



# ECOSERDIANA S.p.A.

Workshop "Interventi di salvaguardia ambientale"

Roma – 23 novembre 2017

Soil Washing e trattamenti acque: tecnologie di bonifica complementari

Relatore: Dott. Raffaele Congiu

## SOIL – WASHING

---

- Tecnica on – site o off – site in cui il contaminante è rimosso dal terreno e trasferito nella fase liquida mediante processi di dissoluzione e/o dispersione
- Il liquido di lavaggio è in genere l'acqua
- Questa può essere eventualmente addizionata di opportuni chemicals (tensioattivi per gli idrocarburi, acidi per i metalli...)

- **APPLICABILITÀ:** Idrocarburi, IPA, PCB, Solventi Organici, Metalli pesanti
- **VANTAGGI:** Versatilità (scelta del fluido estraente)
- **LIMITAZIONI:** Non esaustivo se la frazione più fine (limi + argille) risulta essere in quantità  $> 30\%$ . Durante il processo, i contaminanti passano dalla matrice suolo in una matrice liquida, con conseguente generazione di un refluo inquinato.

- Le tipologie di terreno che tipicamente vengono trattate in un impianto di Soil – Washing provengono generalmente da:
  - Siti industriali dismessi
  - Attività di scavo e bonifica
  - Scavi a seguito di sversamenti
  - Impianti chimici, depositi di materie prime
  - Dragaggio di sedimenti

## SOIL – WASHING. CARATTERISTICHE DEL TERRENO

	Diametro (mm)	Superficie specifica (m <sup>2</sup> /g)
Sabbia	0.05 – 2	$(22.7 \div 1.1) \cdot 10^{-3}$
Limo	0.002 - 0.05	$45.4 \cdot 10^{-3}$
Argilla	< 0.002	150 - 700
Sostanze umiche	-	> 800

**REATTIVITA'**



***Capacità  
Adsorbimento  
inquinanti***

## SOIL – WASHING. CONTAMINANTI TIPICI

---

- Benzene, toluene, xilene, etilbenzene (BTEX)
- Idrocarburi clorurati
- Oli minerali
- Fenoli
- Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
- Cianuri
- Metalli pesanti
- Materiali grossolani (plastica, ferro, legno, etc.)

## SOIL – WASHING. PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

---

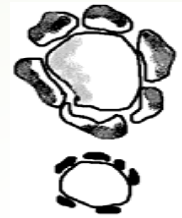
- La contaminazione si concentra preferenzialmente nelle frazioni più fini (limi, argille, sostanze umiche)
- Il principio del trattamento è il trasferimento degli inquinanti presenti nella matrice terreno (fase solida) al fluido estraente (fase liquida) e viceversa
- Il terreno viene suddiviso in diverse classi granulometriche (ghiaie, sabbie, limi, argille) attraverso sistemi a umido

- L'utilizzo di specifici agenti chimici (tensioattivi, acidi, etc.) può favorire il trasferimento della contaminazione presente in forma adesa o adsorbita sulle frazioni granulometriche grossolane
- Il risultato del trattamento è la possibilità di riutilizzo delle frazioni granulometriche 'lavate' (ghiaie, sabbie) e la riduzione del quantitativo di rifiuti conferiti in discarica

## SOIL – WASHING. PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

La contaminazione può essere presente:

➤ Agglomerata e adesa sulla superficie delle frazioni grossolane



URTI, ABRASIONE  
SFREGAMENTI



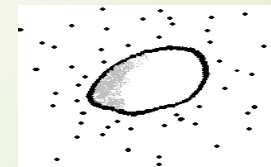
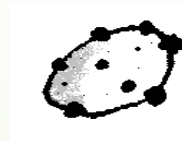
➤ Adesa sulla superficie dei grani (es. strato oleoso...)



FLUIDI ESTRAENTI SOLVENTI



➤ Adsorbita chimicamente sulla superficie dei grani (es. metalli...)



Contaminazione in fase  
**DISCIOLTA O DISPERSA**

## SOIL – WASHING. FUNZIONALITA'

---

- Disponibilità di adeguati volumi di stoccaggio, sia in ingresso che in uscita (caratterizzazioni, disponibilità a bonifiche, disponibilità per recupero)
- Caratterizzazione dei materiali (rappresentatività dei campioni e distribuzione della contaminazione tra le varie frazioni granulometriche)
- % materiali di scarto (organico, lapidei, ferro, etc.)
- % materiali recuperabili (almeno 60-70%)
- Controlli e collocazione dei materiali recuperabili (problema normativo, quantitativo e di mercato)

## SOIL – WASHING. FUNZIONALITA'

---

- Consumo idrico: impianto utilizza acqua in circuito chiuso, ma è necessario un reintegro per compensare le uscite con fango filtropressato (40-45% nel pannello) e acqua interstiziale dei materiali recuperati
- Smaltimento acque esauste: è necessario effettuare uno spurgo periodico delle acque di lavaggio per evitare l'accumulo di anioni (in particolare solfati e cloruri)
- Emissioni aria: possibili emissioni odorigene in seguito al trattamento di alcune tipologie di contaminanti e di polveri durante il caricamento e trasferimento dei terreni

## SOIL – WASHING

---

- Stoccaggio in ingresso (lotti per analisi e trattamento)
- Pretrattamento fisico (grigliatura grossolana, deferrizzazione, frantumazione)
- Lavaggio e classificazione granulometrica a umido
- Trattamento chimico – fisico della torbida (acqua di lavaggio e frazione fine)
- Stoccaggio acque di ricircolo e agenti chimici

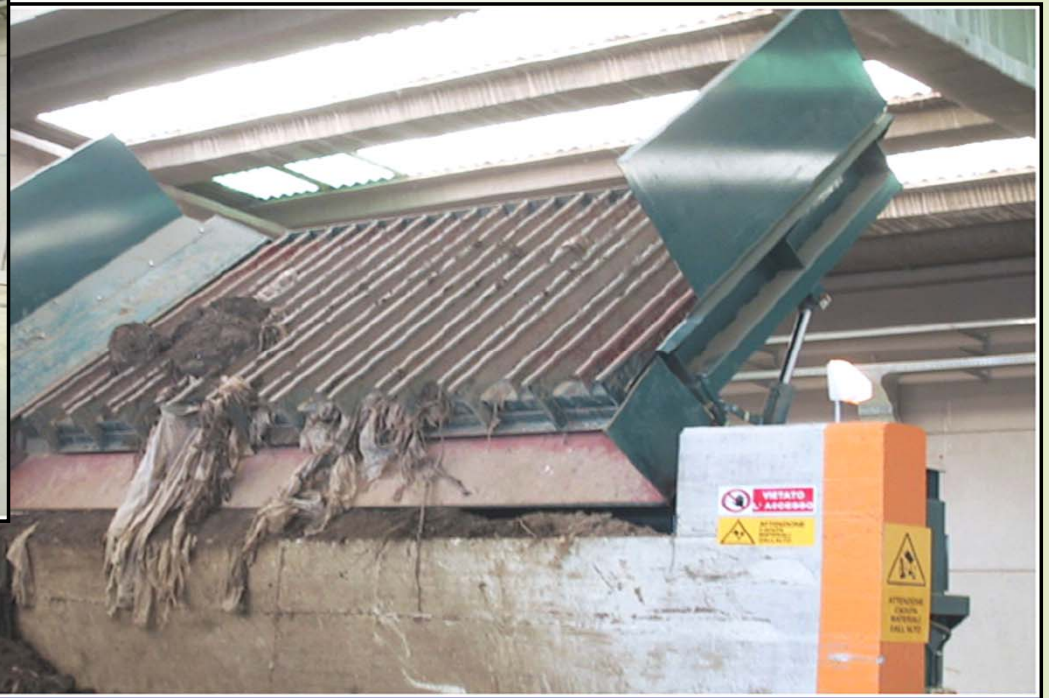
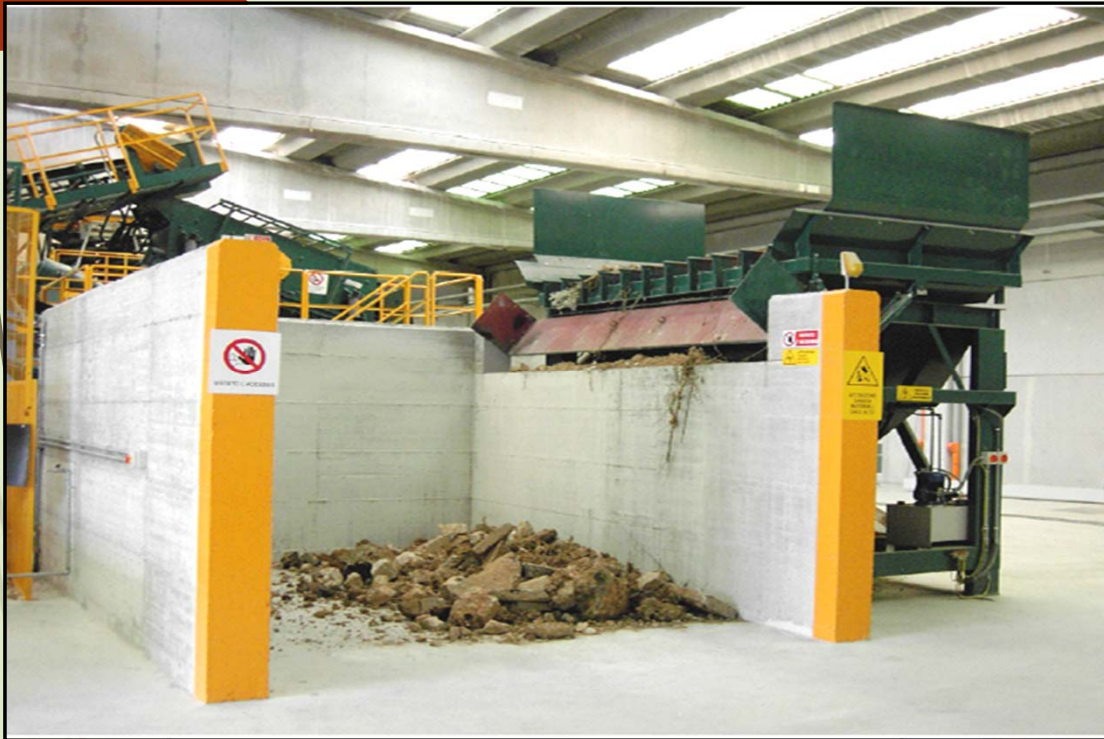
## SOIL – WASHING. STOCCAGGIO E PREPARAZIONE



## SOIL – WASHING. TRAMOGGIA DI CARICO E NASTRO ESTRATTORE



## SOIL - WASHING. VAGLIATURA GROSSOLANA



## SOIL - WASHING. DEFERRIZZAZIONE



SOIL - WASHING. VAGLIO ROTANTE



## SOIL - WASHING. VAGLIO VIBRANTE E SEPARAZIONE GHIAIA - SABBIA



SOIL – WASHING. MATERIALI RECUPERATI

GHIAINO (2-10 mm)



GHIAIA (10-60 mm)

