno che ogni sito interessato predisponga le schede inserite nel rapporto al fine di valutare la idoneità delle tecnologie individuate con approfondimenti specifici che permettano di comparare la loro praticabilità, l'efficienza di rimozione ed i costi rispetto alle modalità di smaltimento tradizionali.

Cordiali saluti.

Dr G. Mirone



San Donato Mil.se, 11/2/1999
 DIR.AMSI/GM/13/mc

A. 18.2.99

EniChem



GROUP

S. Donato Milanese, Dicembre 1998

RAPPORTO (PROT. 94/98)

LINEE GUIDA PER LA BONIFICA DI IMPIANTI CLORO-SODA DISMESSI

ARGOMENTI

- Bonifica Aree Cloro-Soda
- Contaminazione da Mercurio
- Tecnologie di trattamento per Mercurio
- Screening tecnologico

RELATORE

Ing. L. Zaninetta

FUNZIONE

Direzione Ambiente
AMSI/AMBI

1. SOMMARIO

La presente nota prende in esame la problematica relativa alla bonifica delle aree Cloro-Soda.

A partire dalle esperienze maturate nel settore viene delineato un possibile approccio generale a stadi e vengono proposte alcune soluzioni tecnologiche per il trattamento dei materiali contaminati da Mercurio. Le tecnologie sono state selezionate tra oltre 500 processi reperibili sul mercato Americano adottando criteri di applicabilità, di disponibilità commerciale e probabili costi di trattamento.

2. CONCLUSIONI

Questa nota non esaurisce la complessa problematica della bonifica delle aree Cloro-Soda con processi a "catodo di mercurio". Il settore delle bonifiche dei terreni contaminati è in costante e rapida evoluzione e la selezione tecnologica svolta nel presente rapporto è stata concentrata soprattutto sul mercato americano, peraltro particolarmente attivo nel settore. Sulla base del lavoro svolto è però possibile trarre alcune considerazioni:

- l'attività di bonifica non può essere circoscritta alla rimozione del Mercurio delle varie sezioni dell'impianto ed al lavaggio con Pompe ad Alta Pressione (PAP) delle apparecchiature e strutture. Tale attività lascia contaminazioni residue non trascurabili nelle strutture in cemento armato e nelle apparecchiature stesse e, soprattutto, non tiene conto del non trascurabile problema dei terreni contaminati;
- prima di procedere alla bonifica delle aree Cloro-Soda è necessario predisporre una mappatura della presenza di mercurio nell'area di produzione sulla base del lay-out di processo e dell'elenco delle apparecchiature;
- è necessario predisporre indagini idrogeologiche ed analitiche per determinare i livelli di concentrazione del Mercurio nei terreni (interni e limitrofi all'area di produzione), nelle strutture di cemento e di ferro, nei fanghi e nelle acque di falda. Tali indagini consentiranno di individuare i volumi di materiale contaminato da Mercurio che necessiteranno di trattamento/smaltimento, differenziandoli da ciò che può essere, invece, demolito e smaltito secondo canali tradizionali;
- l'analisi delle tecnologie, tradizionali e non, disponibili sul mercato ha messo in rilievo che non esiste una soluzione valida per tutte le matrici impattate e che occorrerà, quindi, una combinazione di più tecnologie per risolvere in modo definitivo il problema;

- la scelta delle tecnologie più idonee dovrà essere preceduta da ulteriori specifici approfondimenti, anche con prove di trattabilità dei materiali contaminati, che permettano una comparazione dell'efficienza di rimozione e dei costi complessivi rispetto agli smaltimenti tradizionali.

3. SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo della nota è duplice:

- definire un possibile approccio generale al problema che, attraverso l'applicazione di una sequenza logica di azioni, permetta di affrontare il problema nella sua globalità
- fornire alcuni orientamenti nella scelta delle soluzioni tecnologiche utilizzabili per il trattamento/smaltimento dei materiali contaminati, individuando alcuni processi commerciali.

