

SISTEMI DI SEPARAZIONE

Praticamente tutti i processi chimici coinvolgono operazioni di separazione, ossia il trasferimento di materiale tra una fase e un'altra. Le separazioni di fase possono avvenire in:

Miscele Eterogenee

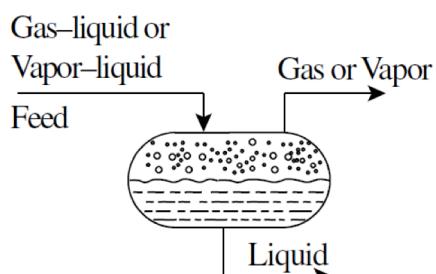
- Filtrazione
- Separazione centrifuga
- Sedimentazione e Settling
- Lavaggio
- Essiccamiento

Miscele Omogenee

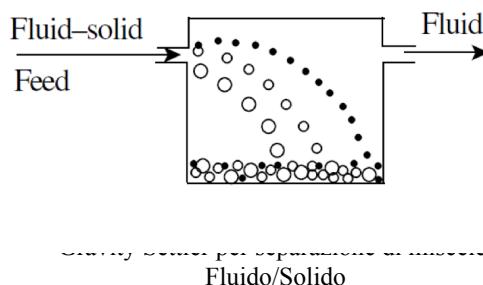
- Absorbimento e Stripping
- Estrazione con Liquido
- Distillazione

SETTLING AND SEDIMENTAZIONE

L'agente di separazione è la forza gravitazionale che agisce sulle singole particelle. La miscela viene immessa in un **settler** con una velocità che permetta alle particelle di solido/liquido di depositarsi in modo da separarsi dal fluido.



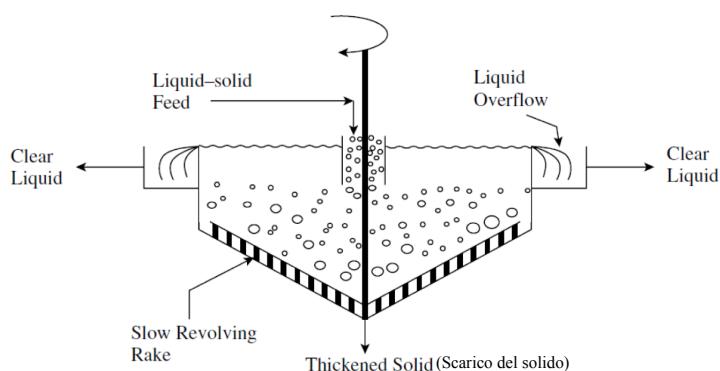
Gravity Settler per separazione di miscele Liquido/Gas (o vapore)



La separazione di particelle solide da un liquido con conseguente deposito di concentrati solidi è detta **sedimentazione**.

ISPESSITORE (THICKENER)

È un separatore usato nella depurazione delle acque poiché forma depositi di "fango di depurazione", i quali contengono materie prime come il fosforo. Il liquido purificato in superficie straborda e viene raccolto in cisterne, mentre il solido esce dal basso e viene scavato.



SEPARAZIONE CENTRIFUGA

L'agente di separazione è la forza centrifuga che seleziona le particelle a seconda della massa.

