

# Tecnologie di rimozione dell'arsenico

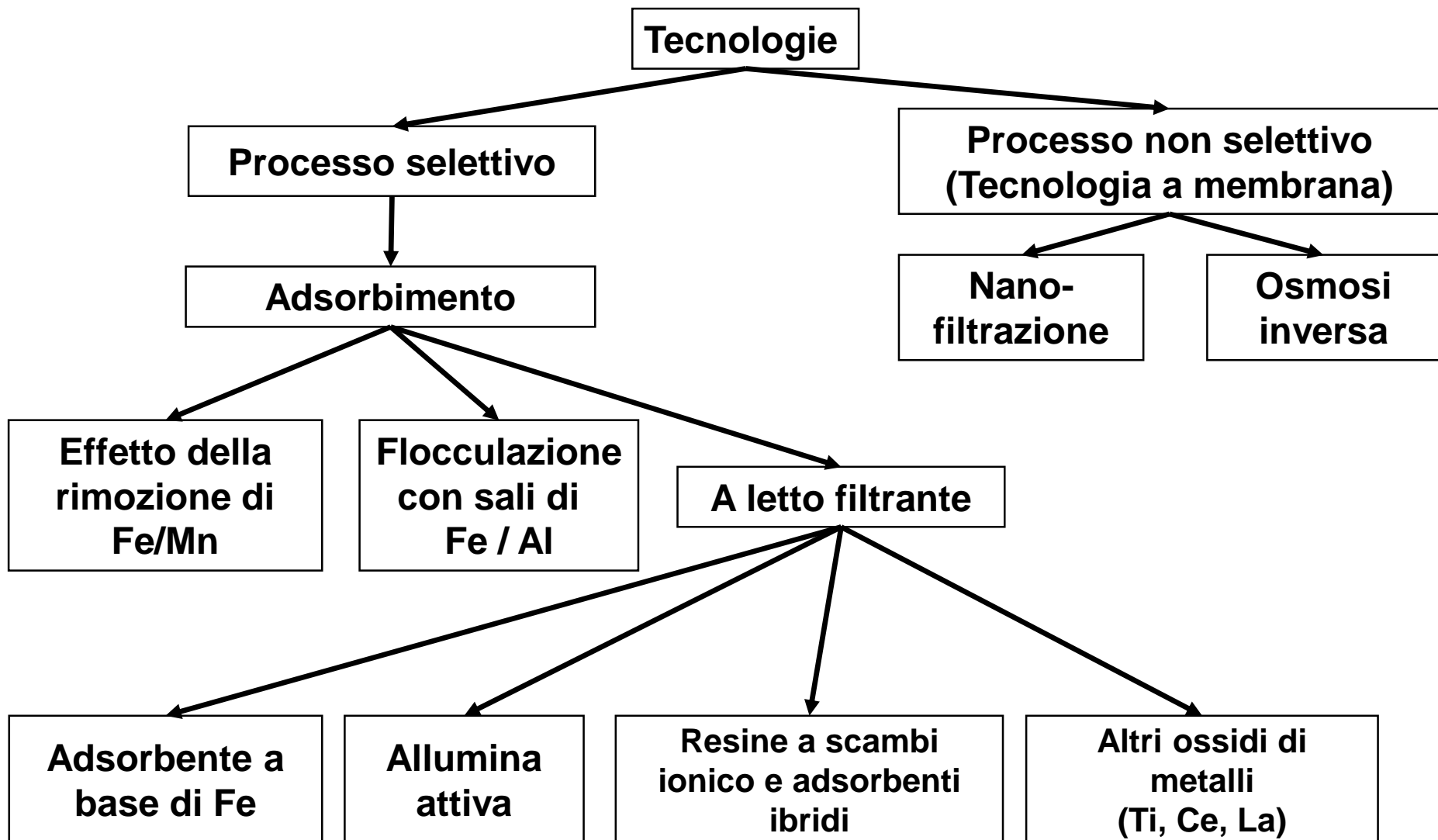
Acque e Chimici  
di  
Nicolas von Orelli