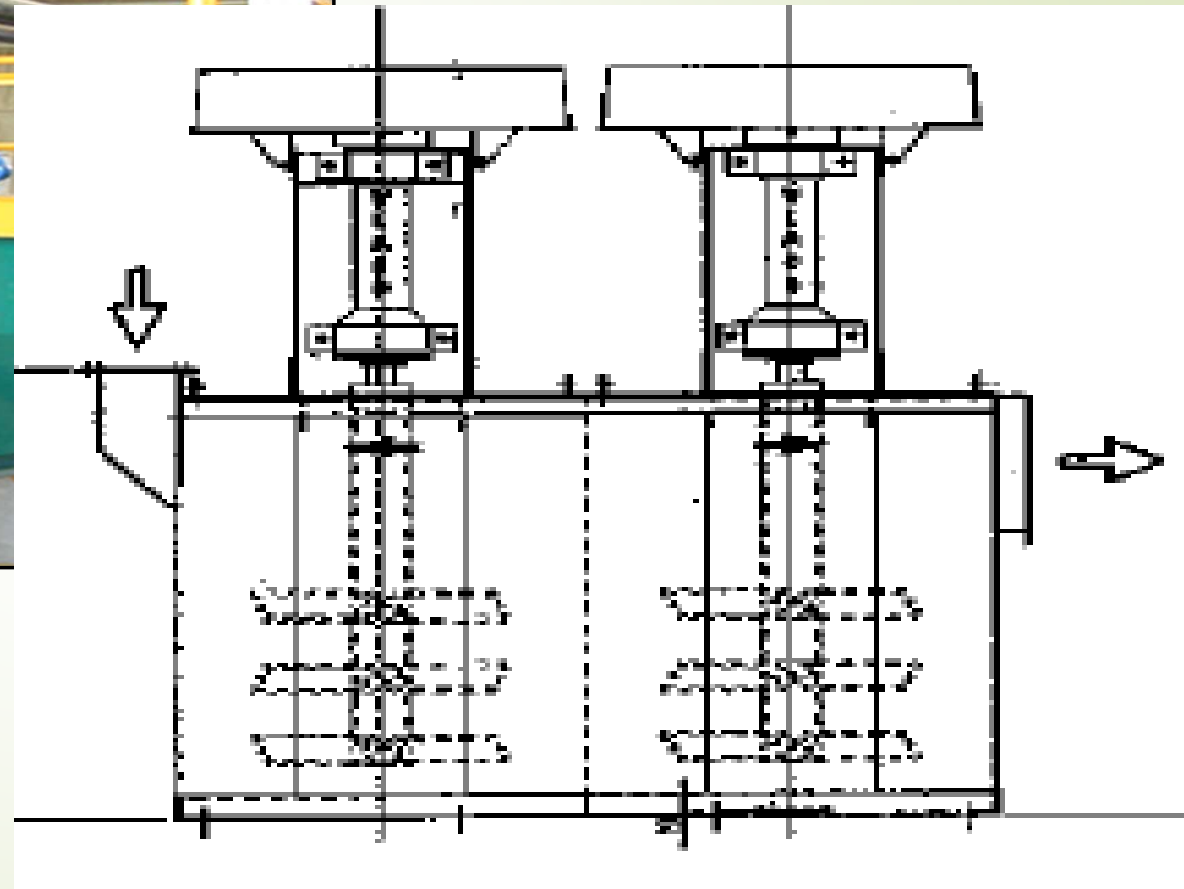


**SOIL – WASHING. IDROCICLONE PRIMARIO**



**SEPARAZIONE SABBIA-LIMO (0,063 mm)**

SOIL - WASHING. LAVAGGIO SABBIE. CELLE DI ATTRIZIONE



**SOIL - WASHING. IDROCICLONE SECONDARIO**



**SEPARAZIONE SABBIA - ORGANICO**

## SOIL - WASHING. VIBROASCIUGATORE



SOIL – WASHING.

## Sabbia recuperata

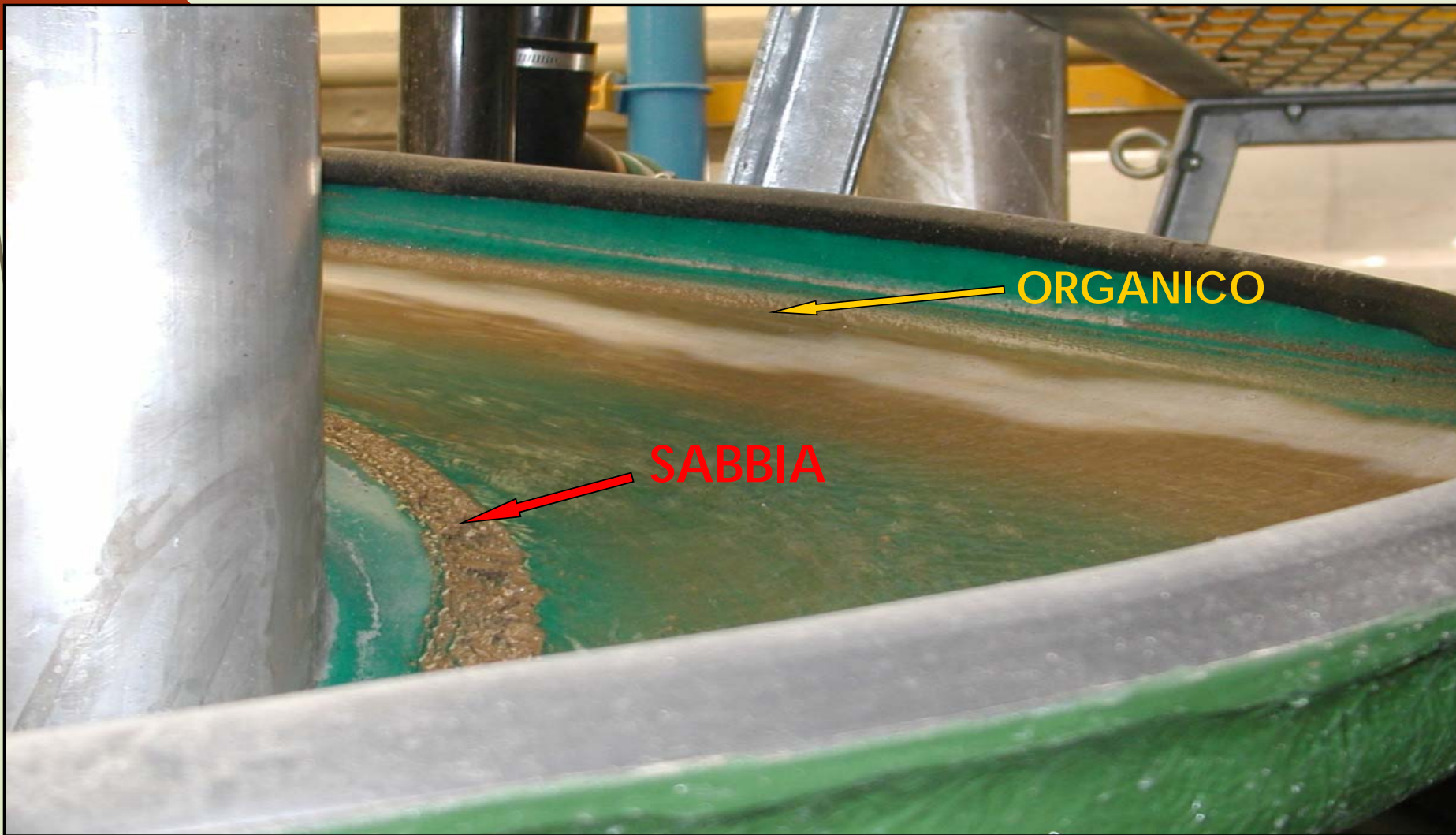


## SOIL - WASHING. SEPARATORI A SPIRALE



SEPARAZIONE SABBIA-ORGANICO

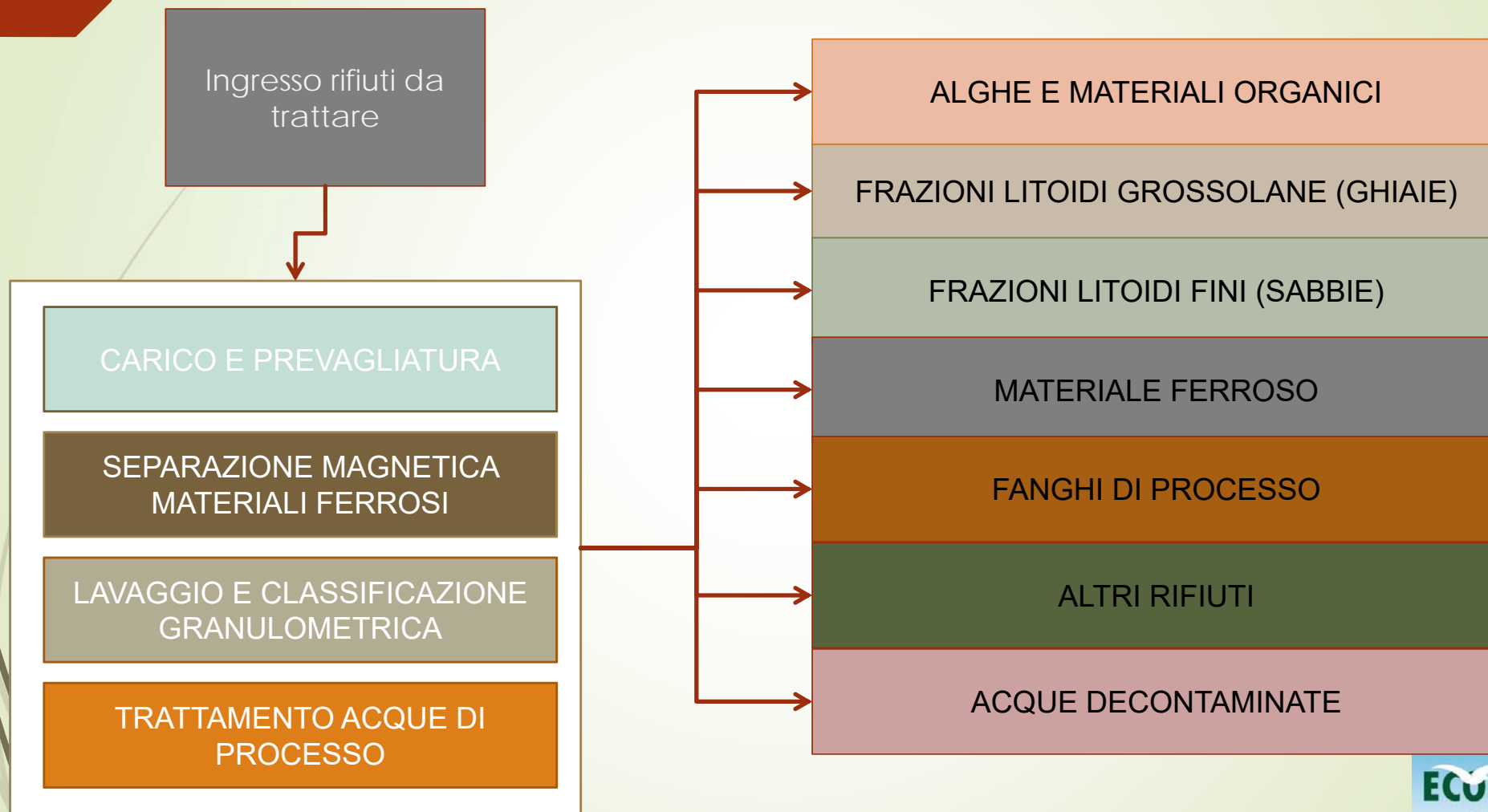
**SOIL – WASHING. SEPARATORI A SPIRALE**



**ORGANICO**

**SABBIA**

## SOIL - WASHING



## SOIL – WASHING

INGRESSO RIFIUTI  
DA TRATTARE

CARICO E PREVAGLIATURA

SEPARAZIONE MAGNETICA  
MATERIALI FERROSI

LAVAGGIO E CLASSIFICAZIONE  
GRANULOMETRICA

TRATTAMENTO ACQUE DI  
PROCESSO

PER OGNI TONNELLATA DI  
TERRENO / SEDIMENTO IN  
ENTRATA NELL'IMPIANTO DI  
SOIL – WASHING, OCCORRONO  
IN MEDIA 5 – 6 TONNELLE DI  
ACQUA PER IL LAVAGGIO

## SOIL - WASHING. TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO. IMPIANTO CHIMICO-FISICO



SOIL – WASHING. TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO. IMPIANTO CHIMICO-FISICO