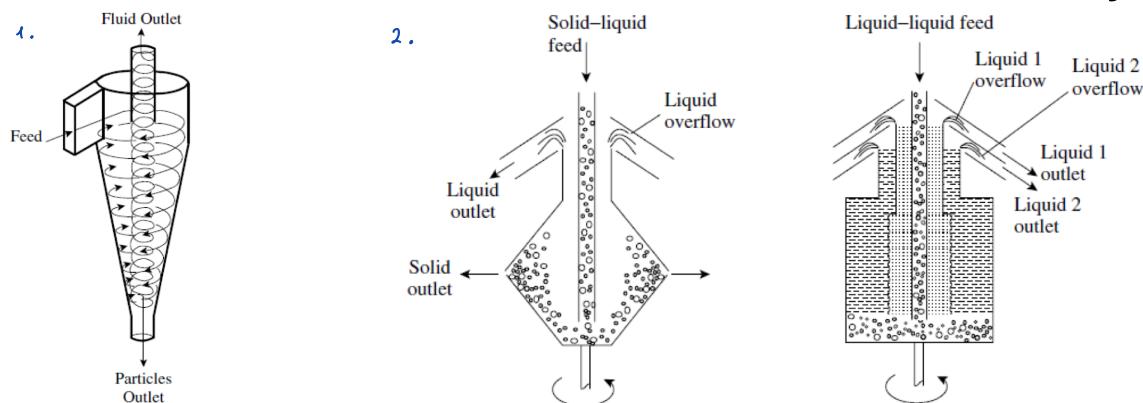
CYCLONE

Usato per separare solidi e liquidi da gas/vapore. La miscela viene immessa con una certa velocità nel macchinario. Le particelle più pesanti vanno a sbattere contro le pareti e iniziano a cadere con moto a spirale, mentre il flusso di vapore/gas sale ed esce dall'alto.

⚠ Il contenitore non ruota

CENTRIFUGATORE

In questo caso si ha un serbatoio messo in rotazione per produrre forze centrifughe. Si usa sia per liquido/solido che per due liquidi; il principio è lo stesso del ciclone, ma i fluidi purificati escono strabordando dall'alto. Tra due liquidi solo se la Δp è molto evidente.



FILTRAZIONE

Il principio di separazione si basa sulla differenza di volume delle particelle che passano attraverso un mezzo poroso il quale seleziona una parte del particolato, ossia il filtrato.

Il solido può essere trattenuto sulla superficie del mezzo poroso (**CAKE FILTRATION**) o catturato all'interno del filtro (**DEPTH FILTRATION**).

FILTRO A PIASTRE (Plate and Frame)

Chiamato anche **filtro pressa**, è composto da due unità (piastre e telaio) e funziona applicando una pressione la quale fa sì che i telai e le piastre, posti in serie, si chiudano a fisarmonica provocando il passaggio del fluido attraverso il filtro. La sequenza di piastre e telai formano un canale che costituisce il filtro. I telai trattengono il **cake**, che va a depositarsi sul fondo per poi essere estratto quando questi sono completamente riempiti.

Spesso si utilizza un flusso d'acqua che va a lavare il cake in modo da rendere uniforme la filtrazione in ciascun telaio.

È importante sottolineare che lo **slurry**, ossia i fanghi immessi nella filtropressa, contengono meno del 5% di materia secca per cui potrebbero essere necessari ulteriori trattamenti al fine di raffinare il prodotto.

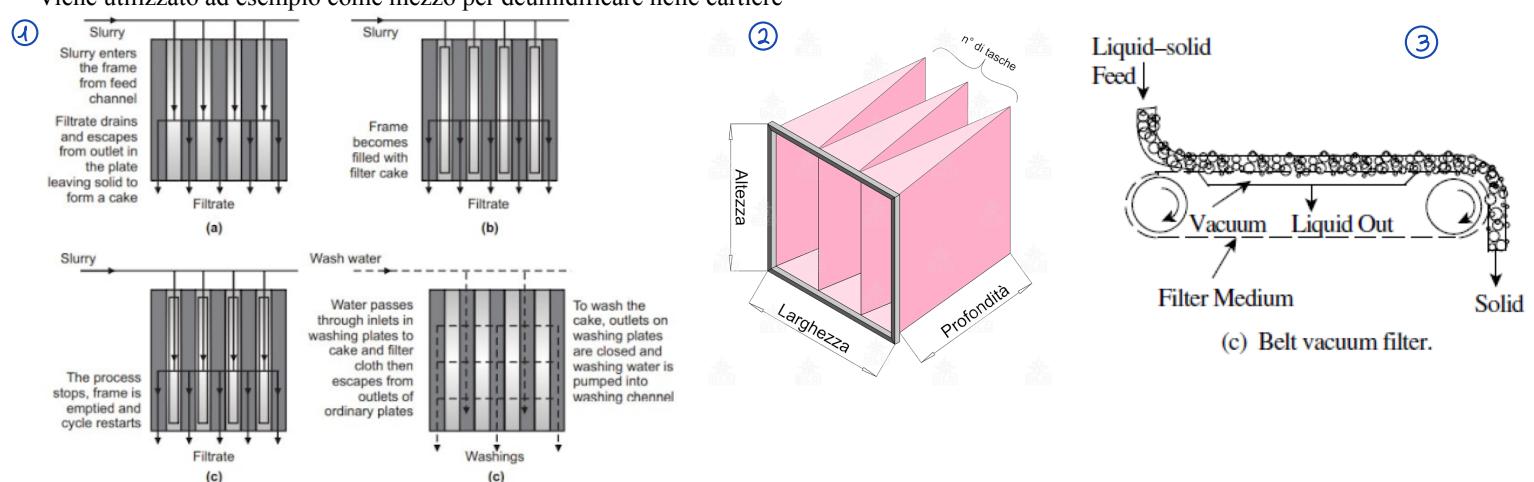
BAG FILTER (FILTRO A TASCHE)