# Processi di ossidazione, adsorbimento e separazione

Trattamento avanzato			Membrane (NF,UF)	
		Sistemi ibridi (C-MF)		
	Ossidazione biologica			
		<b>Adsorbimento con Fe</b>		
		Allumina attivata		
		Resine a scambio ionico		
	Trattamento convenzionale		Rimozione sotterranea	
			Rimozione di Fe/Mn	
		Ossidazione chimica	<b>Coagulazione</b>	
	Ossidazione	Adsorbimento	Separazione	

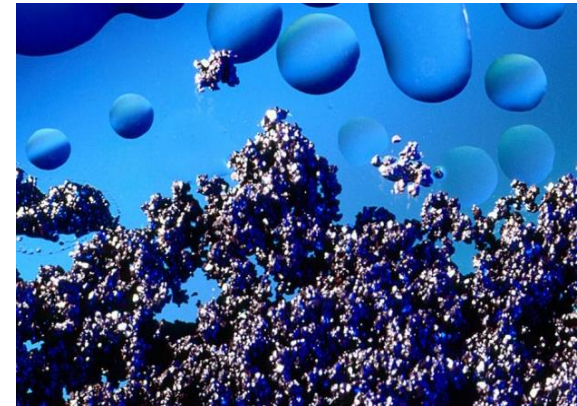
# Tecnologie per la rimozione dell'arsenico dall'acqua potabile



# Adsorbimento con adsorbente a base di Fe (idrossido ferrico)

## Descrizione

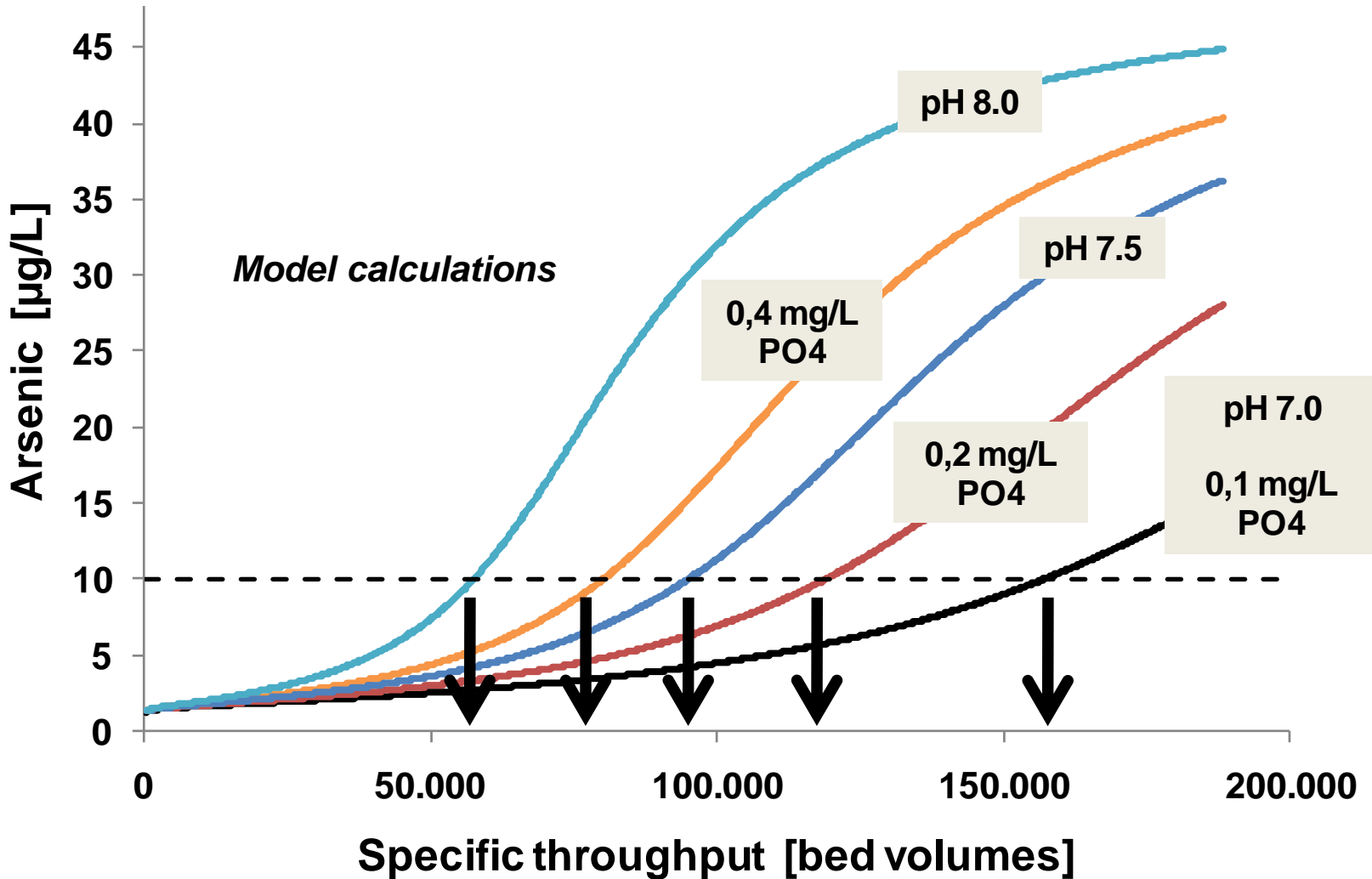
- L'arsenico è rimosso tramite un letto fisso adsorbente ad idrossido ferrico in formato granulare
- L'adsorbente deve essere sostituito quando è esaurito
- La qualità del prodotto deve rispettare la direttiva EN DIN 15029