## SOIL – WASHING. STOCCAGGIO REAGENTI



## SOIL – WASHING. TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO

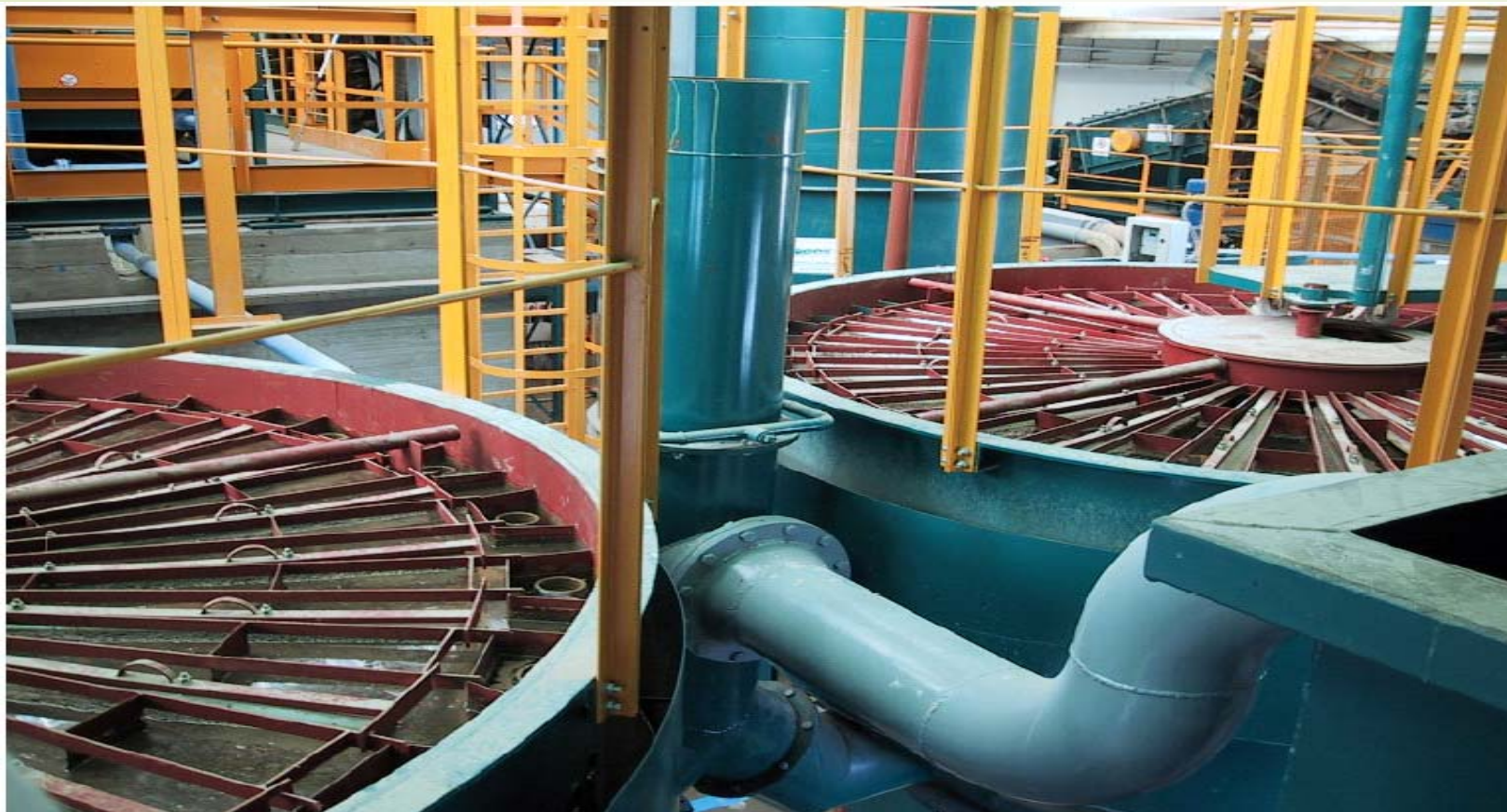
Cloruro ferrico: 0,6%  
Idrossido di calcio: 2,2%  
Polielettrolita anionico: 25 ppm



Cloruro ferrico: 0,6%  
Idrossido di calcio: 2,2%  
Polielettrolita anionico: 25 ppm



SOIL – WASHING. TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO. SEDIMENTATORI A PACCHI LAMELLARI



SOIL - WASHING. TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO. SEDIMENTATORI A PACCHI LAMELLARI



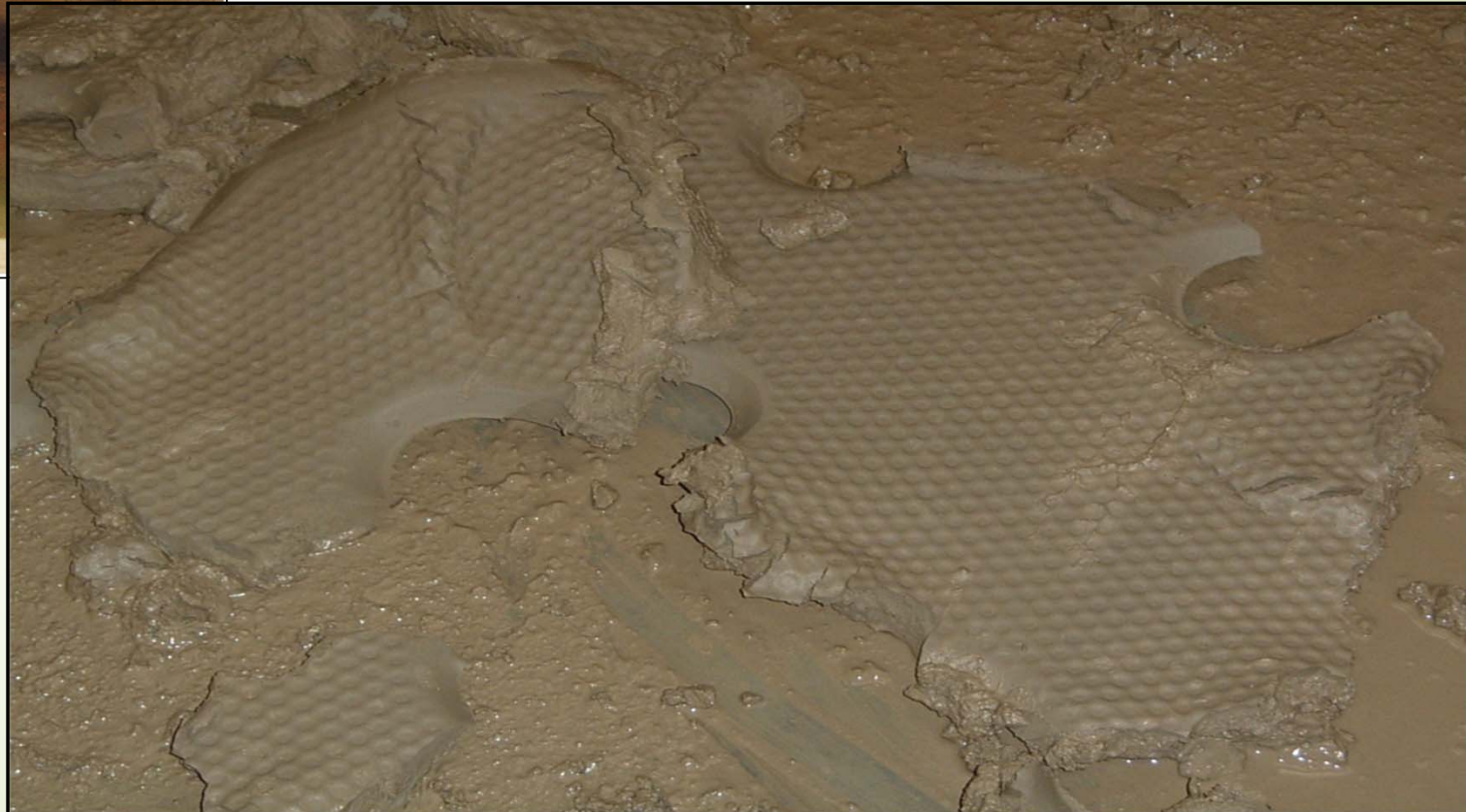
SOIL - WASHING. TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO. ACCUMULO E ISPESSIMENTO FANGHI



## SOIL – WASHING. TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO. DISIDRATAZIONE MECCANICA



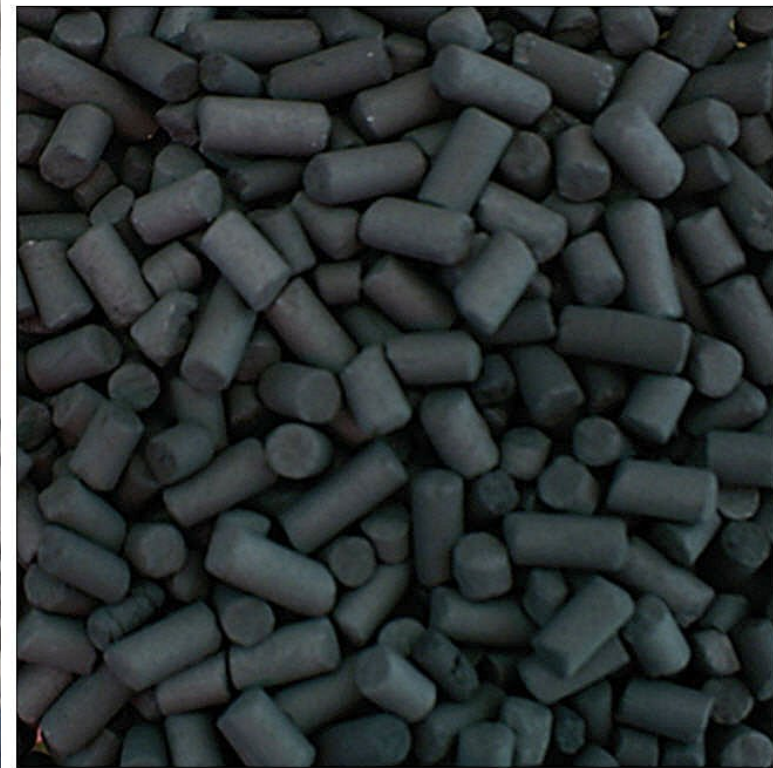
**SOIL - WASHING. TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO. DISIDRATAZIONE MECCANICA**