Sono composti da una serie di scompartimenti (tasche) che fungono da mezzo poroso. È utilizzato per miscele gassose con una bassa percentuale di impurezze, come ad esempio aria inquinata; inoltre è necessario che il fluido abbia una buona velocità di impatto contro le pareti delle tasche.

BELT VACUUM FILTER (FILTRO A NASTRO)

La miscela solido-liquido viene posta sul nastro e trasportata su un mezzo poroso, mentre un aspiratore attira le particelle liquide attraverso il filtro. Il filtrato passa dal nastro mentre il solido rimane in superficie e viene portato in un deposito.

Viene utilizzato ad esempio come mezzo per deumidificare nelle cartiere

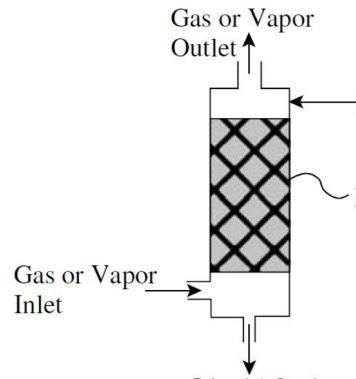


SCRUBBING (LAVAGGIO)

Un flusso gassoso è posto in contatto con una soluzione liquida (solitamente acqua), che va a trascinare via alcune particelle solide se si tratta di una miscela solido-gassosa.

PACKED BED SCRUBBER

Si va a immettere la miscela gassosa dal basso in modo da avere un contatto con la fase liquida. In genere si va a porre un **packing**, ossia una rete che va ad aumentare la superficie di scambio tra le fasi. A quel punto il vapore esce dall'alto depurato.



DRYING (ESSICCAMENTO)

L'essiccamiento consiste nella rimozione di acqua da una sostanza, ma nel nostro caso ci si riferisce alla diminuzione dell'umidità (moisture) da solidi tramite energia termica (solitamente aria calda); tale procedura è detta **thermal drying**. Alcuni macchinari usati per l'essiccamiento termico sono comuni anche nella rimozione di liquidi organici.

TUNNEL DRYERS

Macchinari in cui un contenitore (**tray**) è riempito e posizionato su un carrello e inserito in un forno mentre un flusso ad aria calda va ad essiccarlo.