4. INTRODUZIONE

La fermata degli impianti "Cloro-Soda" che utilizzano il processo di elettrolisi in celle a catodo di Mercurio pone il problema della bonifica delle aree produttive che presentano contaminazione diffusa da Mercurio. La presenza più o meno marcata di tale metallo impedisce il ricorso a tecniche tradizionali per la demolizione delle strutture e lo smaltimento dei materiali di risulta e complica la scelta tecnologica per il risanamento dei terreni e delle falde contaminati.

Qualsiasi sia il destino finale dell'area (riconversione per altre attività, messa in sicurezza e recupero a verde, conversione del processo da "celle a Mercurio" a Membrane) il primo passo è il recupero del Mercurio e la vendita, quando possibile, del metallo recuperato e delle varie apparecchiature opportunamente "bonificate". L'esperienza ha però dimostrato che questa attività lascia una contaminazione residua da Mercurio nell'area; in particolare risultano contaminati:

- i terreni interni dell'area di produzione, soprattutto quelli della sala celle fino a qualche metro di profondità per contaminazioni che possono anche arrivare a migliaia di ppm;
- i terreni esterni, limitrofi all'area di produzione, contaminati superficialmente per via della ricaduta del Mercurio presente nei gas di aspirazione della sala celle. L'estensione di tale area è fortemente influenzata dalla direzione e dalla forza dei venti dominanti nella zona e la contaminazione può arrivare ad interessare i primi 50 centimetri di spessore con concentrazioni di qualche decina di ppm;
- le strutture di cemento della sala celle, dove il Mercurio risulta adsorbito nell'intonaco delle pareti, nel pavimento, nelle travi di sostegno e nel tetto

dell'edificio. La contaminazione interessa soprattutto lo strato di intonaco (qualche centimetro) con concentrazioni di qualche centinaio di ppm;

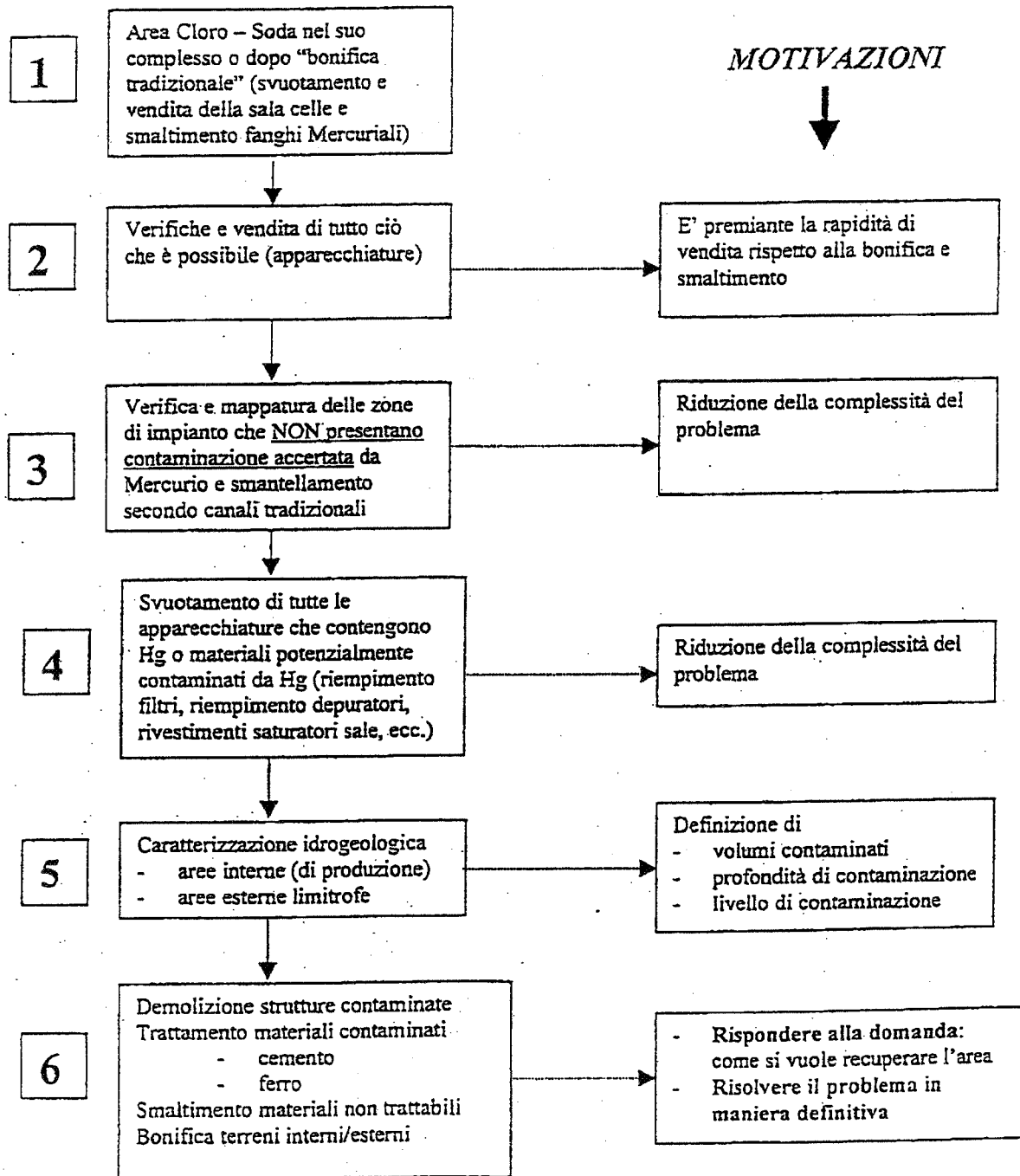
- i percorsi fognari, le canalette, ecc. dove si possono essere accumulati sedimenti contenenti Mercurio;
- le strutture metalliche (gasometri e linee di processo) che presentano Mercurio adsorbito nello strato superficiale;
- le acque di falda sottostanti, interessate per effetto del dilavamento e della percolazione del metallo presente in superficie e nello strato insaturo del sottosuolo.