SOIL – WASHING. TRATTAMENTO EMISSIONI. FILTRO A MANICHE



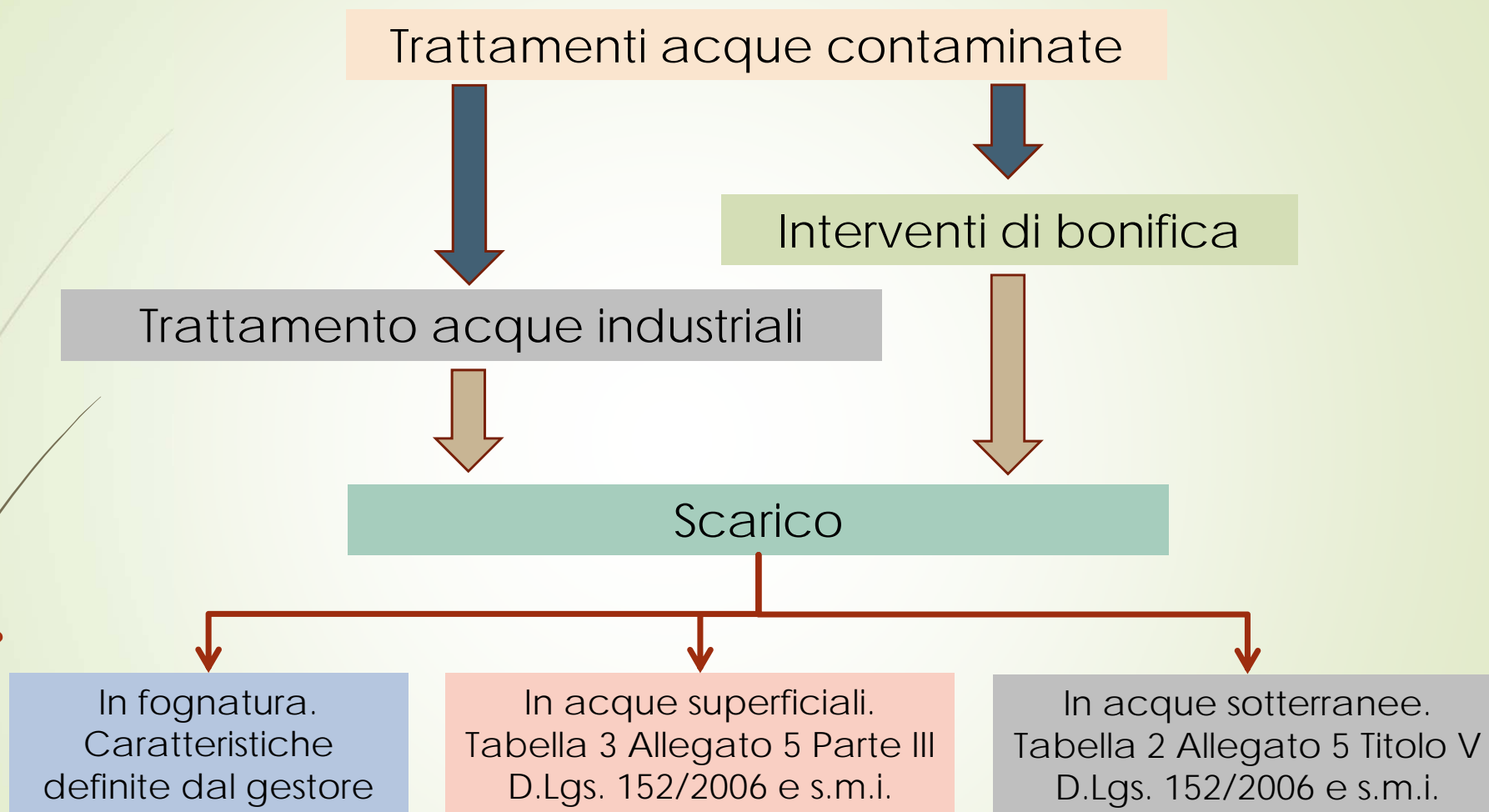
SOIL – WASHING. TRATTAMENTO EMISSIONI. FILTRO A CARBONE ATTIVO



## SOIL – WASHING. VANTAGGI E SVANTAGGI

---

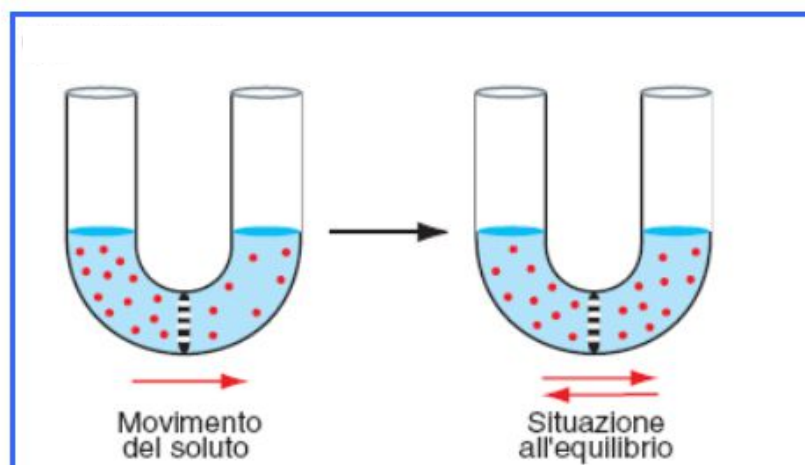
- Tecnologia di trattamento strategica nel settore delle bonifiche ambientali e possibile alternativa alla discarica e/o altri trattamenti sul sito
- Valenza ambientale nel mantenimento delle risorse naturali (recupero di ghiaia e sabbia) e nella riduzione della pressione sulle discariche
- Valenza economica (tempi brevi e costi inferiori)
- Gestione delle acque di processo in quantità rilevanti
- Problemi legati allo scarico delle acque trattate



## Osmosi inversa: cos'è?

### Principio dell'Osmosi

Membrana permeabile al soluto

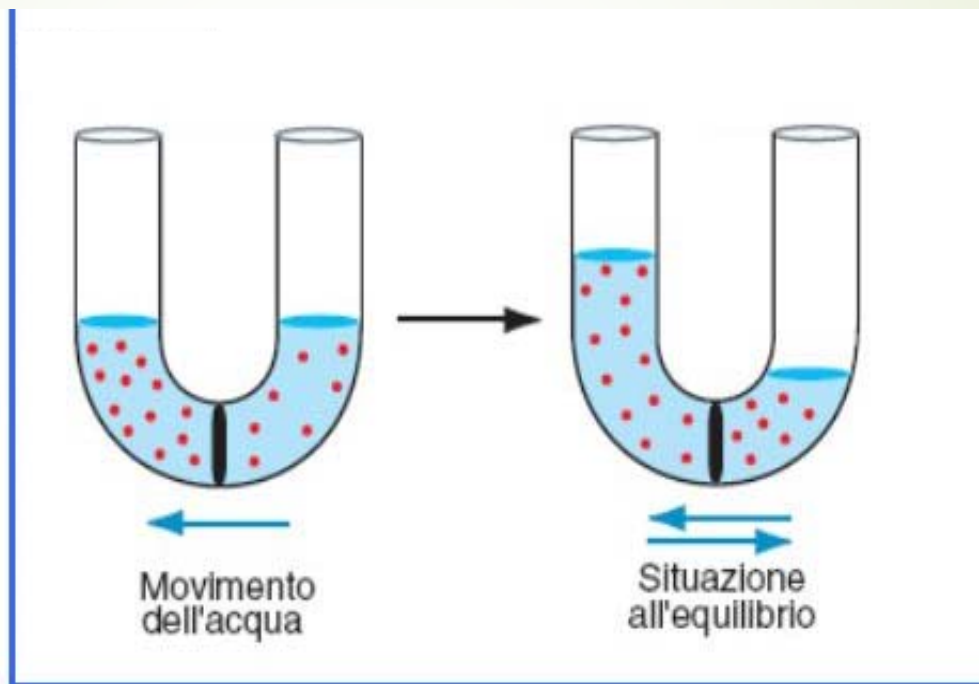


Equilibrio:  
Concentrazione soluto =  
Concentrazione soluto

## Osmosi inversa: cos'è?

### Principio dell'Osmosi

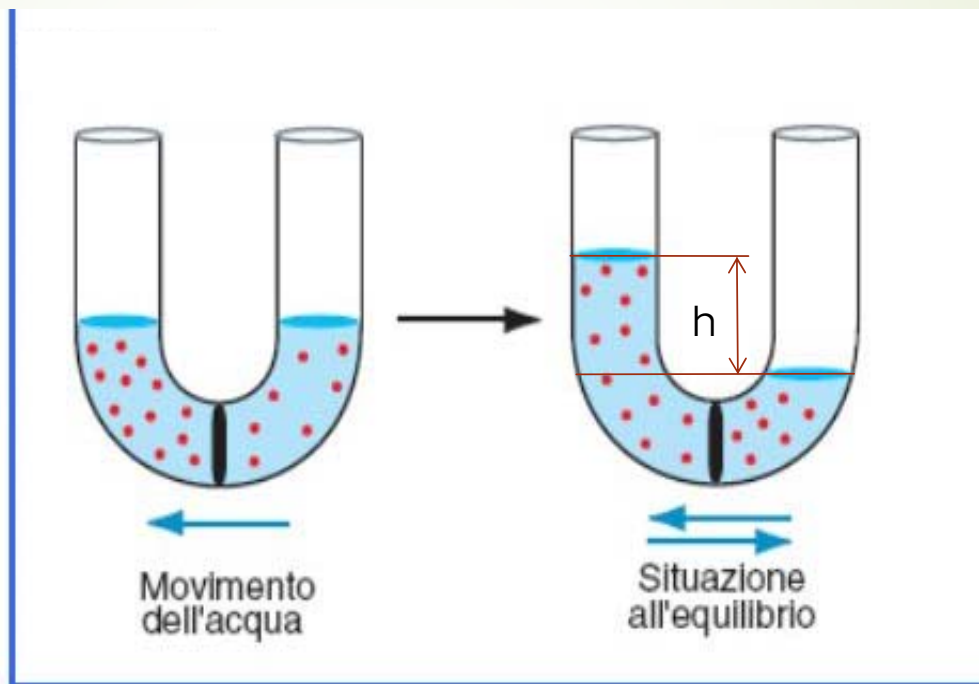
Membrana  
semipermeabile  
(non permabile  
al soluto)



## Osmosi inversa: cos'è?

### Principio dell'Osmosi

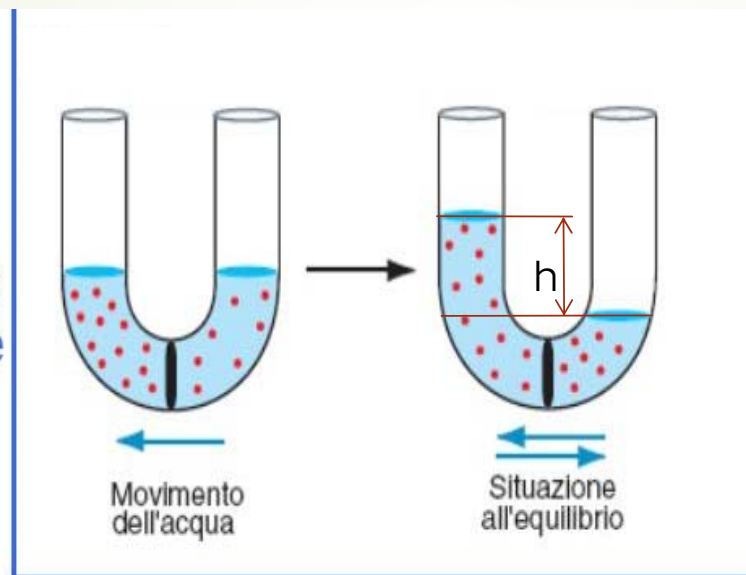
Membrana  
semipermeabile  
(non permeabile  
al soluto)



## Osmosi inversa: cos'è?

### Principio dell'Osmosi

Membrana semipermeabile (non permabile al soluto)

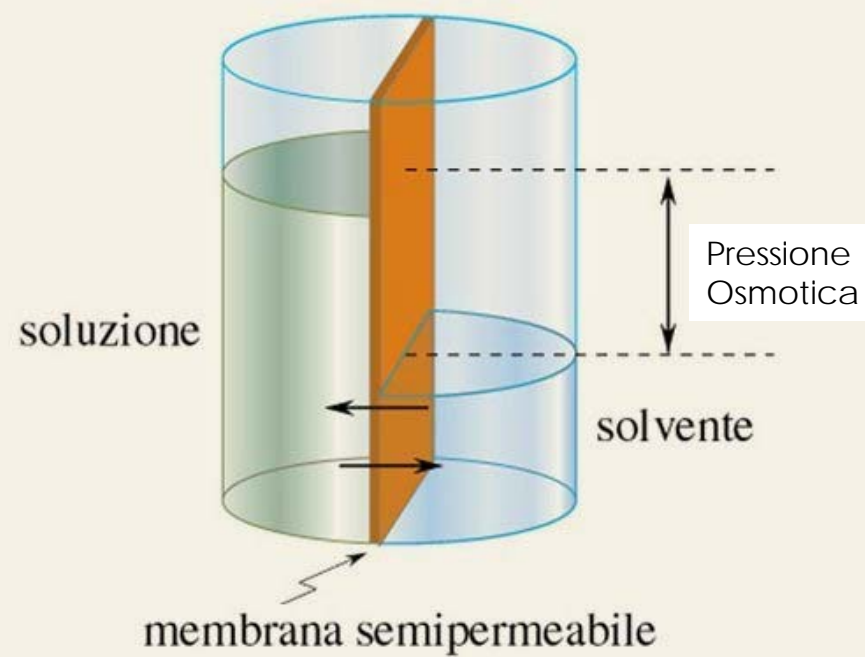


Il dislivello **h** corrisponde a una colonna di solvente avente un determinato peso.