GEH Wasserchemie GmbH & Co. KG

- ✓ **Non necessita di personale qualificato**
- ✓ **Poca manutenzione e grande affidabilità**
- ✓ **Lunga durata del ciclo produttivo**
- ✓ **Tecnologia usata in più di 2000 impianti a livello mondiale**
- ✓ **Non produce fanghi**
- ✗ **La capacità di adsorbimento dipende dal pH e dalla composizione dell'acqua (anioni concorrenti)**
- ✗ **Adsorbente deve essere sostituito ciclicamente**

# Rimozione dell'arsenico con l'idrossido ferrico vs. PO4 & pH



# Adsorbimento con allumina attiva



AXENS IFP Group Technologies

## Descrizione

- L'arsenico è rimosso tramite un letto fisso adsorbente di allumina attiva in forma granulare
- L'adsorbente deve essere rigenerato o sostituito quando è esaurito

✓ **Impianto dalla struttura semplice e di facile gestione**

✓ **Costo relativamente basso**

✗ **Capacità di adsorbimento minore rispetto agli adsorbenti a base di ferro**

✗ **La capacità di adsorbimento dipende molto dal pH**

✗ **Con pH alto, problemi di lisciviazione**

✗ **Poco utilizzato nella pratica**

# Resine a scambio ionico

## Descrizione

- Resine sintetiche rimuovono l'arsenico e altri ioni dall'acqua tramite scambio ionico
- Le resine a scambio ionico devono essere rigenerate quando sono esaurite
- Resine ibride (ricoperte di idrossido ferrico)



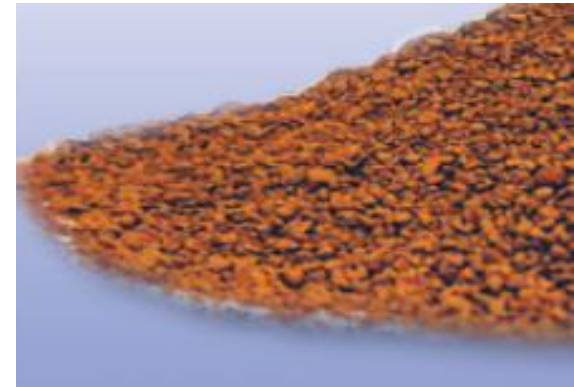
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ion\\_exchange\\_resin\\_beads.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ion_exchange_resin_beads.jpg)