Il Mercurio è presente soprattutto come metallo (Hg_0), ma occorre tenere presente che la forma chimica del Mercurio è fortemente influenzata dal pH e dal potenziale redox: condizioni ossidanti rendono stabili le forme ioniche (Hg^{2+}), mentre condizioni moderatamente riducenti possono favorire la riduzione del Mercurio organico ed inorganico a Mercurio metallico, a sua volta convertibile biologicamente nelle forme alchilate, tossiche per via della solubilità in acqua e della loro volatilità.

Altro fattore importante, da tenere in considerazione principalmente nella scelta del processo di trattamento, è la distribuzione granulometrica del materiale contaminato, dato che il Mercurio tende ad accumularsi nella frazione fine inferiore ai 100 micron.

5. APPROCCIO DI BONIFICA DELLE AREE CLORO-SODA

Di seguito si presenta un approccio generale della bonifica costituito da una sequenza logica di attività che porta ad una semplificazione progressiva del problema. Oltre a quanto tradizionalmente fatto si evidenziano alcune attività aggiuntive volte a caratterizzare le aree produttive per quantificare le contaminazioni residuali.



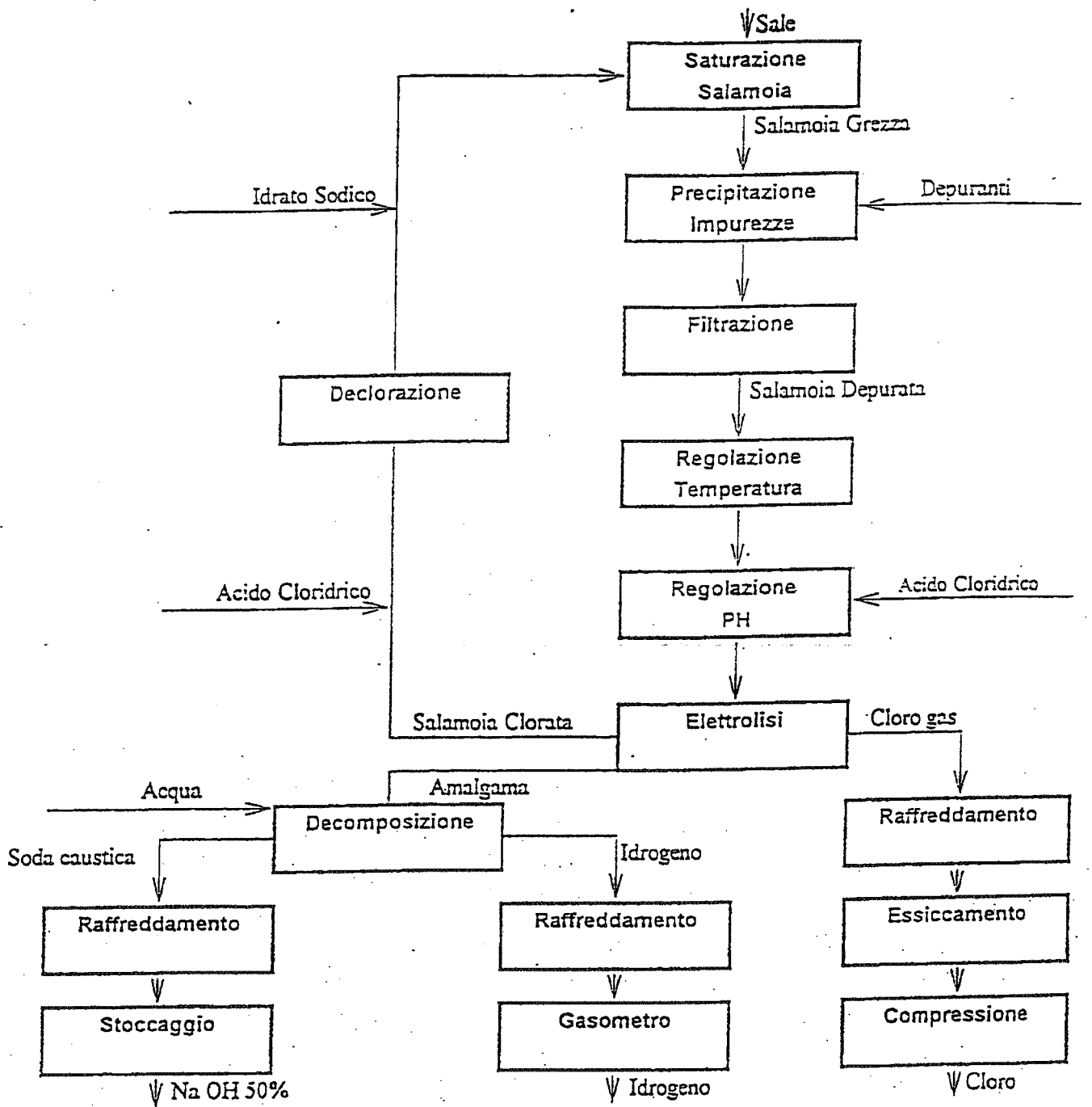
6. ANALISI DELL'APPROCCIO DI BONIFICA

Nel loro complesso le prime quattro azioni devono conseguire i seguenti obiettivi:

- vendere in tempi rapidi tutto ciò che è possibile, tenendo conto che quello che rimane nell'area costituirà in futuro un onere in termini di demolizione e smaltimento
- ridurre la complessità del problema, circoscrivendo le zone a contaminazione certa o fortemente probabile, differenziandole rispetto a quelle a "potenziale presenza di Mercurio" ed a quelle dove il metallo è sicuramente assente, che possono essere quindi trattate secondo canali tradizionali in termini di demolizione e smaltimento

La tabella che segue è stata costruita sulla base dello schema a blocchi della figura seguente che riporta un processo Cloro-Soda tradizionale e riassume le informazioni necessarie per il censimento della presenza di Mercurio e la conseguente mappatura: la tabella dovrà necessariamente essere integrata sulla base dell'esperienza diretta di chi ha operato sull'impianto, delle caratteristiche specifiche del processo e dell'elenco aggiornato delle apparecchiature presenti.