Poiché il peso della colonna di solvente grava sulla sezione del tubo, il dislivello può essere indicato anche come  $\Pi$  ovvero la pressione osmotica

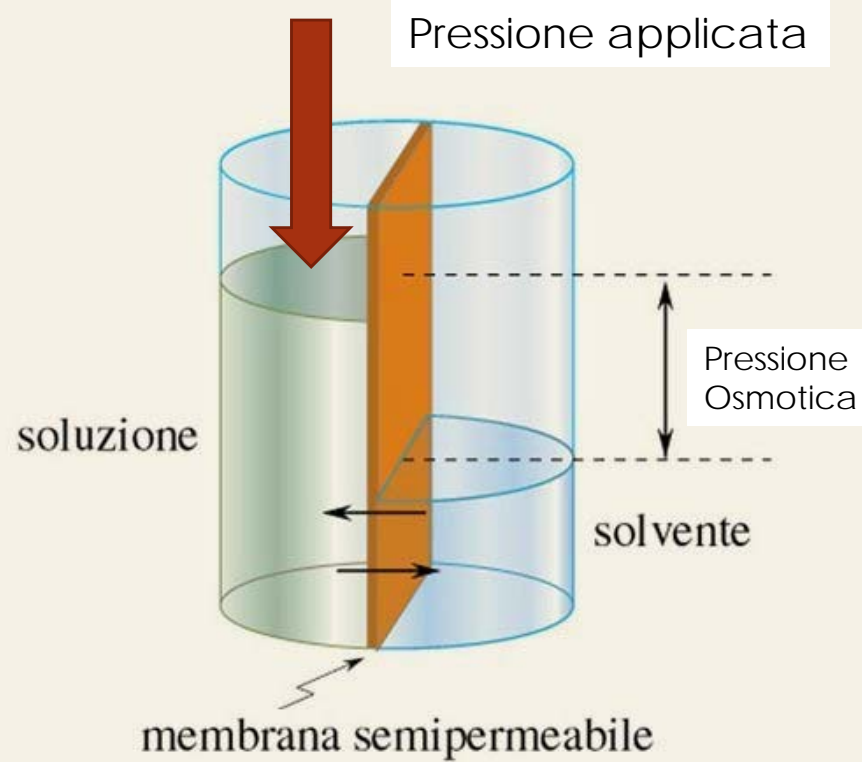
## Osmosi inversa: cos'è?

### Principio dell'Osmosi



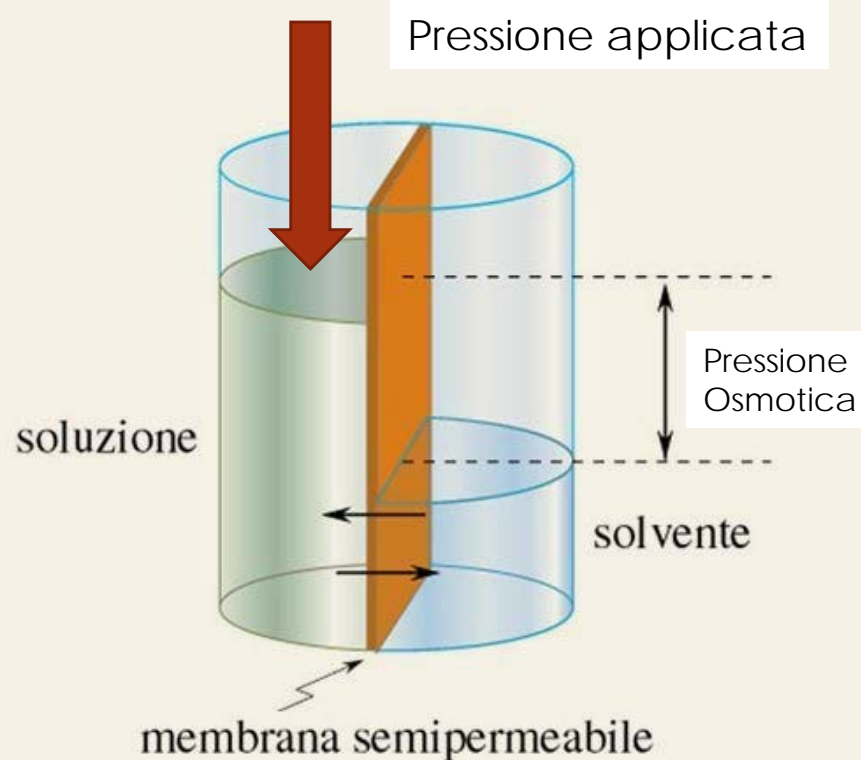
## Osmosi inversa: cos'è?

### Principio dell'Osmosi



## Osmosi inversa: cos'è?

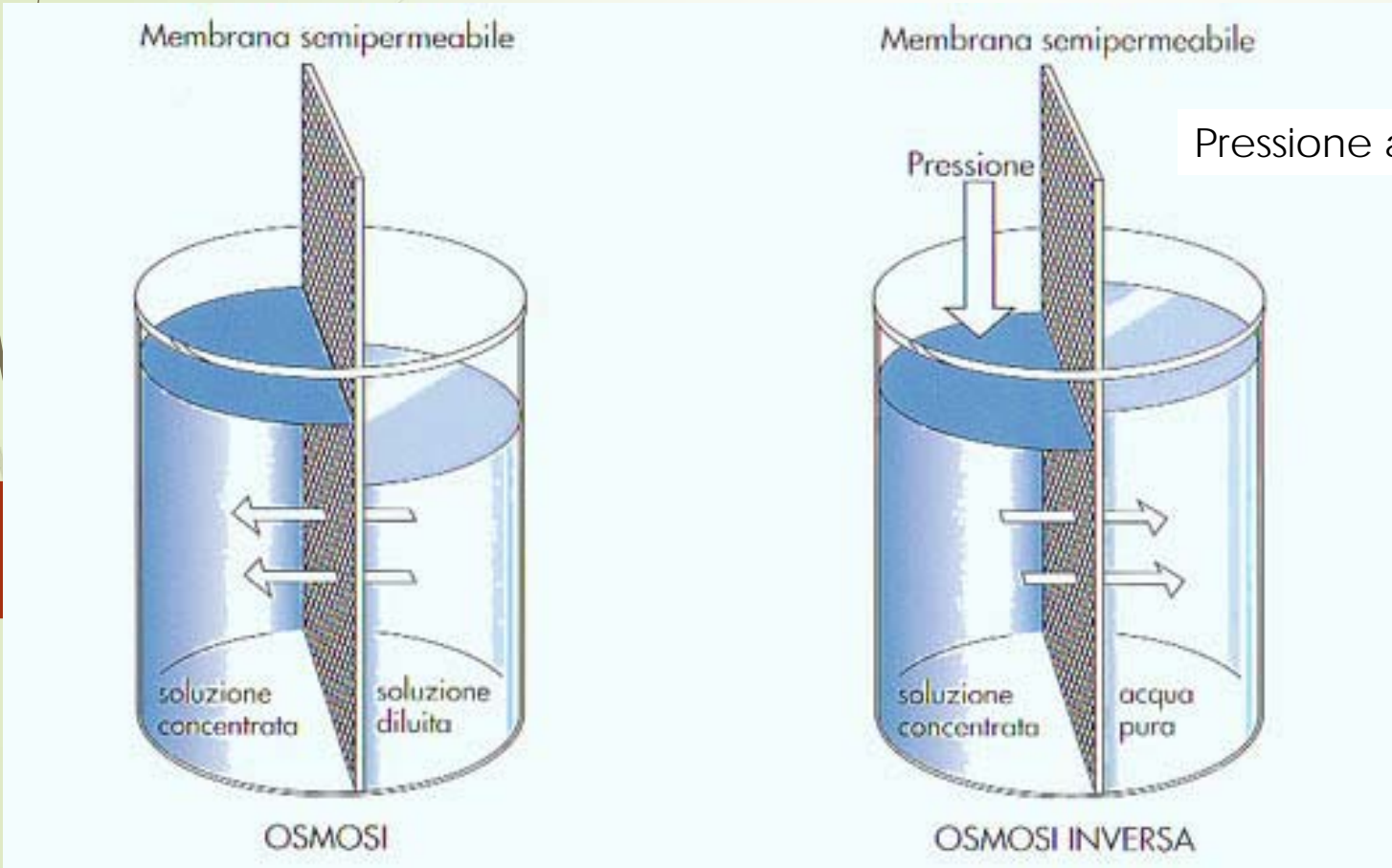
## Principio dell'Osmosi



Applicando dall'esterno una pressione il solvente inverte il suo flusso, tornando a migrare verso la soluzione più diluita.

Se la pressione esterna applicata è pari alla pressione osmotica, viene ristabilito il livello fra le due soluzioni.

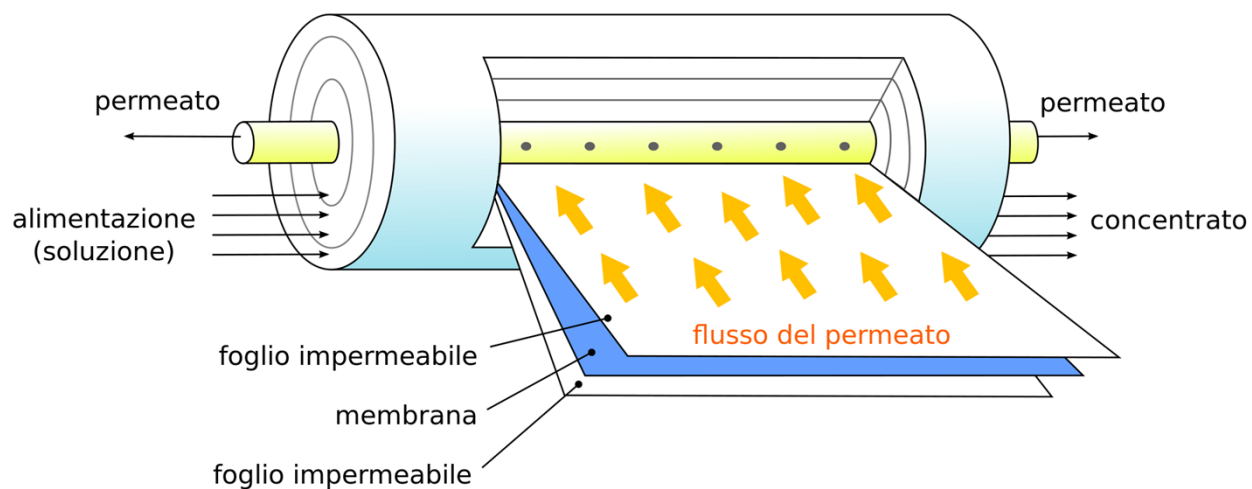
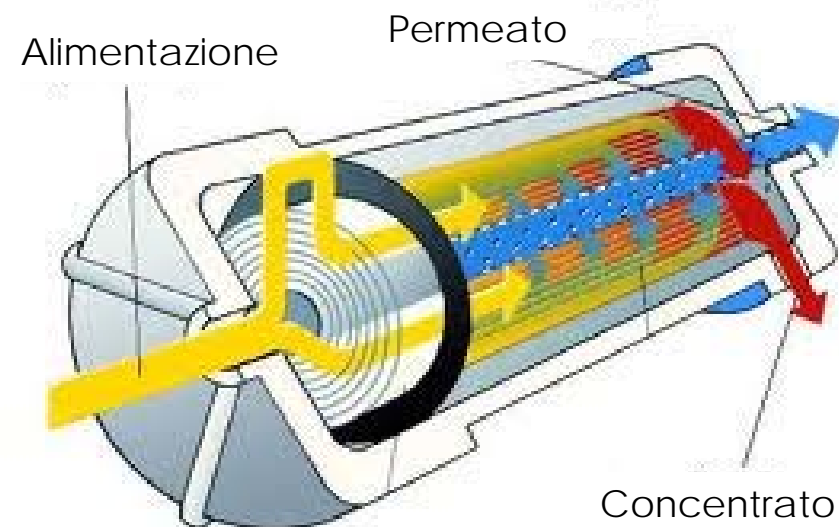
# Osmosi inversa: cos'è?



Pressione applicata > Pressione osmotica

Applicando dall'esterno una pressione superiore alla pressione osmotica, la soluzione più concentrata viene impoverita del solvente e si concentra sempre più.