- ✓ **Eliminano anche altri ioni dall'acqua**
- ✓ **La resina può essere rigenerata**
- ✓ **Buona proprietà idraulica**
- ✓ **Velocità di reazione alta**
- ✗ **Bassa selettività per l'arsenico; La capacità è diminuita dai solfati, nitrati, Fe(III)**
- ✗ **Non rimuove As(III)**
- ✗ **A causa del breve ciclo di vita, le resine devono essere rigenerate regolarmente**
- ✗ **La rigenerazione richiede prodotti pericolosi da gestire e costosi da smaltire**
- ✗ **Alto costo del materiale**
- ✗ **Meno usato nella pratica**

# Altri adsorbenti

## Descrizione

- Vari ossidi di metallo e altri prodotti sintetici vengono utilizzati come adsorbenti dell'arsenico (biossido di titanio, ossido di lanthanum, ossido di zirconium).
- L'adsorbente deve essere rigenerato o sostituito quando è esaurito



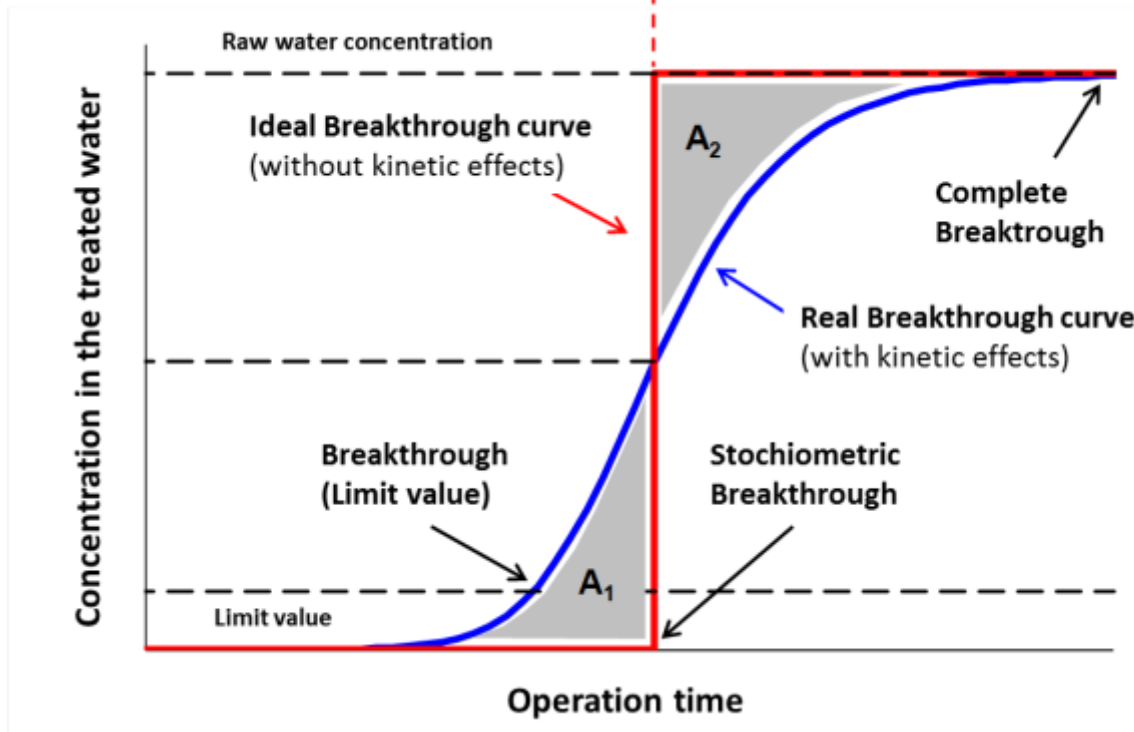
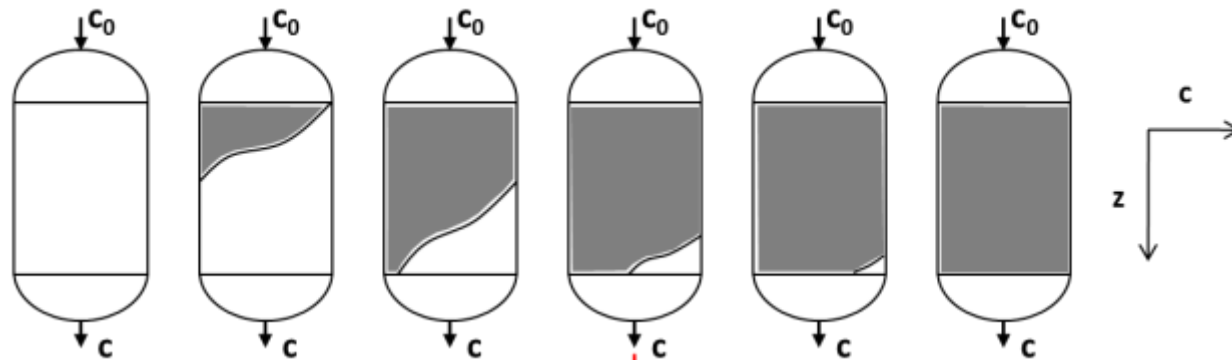
EP Minerals