Operazione	Presenza Hg	Sigla (su mappa)	Varie
Preparazione Salamoia - saturatori - serbatoi di depurazione - torri per dechlorurazione aria - filtri kelly			
Elettrolisi - celle - decompositori orizzontali e verticali - canaletta raccolta acque mercuriose - pavimento sala celle - distillatore mercurio - lega di Wood			
Essiccamento Cloro - colonne di riempimento - elettrofiltro (guardia idraulica e raccolta condensato) - serbatoi acido solforico - refrigeranti - serbatoio raccolta condense idrogeno - pompe			
Stoccaggio Soda caustica - serbatoi - bacino di contenimento			



IMPIANTO CLORO - SODA - SCHEMA A BLOCCHI

Operazione	Presenza Hg	Sigla (su mappa)	Varie
Sezione ipoclorito - colonne a riempimento - camini scarico gas esausti - serbatoi di stoccaggio			
Compressione idrogeno - Linee idrogeno in uscita dai refrigeranti - Scaricatori di condensa - Refrigeranti - Soffianti - Abbattitore di Mercurio - Gasometro			
Varie - Sezione di rilancio acqua di raffreddamento - Aste fognarie (bianche e di processo)			

La fase successiva (n° 5 dell'approccio) prevede la caratterizzazione idrogeologica dell'area di impianto e di quelle circostanti potenzialmente contaminate da Mercurio. Allo scopo è necessario che le specifiche tecniche per l'attività di indagine abbiano i seguenti contenuti:

- premessa e scopo delle indagini
- indagini ed attività di bonifica già svolte
- indagini da svolgere sul terreno superficiale
- indagini da svolgere nel sottosuolo
- valutazione contaminazione nelle strutture metalliche e di cemento
- mappatura delle parti di impianto "con diffusa presenza di Mercurio"
- mappatura delle parti di impianto con potenziale presenza di Mercurio
- controlli ambientali necessari per chi svolgerà le indagini

I risultati della caratterizzazione idrogeologica dovranno consentire la compilazione della seguente tabella:

Matrice contaminata	Quantità M ²	Stima concentrazione Mercurio (ppm)	Forma chimica Hg (H ²⁺ o Hg ⁰)
Terreni superficiali interni (definire la % dell'area di impianto interessata da contaminazione)			
Terreni superficiali esterni (quantificare le aree limitrofe all'isola, contaminate per effetto della ricaduta da camino dell'aspirazione della sala celle)			
Acque di falda: verificare su piezometri di controllo a monte e a valle dell'isola l'eventuale contaminazione da Hg			
Strutture in cemento (plinti, pavimento, tetto, pareti della sala celle, fogne, canalette, ecc.)			
Strutture metalliche (gasometro, altri apparecchi e tubazioni di processo)			

7. ANALISI DELLE TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO

Sulla base delle informazioni acquisite e, soprattutto, in base ai dati quantitativi e qualitativi contenuti nella tabella precedente è possibile procedere alla selezione della tecnologia o della sequenza tecnologica idonea al trattamento/smaltimento dei materiali contaminati da Mercurio.

Le principali tecniche applicabili a materiali che presentano contaminazione da Mercurio sono:

- Estrazione acida
- Trattamento chimico ossido/riduttivo
- Trattamento chimico dedicato
- Lavaggio del suolo
- Desorbimento termico
- Solidificazione/Stabilizzazione
- Estrazione piro - metallurgica

Nella tabella seguente si riassumono le principali caratteristiche dei processi elencati, includendo anche una stima dei costi di trattamento. Il grado di incertezza di questi ultimi è dovuto alla grossa influenza di fattori quali la potenzialità, le concentrazioni degli inquinanti presenti, la tipologia del materiale trattato, la percentuale di umidità presente, ecc., da accertare caso per caso.