## Osmosi inversa: come funziona?



## Osmosi inversa: come funziona?



Impianto osmosi da 50 m<sup>3</sup>/h per acqua salmastra



Microfiltrazione. Dimensione pori:  $10\ \mu\text{m}$  –  $100\ \text{nm}$

Ultrafiltrazione. Dimensione pori:  $100\ \text{nm}$  –  $10\ \text{nm}$

Nanofiltrazione. Dimensione pori:  $10\ \text{nm}$  –  $1\ \text{nm}$

Osmosi inversa. Dimensione pori:  $< 1\ \text{nm}$

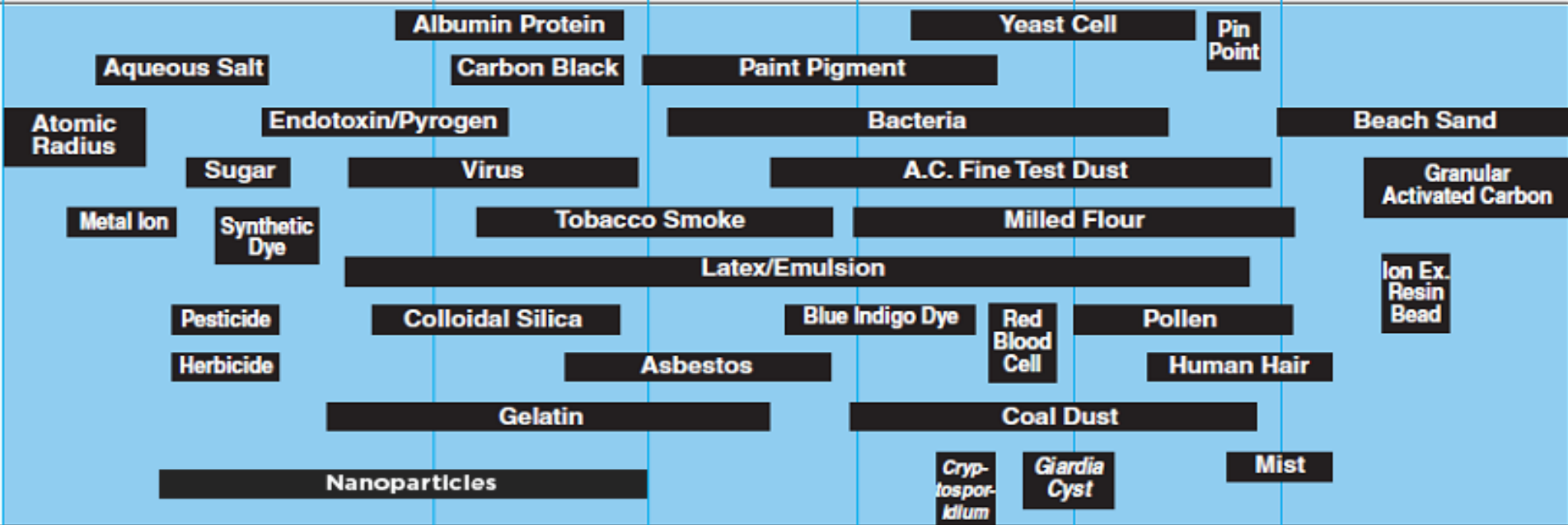
ST Microscope   Scanning Electron Microscope   Optical Microscope   Visible to Naked Eye

Ionic Range   Molecular Range   Macromolecular Range   Micro Particle Range   Macro Particle Range

Micrometers (Log Scale)   0.001   0.01   0.1   10   100   1000

Angstrom Units (Log Scale)   10   100   1000   10000   100000   1000000   10000000

Approx. Molecular Wt. (Saccharide Type-No Scale)   100   200   1000   10,000   20,000   100,000   500,000

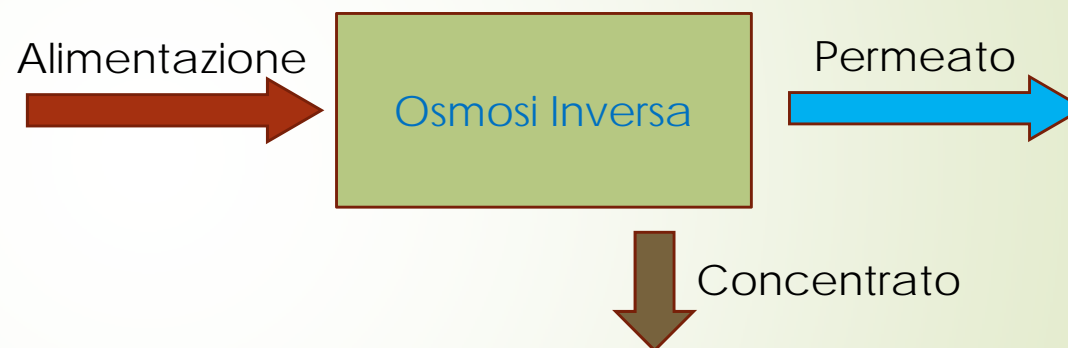


Process for Separation

REVERSE OSMOSIS (Hyperfiltration)   NANOFILTRATION   ULTRAFILTRATION   MICROFILTRATION   PARTICULATE FILTRATION



## Osmosi inversa: limiti della tecnica



Un tipico impianto a osmosi inversa produce una percentuale di concentrato compresa fra il **28 - 32%** dell'alimentazione iniziale.

## Evaporazione sottovuoto: cos'è?

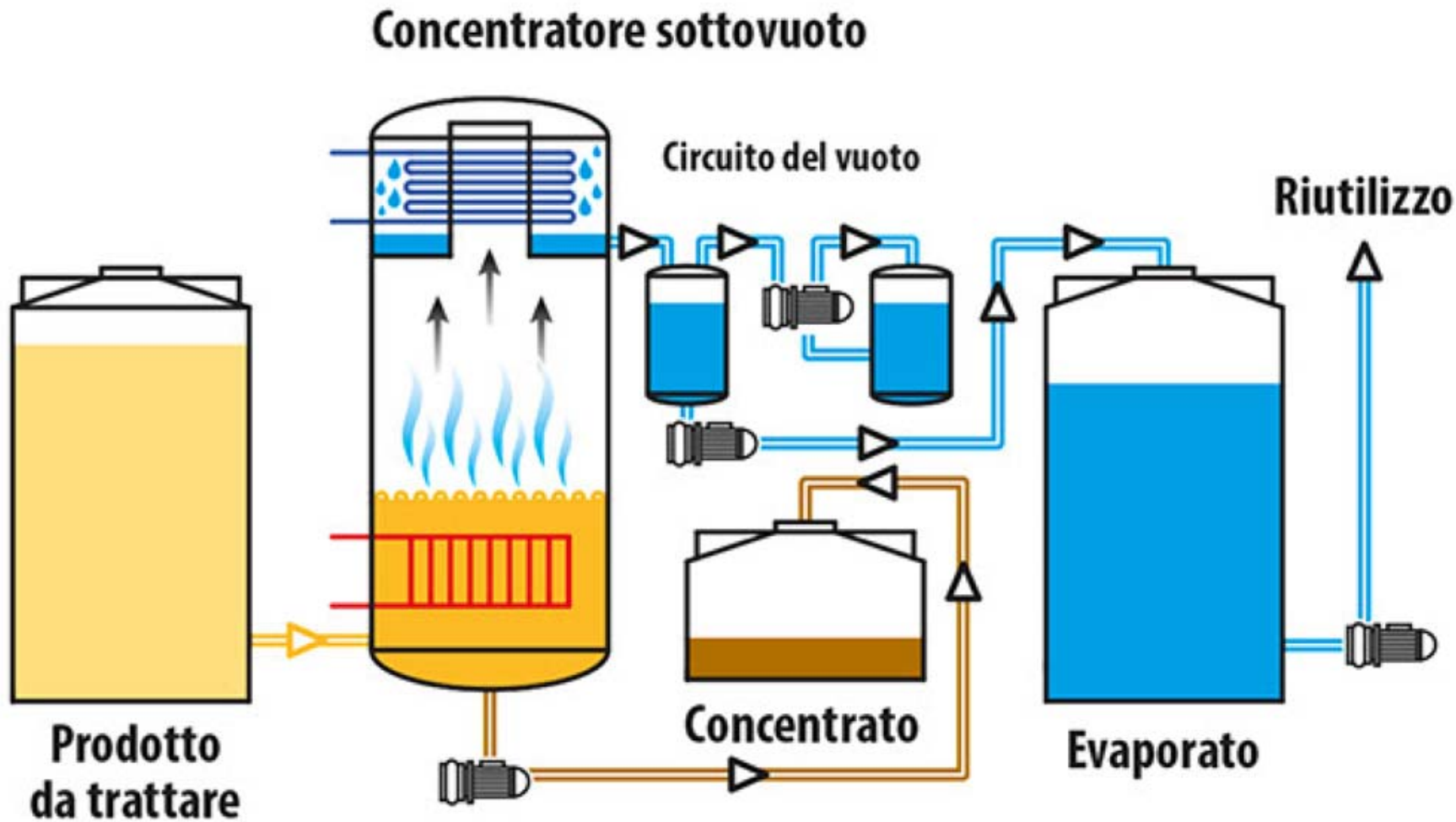


È il passaggio di stato di un componente dallo stato liquido a quello aeriforme che, in presenza di vuoto, avviene a temperatura inferiore rispetto alla temperatura di ebollizione a pressione atmosferica.

Tramite questa tecnica viene separato un componente non volatile da una soluzione acquosa, ottenendo in tal modo acqua distillata e un prodotto finale più concentrato negli altri componenti.

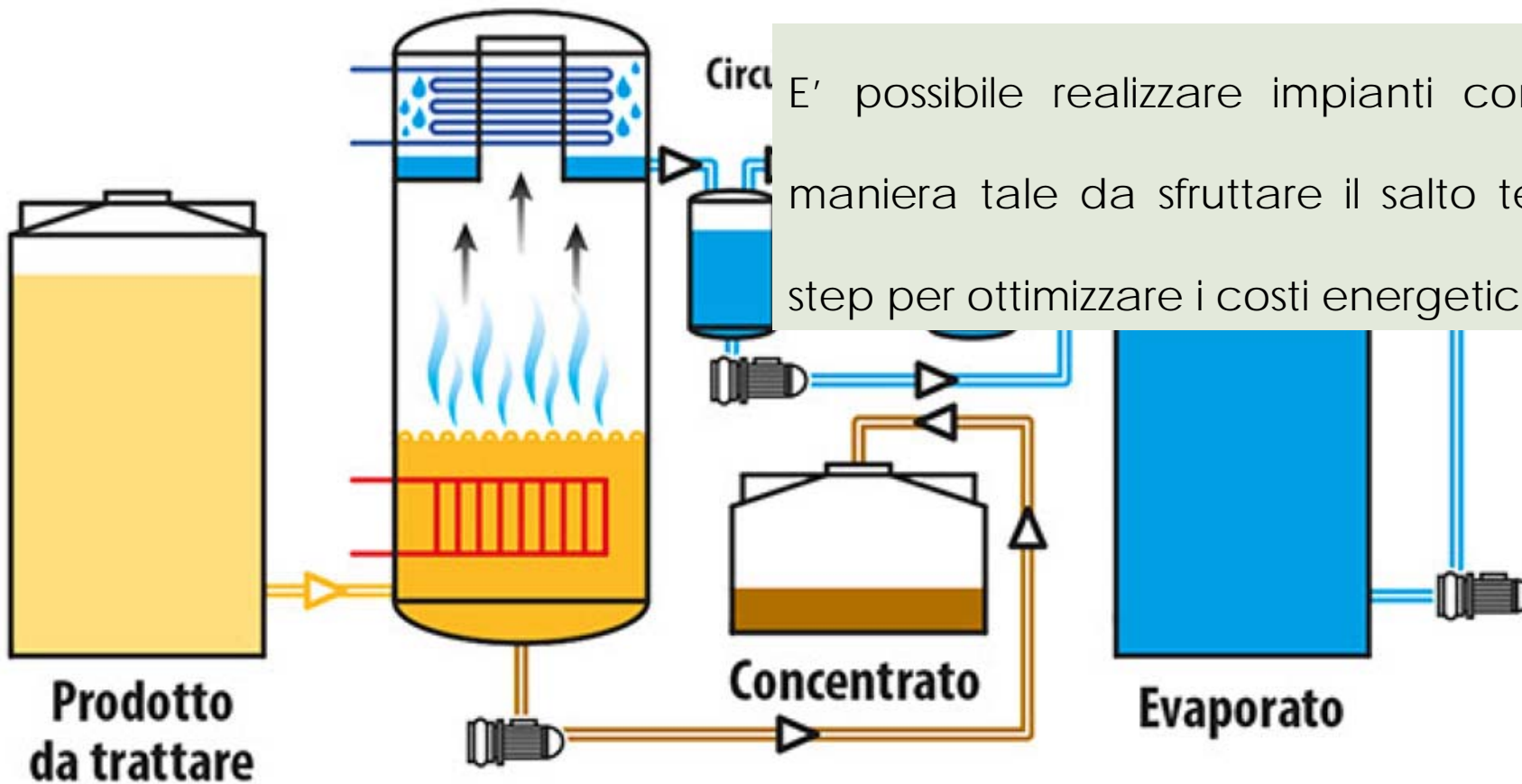
Gli impianti di evaporazione sottovuoto sono destinati alla concentrazione a bassa temperatura di soluzioni diluite termolabili o al trattamento e alla depurazione di reflui inquinanti generati nelle varie fasi di lavorazione delle aziende industriali.