ROTARY DRYERS

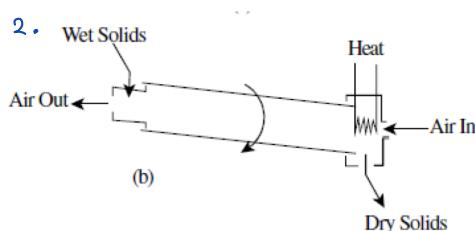
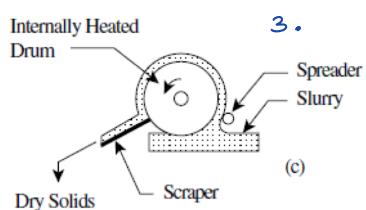
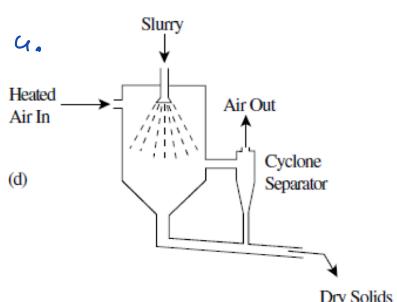
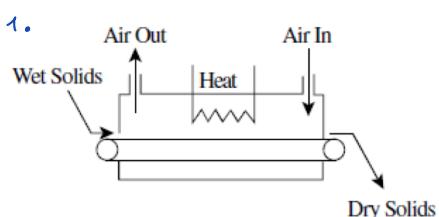
Un cilindro posto in rotazione (**drum or shell**) e inclinato (in modo da incentivare l'azione della forza peso) sposta la materia umida verso l'alto, mentre un flusso di aria calda scorre in basso causando l'essiccamiento una volta che questa cade. Usato nel settore alimentare.

DRUM DRYERS

Sono analoghi ai rotary ma si usa un **tamburo** come mezzo rotante.

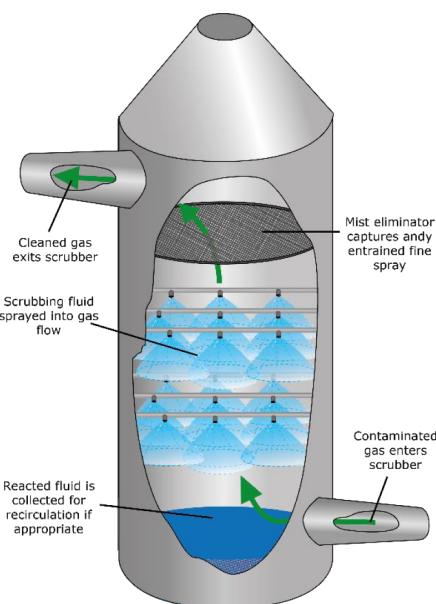
SPRAY DRYERS (ATOMIZZATORE)

Lo slurry viene spruzzato in un imbuto contenente un flusso di aria calda che essicca singolarmente le particelle. È comune trovarlo accoppiato con un ciclone in modo da separare l'aria dalla materia secca.



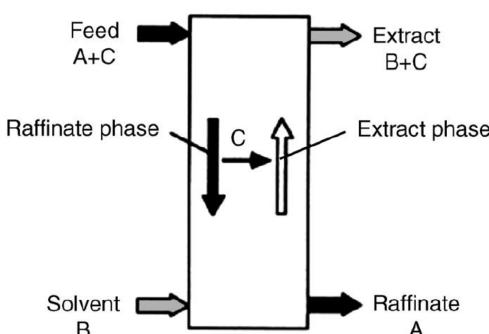
ABSORBIMENTO E STRIPPING

Nell'absorbimento (absorption o **scrubbing**) una miscela gassosa è posta in contatto con un solvente che scioglie selettivamente uno o più componenti della miscela. Solitamente il processo richiede che un composto estraneo (ossia il solvente liquido) venga introdotto nel separatore. Lo **stripping** invece è il procedimento inverso e consiste nel trasferimento del soluto dal liquido alla fase gassosa (vapore). L'absorbimento di fatto è un lavaggio e si svolge in apposite colonne (absorbers).



ESTRAZIONE LIQUIDO - LIQUIDO

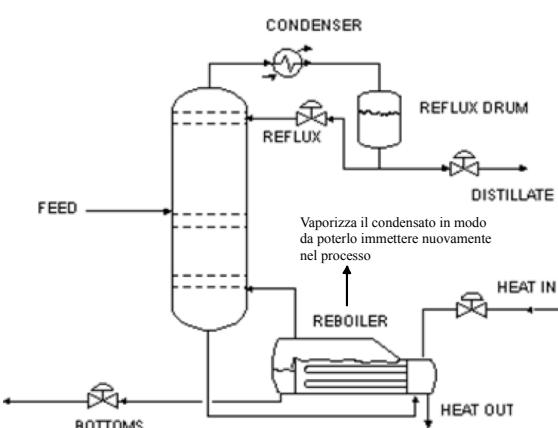
Il principio è analogo all'absorbimento, ma in questo caso la miscela è una soluzione liquida, cui viene aggiunto un liquido immiscibile. In uscita si ha un **raffinato** e un estratto contenente il solvente estraneo che va opportunamente riciclato e nuovamente immesso.