✓ **Nuovi materiali, mostrano nei test di laboratorio buone capacità di adsorbimento**

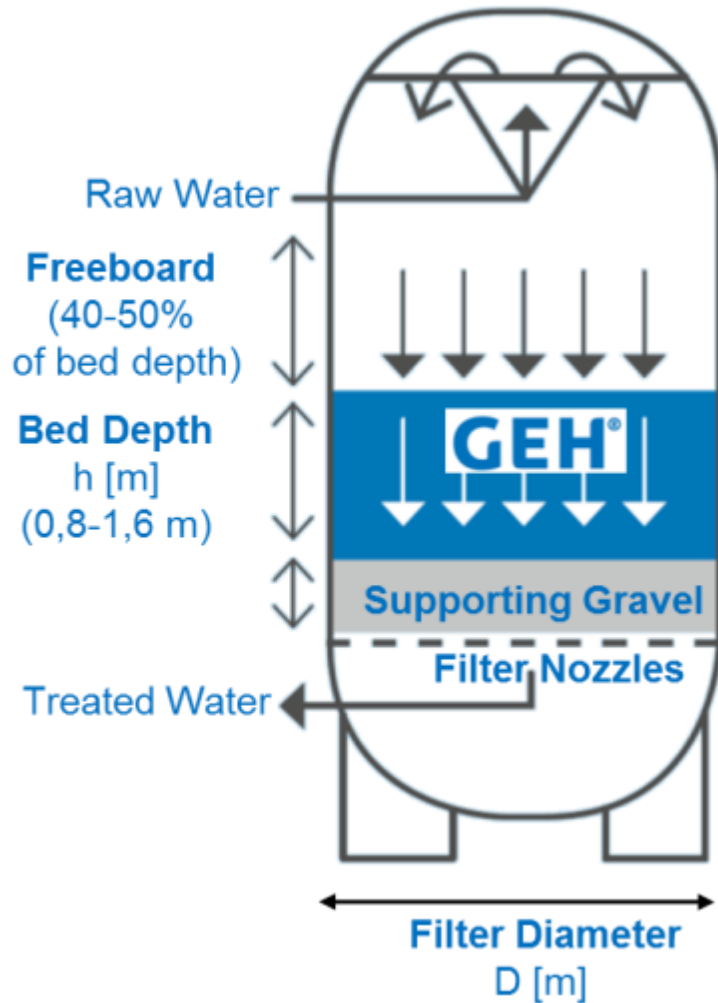
- ✗ **La durata media dipende dalla composizione dell'acqua greggia**
- ✗ **I risultati di laboratorio non sempre sono confermati nella pratica**
- ✗ **Esperienza pratica limitata con i nuovi materiali (referenze limitate)**
- ✗ **Prezzi molto alti per prodotti altamente tecnologici o prezzi bassi per prodotti di bassa qualità (es. materiali riciclati) che mostrano una debole capacità di adsorbimento**
- ✗ **Il metallo applicato potrebbe essere problematico ai fini dell'utilizzo dell'acqua potabile**  
→ **Lisciviazione**