Evaporazione sotto vuoto: come funziona?



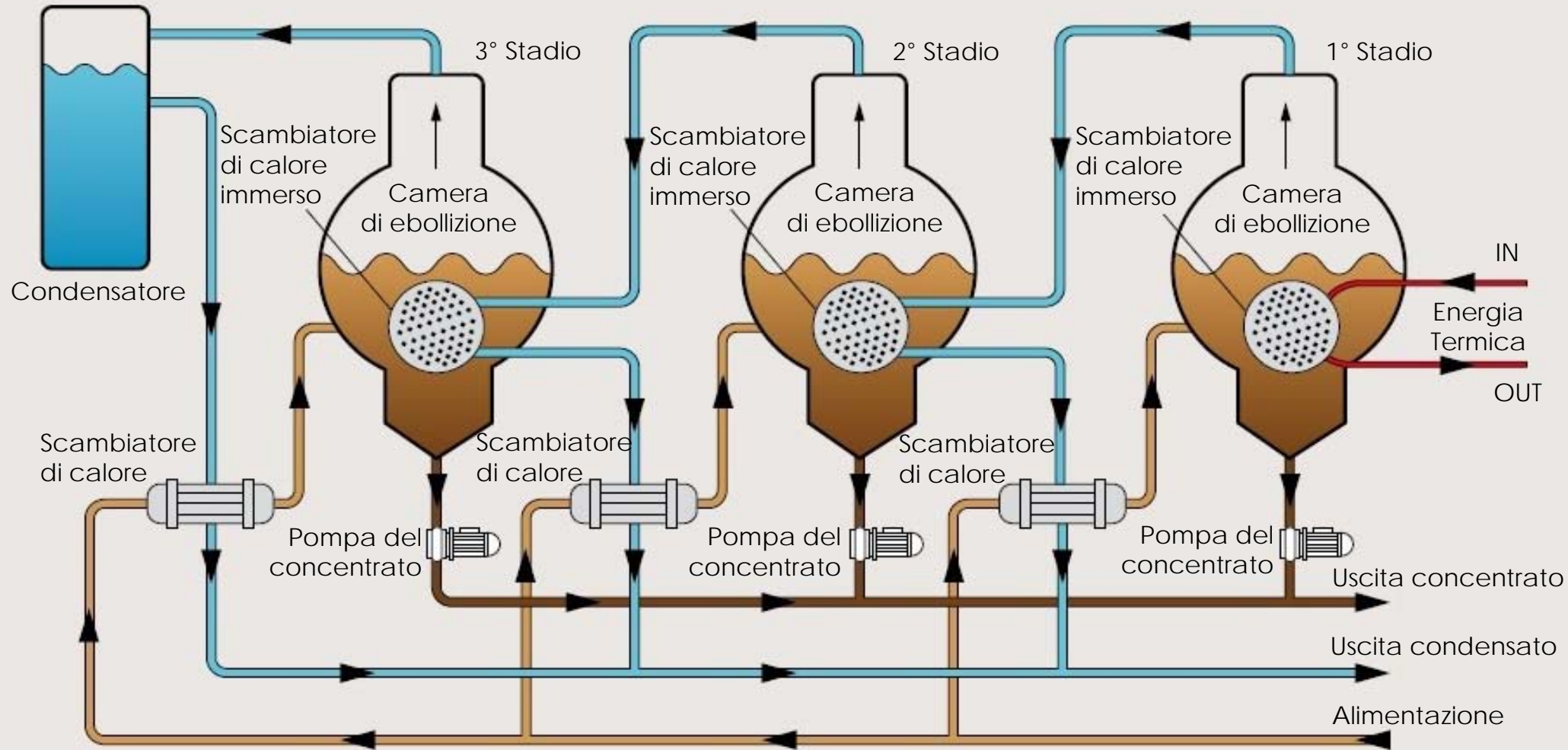
## Evaporazione sotto vuoto: come funziona?

### Concentratore sottovuoto



E' possibile realizzare impianti con più stadi, in maniera tale da sfruttare il salto termico dei vari step per ottimizzare i costi energetici.

# Evaporazione sotto vuoto: come funziona?



## Evaporazione sotto vuoto: come funziona?



Alimentazione



Concentrato



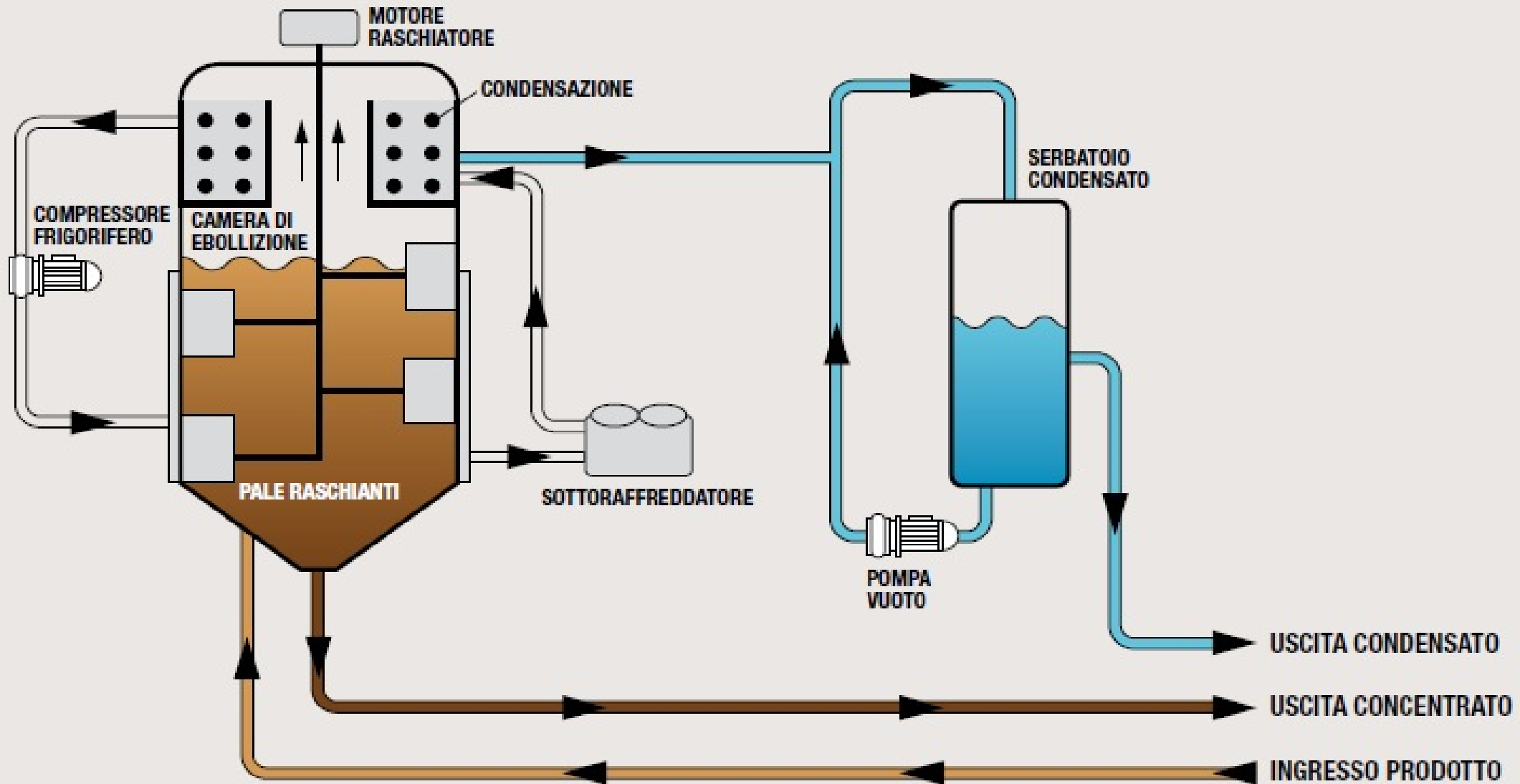
Condensato

## Evaporazione sotto vuoto: limiti della tecnica



Un tipico evaporatore sottovuoto multiplo effetto riesce a spingere l'evaporazione del solvente fino a ottenere un concentrato contenente il 25 - 30% di solidi.

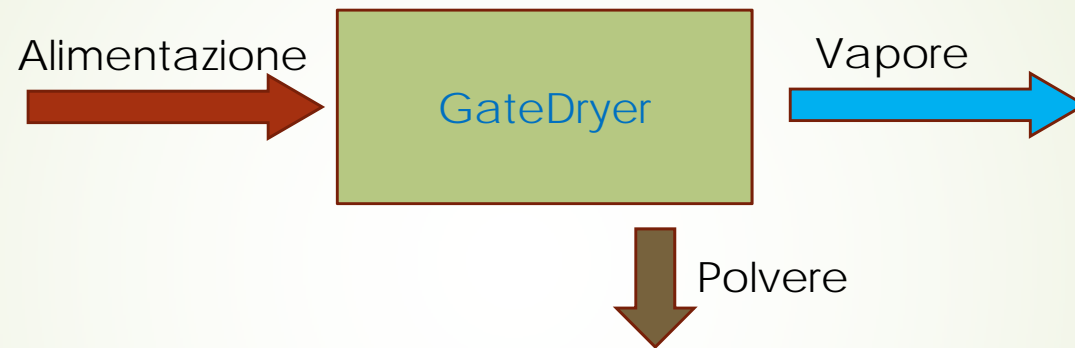
Durante il processo, assieme al solvente, vengono evaporate anche le diverse frazioni volatili eventualmente presenti nel materiale da trattare. In questo caso si otterrebbe un condensato contenente le frazioni volatili disciolte.