	Lavaggio del suolo	Estrazione piro metallurgica	Solidificazione / Stabilizzazione	Lavaggio in-situ del suolo	Desorbimento termico	Trattamento chimico
Costo (\$/ton)	60 - 245	250 - 260	60 - 290	60 - 165	200 - 500	15 - 50
Effetti a lungo termine	+	+	+	<<	+	+
Disponibilità commerciale	+	+	*	+	+	*
Accettazione	+	+	+	*	+	*
Applicabilità alle alte concentrazioni	+	+	+	+	+	<<
Applicabilità a rifiuti misti (organici e metalli)	*	<<	+	+	+	*
Riduzione della tossicità	<<	<<	<<	<<	+	*
Riduzione della mobilità	<<	<<	+	<<	+	+
Riduzione del volume	+	+	<<	+	+	+

Legenda

(+) buona

(*) media

(<<) inadeguata

Le tabelle successive riassumono il risultato di una selezione di tecnologie disponibili commercialmente e idonee, in base alle caratteristiche fornite dai costruttori, a rimuovere il Mercurio dalle varie tipologie dei materiali potenzialmente contaminati dal metallo. Questo primo processo di selezione ha preso in esame oltre 500 processi commerciali presenti sul mercato Americano¹ per il trattamento di terreni e/o fanghi contaminati e ha permesso di identificare dieci tecnologie potenzialmente idonee allo scopo, delle quali si riportano in tabella le principali caratteristiche e gli estremi del fornitore.

Un primo, preliminare, approfondimento ha permesso una ulteriore selezione di delle sei tecnologie evidenziate (in grigio nella tabella), scelte sulla base di una loro effettiva applicazione al disinquinamento di materiali provenienti da aree Cloro-Soda.

Per queste sei tecnologie si riportano in allegato alcune schede sintetiche con le principali indicazioni tecniche ed economiche.

¹ Negli Stati Uniti è stato avviato da oltre 15 anni il programma *SUPERFUND* che ha consentito lo sviluppo, su scala industriale per le più promettenti, di tecnologie di trattamento di terreni, fanghi e altri materiali contaminati, alternative a quelle tradizionali (incenerimento e discarica).

No.	Tecnologia e riferimenti	Tipo/Descrizione	Potenzialità e disponibilità commerciale	Note tecniche	Costi (Esclusi scavo, permessi e smaltimenti dei residui)
1	<p>Heavy Metal Recovery (KMS Concentrator)</p> <p>Phase Remediation Inc. 71 Ilsey Avenue, Unit 10 Dartmouth, Nova Scotia B3B 1L5 Tel: (902) 468-3438 Fax: (902) 468-4623 e-mail: webdev@enviroaccess.ca</p> <p>Metals Recovery and Recycling System</p> <p>Environmental Technologies International - 3 Park Plaza Suite 215 Wyomissing, Pennsylvania 19610 USA Tel: (610) 3764104 Fax: (610) 3769102 e-mail: ietc@prolog.net</p>	<p>Separazione gravimetrica ad umido</p> <p>Vagliatura ad umido, separazione per gravità, dewatering e riciclo liquido</p> <p>Estrazione acida</p> <p>Separazione fisica dei materiali, estrazione chimica, riciclo liquido</p>	<p>Unità pilota da 20 ton/day Unità industriale da 5 ton/h Sistema mobile (8m x 1.5m, H=6m)</p> <p>6 impianti costruiti</p> <p>Processo semi continuo</p> <p>Unità industriale da 7-12 ton/h</p> <p>1 impianto industriale costruito ed 1 in costruzione</p> <p>Sistema mobile (spazio richiesto per una unità da 10 ton/h è di 25mx25m, esclusi gli stoccaggi)</p> <p>Esiste la possibilità di condurre prove di laboratorio per messa a punto condizioni di processo</p>	<p>La presenza di fini (< 50 µm) da problemi di separazione</p> <p>Frazioni limose/argillose comportano incrementi di costi (unità di separazione aggiuntive)</p> <p>Necessità di trattamento e riciclo del fluido di separazione</p> <p>La presenza di materiale poroso non friabile e di sostanze organiche complica il processo ed aumenta i costi</p> <p>Massima cura deve essere data alla fase di separazione dei materiali prima della fase di estrazione</p> <p>Tecnologia specifica per Metalli Pesanti</p>	<p>Non definiti</p> <p>100 - 250 \$/ton (generalmente inferiori alla discarica, o al lavaggio e alla stabilizzazione)</p> <p>600 ton di terreni con 300-5000 ppm di <u>Hg provententi da impianto Cloro-Soda</u> sono stati trattati fino a 5-50 ppm a 350 \$/ton</p>