# Come funziona l'adsorbimento?



# Filtro ad idrossido ferrico



Flow Rate  
 $Q$  [m<sup>3</sup>/h]

Bed Volume  
 $BV$  [m<sup>3</sup>]  
 $BV = h \times \pi(D/2)^2$

Filtration Speed  
 $v$  [m/h]  
(10-15, max 20 m/h)  
 $v = Q / \pi(D/2)^2$

Empty bed  
contact time  
EBCT [min]  
(>3 min)  
 $EBCT = BV / Q$



Vista dal basso verso l'alto



Base del filtro  
provvista di  
ugelli

# Diverse dimensioni di filtro



**Filtri in parallelo**  
**1.300m<sup>3</sup>/h**  
**188m<sup>3</sup> di adsorbente**



**Filtri di medie dimensioni**



**Trattamento acqua per una casa**



**Cartucce per piccoli filtri**

# Prodotti commerciali (alcuni esempi)

**GEH**<sup>®</sup>

**LANXESS**  
Energizing Chemistry

**Axens**  
EP Group Technologies

**Dow**

Graver Technologies

**Purolite**

**Solmetex**<sup>®</sup>  
a division of Layne Christensen Company

**EP Minerals**<sup>®</sup>

**Adsorbente**

**Produttore**

## Adsorbente a base di ferro

**GEH 102**

**GEH**

Bayoxide Sorb E33

LANXESS AG

ARM200

BASF / Engelhard

CFH12

Kemira

## Adsorbente a base di allumina

ActiGuard AAFS50

AXENS

## Adsorbente a base di titanio

Adsorbsia GTO

DOW Chemicals

MetSorb

HydroGlobe, Graver Technologies

## Adsorbenti ibridi

Lewatit FO36

LANXESS AG

FerrIX A33E / ArsenX<sup>np</sup>

PUROLITE

LayneRT

SOLMETEX

## Resine a scambio ionico (IEX)

A300E

PUROLITE

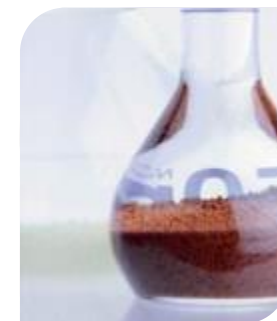
## Altri adsorbenti a base di ossidi di metallo

NXT-2 (La-oxide)

EP Minerals

ISOLUX (Zr-oxide)

MEL Chemicals

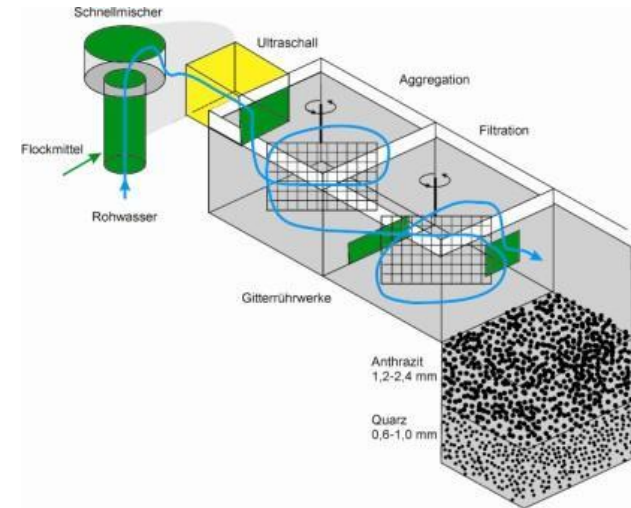


# Flocculazione con Fe/AL

## Descrizione

- Sali di Fe /Al vengono dosati nell'acqua dando luogo a flocculazione / precipitazione
- L'arsenico è assorbito dai fiocchi
- I fiocchi vengono rimossi per sedimentazione o filtrazione