## Evaporazione sotto vuoto: come funziona?



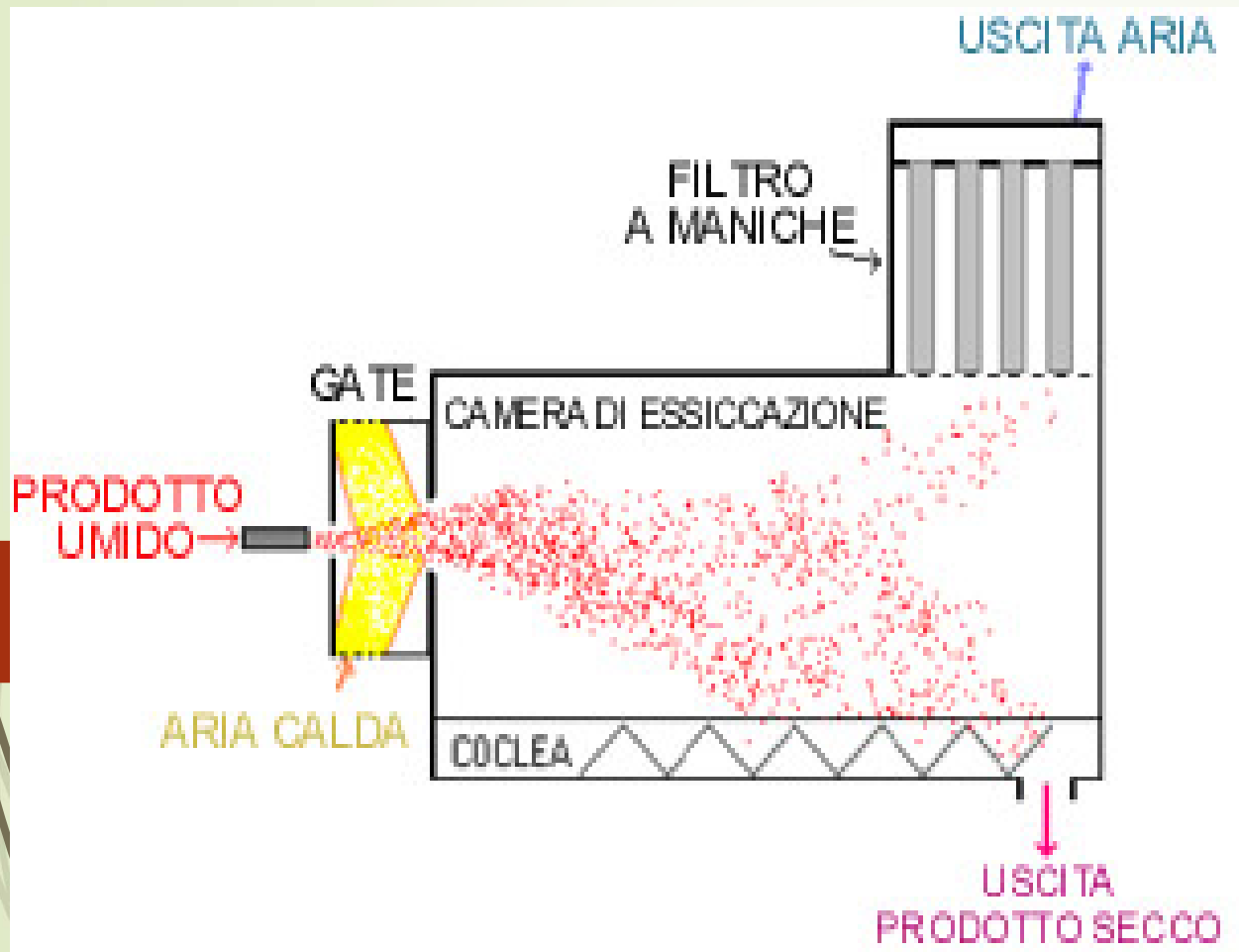
## GateDryer: cos'è?



Il GateDryer è un particolare essiccatore prodotto dalla in grado di vaporizzare in tempi molto brevi tutta l'acqua (e composti il cui punto di ebollizione sia prossimo ai 100°C) contenuta in un liquido pompabile, riuscendo quindi a separare il contenuto solido.

Il Gatedryer è un essiccatore a polverizzazione diretto, con disposizione orizzontale, in grado di essiccare da 20 Kg/h a 1000 Kg/h di liquidi pompabili.

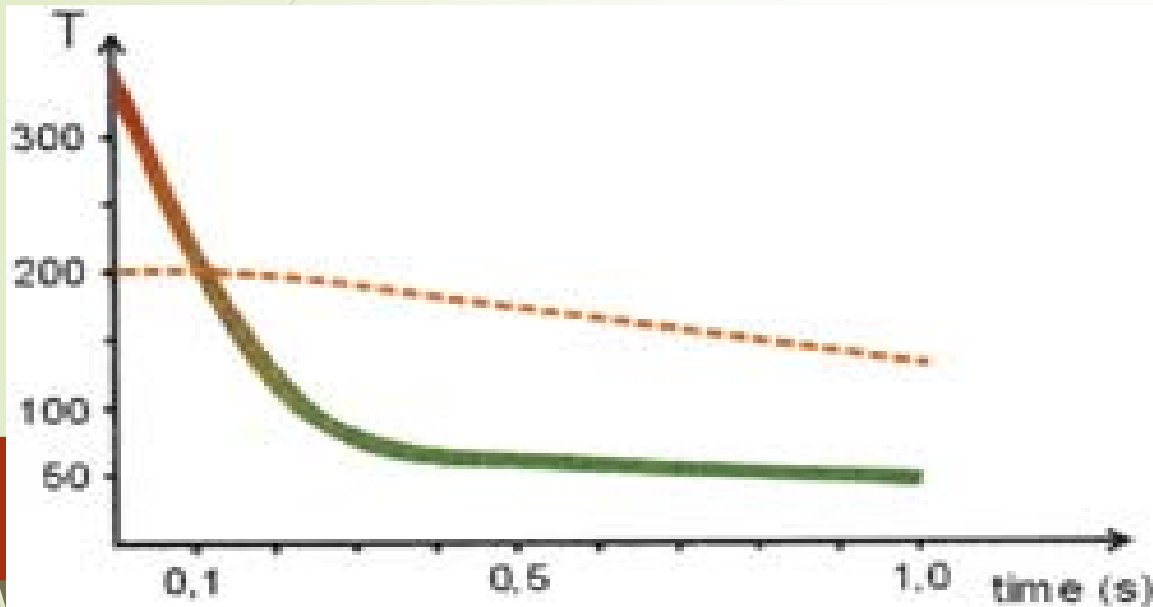
## GateDryer: come funziona?



In base alle proprietà chimico fisiche della sostanza da essiccare, il cancello di essiccazione, il Gatedryer, può essere realizzato in tre differenti modi:

- A fiamma diretta con bruciatori ad alta velocità;
- Con un generatore di aria calda (diretto o indiretto);
- A scambiatore di calore.

## GateDryer: come funziona?



Le dimensioni estremamente ridotte, rispetto alle macchine tradizionali, rendono anche possibile il raffreddamento ad acqua delle pareti della camera. Questo risulta particolarmente utile per trattare sostanze termolabili o polveri infiammabili: come si vede dal grafico, l'andamento termico nel GateDryer (linea continua) risulta caratterizzato da brevi tempi di contatto nel GateDryer e bassa temperatura di camera in contrasto con l'andamento (linea tratteggiata) in un essiccatore tradizionale.

## SOSTANZE ORGANICHE

- Prodotti di sintesi: antibiotici, anticrittogamici, antiparassitari, coloranti, tensioattivi e detergenti, polimeri acrilici, resine epossidiche, stearati, ecc.
- Estratti Vegetali : camomilla, the, mirtillo, essenze aromatiche, ecc
- Derivati del Latte : sieroproteine, lattosio
- Amminoacidi e peptidi, enzimi, lieviti, idrolizzati proteici, ecc.
- Sangue, emoglobina, plasma
- Estratti di carne ed estratti ghiandolari
- Altre : vitamine, albumine, tannini, terre decoloranti, ecc.

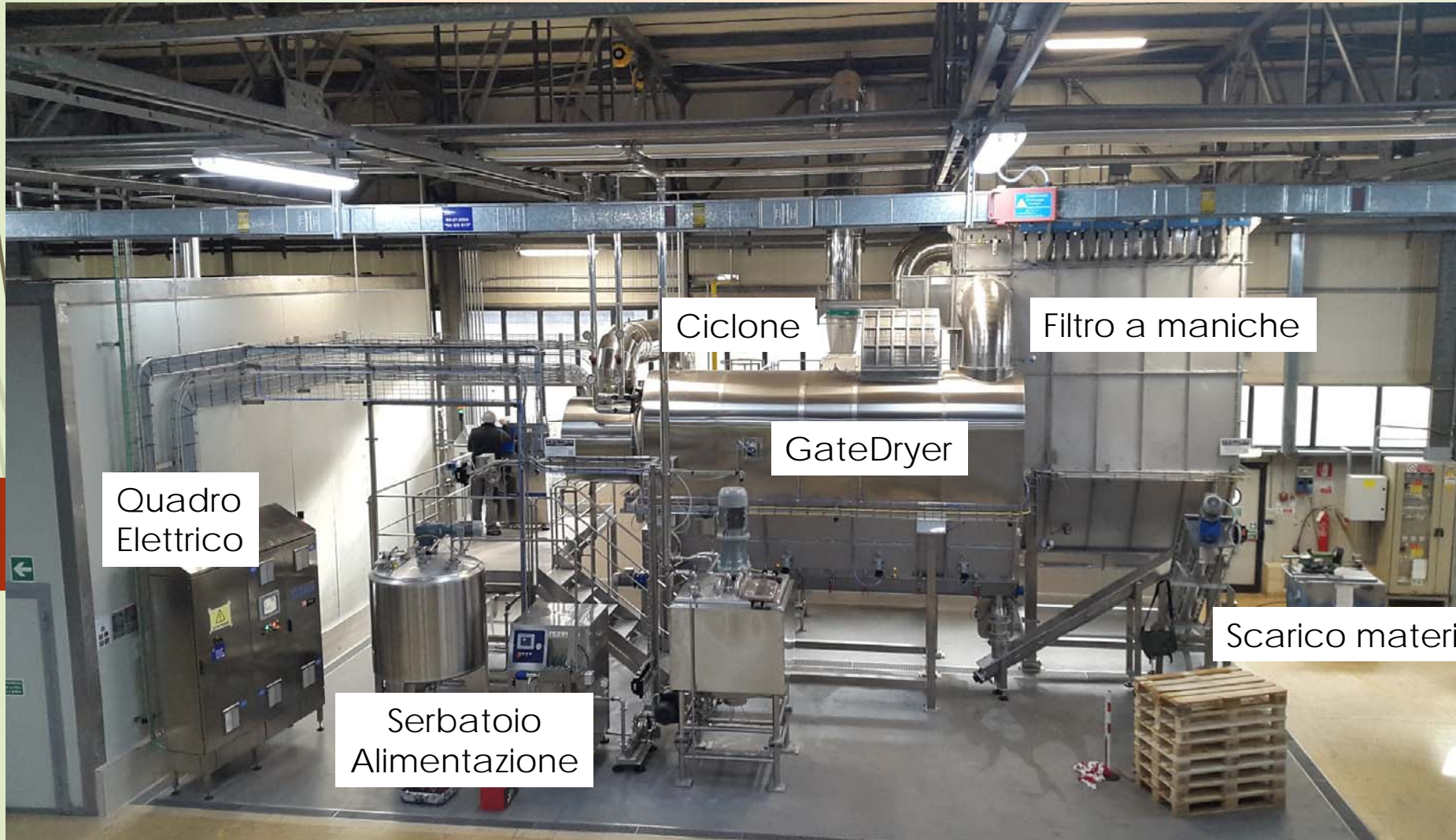
## SOSTANZE INORGANICHE

- Sali : Cloruro sodico, Cloruro ferrico, Solfati, Solfiti, Solfuri, Carbonati alcalino terrosi, ecc.
- Ossidi e idrossidi : Ossicloruro di rame, ossidi metallici, idrossidi d'alluminio, ecc.
- Prodotti ceramici : barbotine, smalti, caolino, bentonite, silice, silicato di zirconio, allumina, alluminato sodico, criolite, pigmenti, porcellane, steatite, porfirite, ecc.
- Altre : Ferrite, ecc.

## FANGHI DEPURAZIONE ACQUE

1. Fanghi biologici e chimico-fisici

## GateDryer: come funziona?



## GateDryer: come funziona?



Concentrato da evaporatore multiplo effetto



GateDryer



Sali allo stato polverulento



# ECOSERDIANA S.p.A.

Grazie per l'attenzione

Soil Washing e trattamenti acque: tecnologie di bonifica complementari

Relatore: Dott. Raffaele Congiu