N°	Tecnologia e riferimenti	Tipo/Descrizione	Potenzialità e disponibilità commerciale	Note tecniche	Costi (Escluso scavo, permessi e smaltimenti dei residui)
5	<p><i>IRHV-200 High Vacuum Low Temperature Thermal Desorption</i></p> <p>McLaren/Hart Environmental Engineering - 9323 Stockport Place Charlotte, North Carolina 28273 - USA Tel: (704) 5870003 Fax: (704) 5870693 e-mail: jeff_oham@mcclaren-hart.com</p>	<p>Desorbimento termico</p> <p>Forno fisso con riscaldamento IR, sotto vuoto</p>	<p>Tecnologia batch (riscaldamento per 2/3 ore sotto vuoto ad infrarosso - 350000 Kcal/h)</p> <p>Unità industriale da 20-140 ton/giorno</p> <p>5 impianti costruiti</p> <p>Esiste un pilota per prove (quantità minima 5-15 m³)</p>	<p>L'umidità (se >20%) allunga i tempi di processo del 30/40%</p> <p>Tecnologia applicabile anche a suoli con presenza di organici</p>	<p>50-150 \$/ton</p> <p>1000 tonnellate di <i>suoli da Cloro Soda contaminati da 20-8500 ppm di Hg</i> sono stati decontaminati fino a 1-20 ppm a costi di 350 \$/ton</p> <p>1500 ton di suoli e fanghi, di varia provenienza, contaminati da 20-6200 ppm di Hg sono stati decontaminati fino a 1-20 ppm a costi di 300 \$/ton</p> <p>650-1000 \$/ton</p> <p><i>Tecnologia dedicata</i> per suoli, fanghi ed altri materiali derivanti da impianti Cloro-Soda, contaminati da Mercurio (concentrazione prima del trattamento da 250 - 500.000 ppm, dopo il trattamento 0-5 ppm)</p>
5	<p>Mercury Removal/Recovery Process</p> <p>Mercury Recovery Services Inc. - 700 Fifth Avenue New Brighton, Pennsylvania 15066 USA Tel: (412) 8435000 Fax: (412) 8435353 e-mail: mercury@mrs-inc.com</p>	<p>Desorbimento termico</p> <p>Miscelazione con additivo, inserimento in forno fisso con riscaldamento elettrico</p>	<p>Unità industriale da 0.5 - >10 ton/h</p> <p>Un solo impianto costruito ed 1 in costruzione</p> <p>Esiste un pilota (batch) per prove (minimo 250-500 kg di materiale)</p>	<p>Alti contenuti di umidità penalizzano il processo</p> <p>Temperature da 150 - 750 °C</p> <p>Applicabile anche a materiali fini (limi, argille, etc)</p> <p>In grado di recuperare Hg metallico al 99% di purezza</p> <p>La presenza di umidità richiede uno stadio aggiuntivo di essiccamento del materiale da trattare</p>	<p>100-5000 \$/ton</p> <p>Non è specifico per Mercurio</p>