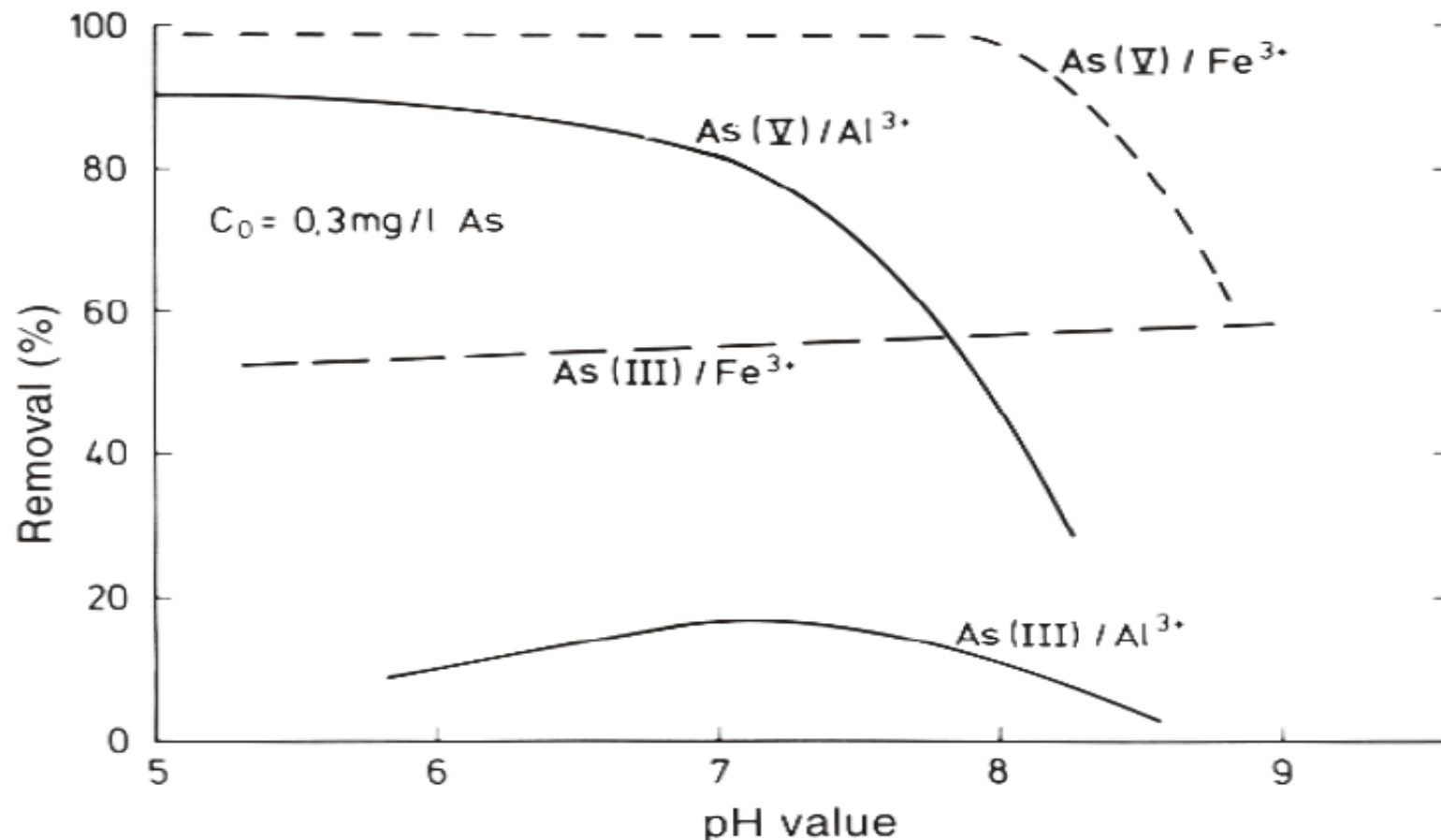
- ✓ **Tecnologia standard conosciuta**
- ✓ **Simultaneamente viene eliminata anche la torbidità**
- ✓ **Costo relativamente basso della chimica (FeCl<sub>3</sub>)**
- ✓ **Spesso vantaggioso per grandi impianti**



Rif: Website [Wahnachtalsperrenverband \(WTV\)](#)