DISTILLAZIONE

L'agente di separazione è la temperatura, ossia si fa leva sulla differenza di temperatura di ebollizione tra i componenti della miscela in modo da separare quelli maggiormente volatili, che verranno successivamente condensati.

Segue un esempio di colonna di distillazione implementata in un processo di reflusso



ADSORBIMENTO

Processo in cui le molecole di **adsorbato** si condensano su una superficie di un **adsorbente** solido (agente di separazione). Il processo si può classificare in due tipologie:

- **Adsorbimento Fisico**, che coinvolge legami fisici tra adsorbente e adsorbato
- **Adsorbimento Chimico**, che coinvolge legami chimici

È un processo comunemente usato nella separazione di miscele gassose, ma anche nella rimozione di piccole quantità di componenti organici da correnti liquide. La caratteristica degli adsorbenti fisici è la **porosità**; i più comuni sono:

CARBONI ATTIVATI

Sono forme di carboni processati in maniera da conferire un'alta porosità, sono utilizzati ad esempio negli impianti di depurazione dell'acqua.

GEL DI SILICE

Forme amorfe di SiO_2 ottenute per trattamento acido di silicati di sodio, successivamente essiccato. Hanno affinità con acqua e materia organica, infatti sono usati come deumidificatori.

SETACCI MOLECOLARI DI ZEOLITI

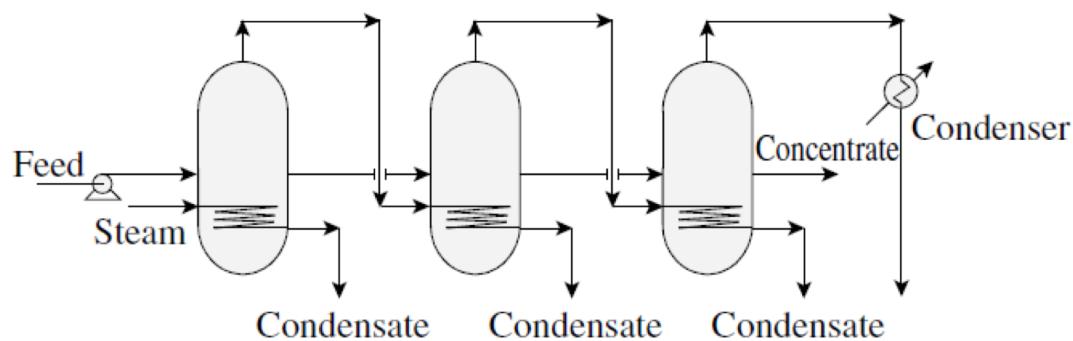
Gli zeoliti sono alluminosilicati cristallini, infatti qua l'adsorbimento avviene nel cristallo, che ha una porosità più uniforme. La dimensione dei pori è relativamente piccola per cui si usano per la separazione a livello molecolare.

MEMBRANE SEMIPERMEABILI

Agiscono per mezzo del gradiente chimico che si sviluppa tra le due superfici e coinvolgono sia fasi liquide che miscele di gas. La miscela viene dunque separata tra un **retentato**, ossia la parte non permeata e il **permeato**.

EVAPORAZIONE

Separa un solvente volatile da un solido. Gli evaporatori in genere sono messi in serie quando la capacità richiesta è elevata (multistage), altrimenti si usano i single stage. Il calore latente sviluppato durante la condensazione viene riutilizzato come riciclo



RISTALLIZZAZIONE

Coinvolge la formazione di un solido cristallino durante il raffreddamento di una miscela liquida; in genere il solido che si forma è il prodotto di interesse.