N°	Tecnologia e riferimenti	Tipo/Descrizione	Potenzialità e disponibilità commerciale	Note tecniche	Costi (Esclusi scavo, permessi o smaltimenti dei residui)
6	<p><i>Desorbimento termico</i></p> <p>Thermal Corp. - 12801 Stemmons Freeway - Suite 803 Farmers Branch, Texas 75234 USA Tel: (972) 6207222 Fax: (972) 2414541 e-mail: thermal@onramp.net</p>	<p>Desorbimento termico</p> <p>Pretrattamento (es: macinazione materiale grossolano), forno rotante, trattamento off-gas</p>	<p>Forno rotante a riscaldamento indiretto</p> <p>Unità (mobile) industriale batch (il continuo è in corso di sviluppo) con potenzialità pari a 1-2 ton ogni 4 ore</p> <p>1 impianto costruito ed 1 in costruzione</p> <p>Processo continuo</p> <p>Unità industriale da 50 ton/h</p> <p>3 impianti costruiti</p>	<p>La presenza di umidità incrementa i costi del trattamento</p> <p>Temperatura 650°C, opera sotto vuoto</p>	<p>200-500 \$/ton</p> <p>E' stato sperimentato su scala industriale per la rimozione del Mercurio da suoli contaminati provenienti da impianti Cloro-Soda</p>
7	<p><i>BESCORP</i></p> <p>Brice Environmental Services Corporation - P.O. Box 78 - 554 Route 31 - Ringoes, New Jersey 08551 - USA Tel: (908) 8063655 Fax: (908) 8063293 e-mail: bescorp@briceinc.com</p>	<p>Lavaggio suolo</p> <p>Separazione ad umido, separazione per gravità, dewatering, trattamento acque e riciccolo</p>	<p>Tecnologia applicabile sia in-situ (via percolazione della soluzione stabilizzante) che ex-situ (unità disponibili da 1 a 400 m³/h)</p> <p>2 sistemi già realizzati</p>	<p>Le potenzialità sono fortemente influenzate dalla presenza di fini</p>	<p>25-75 \$/ton</p> <p>Non specifico per Mercurio</p>
8	<p><i>TR-DETOX</i></p> <p>ETUS inc. 1511 KASTNER PLACE Sanford Florida 32771 USA Tel: (407) 3217910 Fax: (407) 3213098 e-mail: dumke@envy-sol.com</p>	<p>Trattamento chimico ossido-riduttivo</p> <p>Miscelazione del materiale con additivo dosato elettronicamente</p>	<p>Processo continuo, impianto modulare</p> <p>1 impianto costruito</p> <p>Unità industriale da 2 - 20 ton/ora</p>	<p>Necessita di test pilota per mettere a punto la necessaria formulazione</p> <p>Riduzione dei metalli a complessi organometallici (composto chiave è il poltiocarbonato di sodio)</p>	<p>20-50 \$/ton</p> <p>1/4 rispetto alla inertizzazione con cemento</p> <p>Specificata per metalli pesanti e potenzialmente applicabile anche in presenza di contaminanti organici</p> <p>Occorre verificare l'efficacia per Hg</p>
9	<p><i>Hydro-Sep</i></p> <p>Metcalf & Eddy, Inc. 1201 Peachtree Street, NE 400 Colony Square, suite 1101 Atlanta Georgia 30361 USA Tel: (404) 881-8010 Fax: (404) 872-3161 e-mail: sepi@smith@air_water.com</p>	<p>Soil Washing</p> <p>Classificazione granulometrica, separazione gravimetrica e lavaggio in soluzione acquosa</p>	<p>Fattori che influenzano i costi sono la presenza dell'umidità (se > del 25%) e di fini (< 200 mesh)</p>	<p>50-125 \$/ton</p> <p>Occorre verificare l'efficacia per Hg</p>	

No.	Tecnologia e riferimenti	Tipo/Descrizione	Potenzialità e disponibilità commerciale	Note tecniche	Costi (Esclusi scavo, permessi e smaltimenti dei residui)
	<p><i>MBS (Molecular Bonding System)</i></p> <p>SOLUCORP Industries 250 W. Nyack Road W. Nyack, New York 10994 -- USA Tel: (914) 623-2333 Fax: (914) 623-4987</p>	<p>Trattamento chimico</p> <p>Separazione fini e/o riduzione a dimensioni < di 50 mm, miscelazione con reagenti chimici in polvere a base di solfuri</p>	<p>Valida sia in-situ che ex-situ, continuo e discontinuo</p> <p>Unità industriale mobile da 250 ton/ora</p> <p>Potenzialità disponibili da 25-500 ton/ora</p> <p>3 impianti costruiti</p>	<p>Non va bene per materiali con dimensioni < di 50 mm</p> <p>Alle potenzialità dovute a tempi di miscelazione molto brevi (30 secondi dichiarati dalla ditta)</p>	<p>15-40 \$/ton</p> <p><i>Specifica per suoli, fanghi, ecc.</i></p> <p><i>Sperimentata sulla</i></p>