- ✗ **L'impianto è relativamente complesso**
- ✗ **Richiede personale qualificato**
- ✗ **L'acqua di controlavaggio spesso supera i 200 µg di arsenico**
- ✗ **Viene prodotto fango che deve essere smaltito**

# Eliminazione del As(III) e del As(V) con la flocculazione Al e Fe-III



Fonte: Technische Universität Berlin

# Effetto della rimozione di Fe/Mn

## Descrizione

- L'acqua sotterranea asfittica di solito contiene ferro/manganese disciolti
- Fe/Mn sono rimossi con ossidazione e filtrazione/decantazione
- L'arsenico viene adsorbito dai fiocchi di Fe/Mn
- Capacità di assorbimento approssimativa:  
1 mg/L Fe per rimuovere 100 µg/L As



Iron/ Manganese removal plant, Wikipedia, Petr Novák

- ✓ **L'arsenico viene rimosso simultaneamente → Non è necessario un trattamento aggiuntivo**
- ✓ **La rimozione di Fe/Mn è una tecnologia standard**
- ✗ **Il grado di efficienza di rimozione dell'arsenico dipende dal rapporto Fe/As e dall'efficienza di rimozione del Fe**
- ✗ **Non è garantito che l'arsenico venga rimosso sotto al valore limite**
- ✗ **Di solito è necessario un ulteriore processo di trattamento per la completa rimozione**

# Tecnologie a membrana (NF / RO)

## Descrizione

- Come altri ioni, l'arsenico è respinto dalle membrane a osmosi inversa e in parte dalle membrane a nanofiltrazione.
- L'arsenico rimosso si accumula nel fango separato



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Northcapecoral-RO.jpg>

- ✓ **Tecnologia non selettiva**  
→ Rimuove anche altri contaminanti
- ✓ **Tecnologia nota**
- ✓ **Design modulare**  
(→ facilmente adattabile/modulabile)

- ✗ **Tecnologia non selettiva**  
→ Rimuove anche altri componenti (acqua deionizzata)
- ✗ **In genere necessario un pretrattamento**
- ✗ **Produce fango ad alto contenuto di arsenico**
- ✗ **Elevato impiego di energia**
- ✗ **Processo altamente tecnologico con alti costi di investimento**
- ✗ **La manutenzione richiede personale specializzato**



# Smaltimento



- ❑ **L'arsenico legato all'idrossido ferrico non viene rilasciato in condizioni di pH neutro e redox positivo** (come ad esempio dimostrato dalla procedura delle caratteristiche di tossicità del percolato del EPA U.S.)
- ❑ **In ogni caso, l'idrossido ferrico consumato è da considerarsi potenzialmente un rifiuto pericoloso. Il costo di smaltimento va da 1 a 3 CHF / Kg da verificare caso per caso**
- ❑ **Fanghi o chimici di lavaggio contenenti più di 200 µg di arsenico vanno trattati o smaltiti da ditte specializzate (anche l'acqua di controlavaggio non può superare i 200 µg di arsenico)**

# Conclusioni

- ✓ **Per ogni progetto è necessaria una valutazione individuale per identificare la soluzione appropriata, tenendo conto di vari fattori come la composizione dell'acqua e la dimensione dell'impianto**
- ✓ **Letti filtranti fissi che usano adsorbenti a base di ferro (come idrossido ferrico granulare) sono la tecnologia all'avanguardia per la rimozione selettiva dell'arsenico**
- ✓ **I metodi convenzionali di precipitazione/flocculazione sono una buona opzione per i grandi impianti di trattamento che devono anche rimuovere la torbidità e/o altri componenti dall'acqua greggia**
- ✓ **Tecnologie a membrana sono adatte se devono essere rimosse più sostanze dall'acqua (es. NO<sub>3</sub>, durezza)**
- ✓ **Con la rimozione del Fe/Mn viene rimosso anche del arsenico**

# Grazie per l'attenzione



Nicolas von Orelli  
Acque e Chimici  
[info@acqueechimici.ch](mailto:info@acqueechimici.ch)  
0796595367

