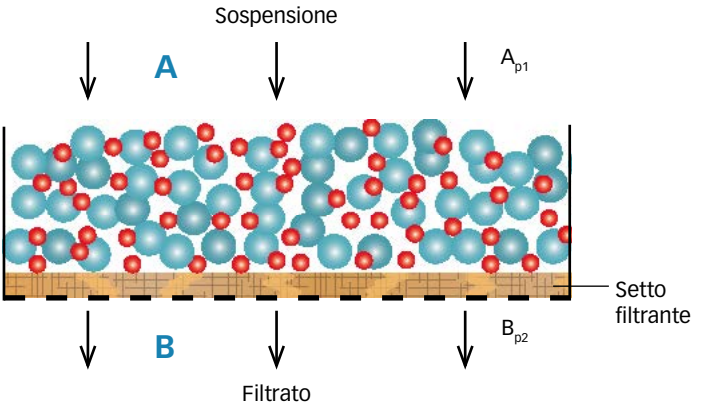
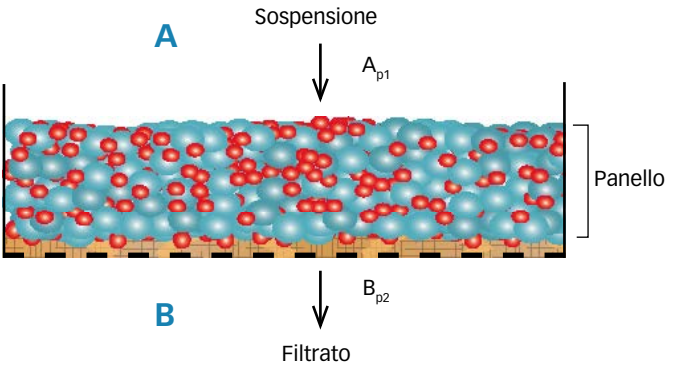
Resa e portata di una filtrazione gravitazionale

Durante la filtrazione di un liquido avvengono alcuni fenomeni che in genere rallentano la sua velocità e possono portare al blocco della stessa attività filtrante. Il "sistema filtro" è costituito da due ambienti: uno posto sopra il setto filtrante dove si pone il miscuglio da filtrare (A), e l'altro (B) posto al di sotto del filtro, dove si recupera il liquido illimpidito. L'ambiente A si trova a una pressione p_1 esercitata dal peso del miscuglio liquido da filtrare, mentre l'ambiente B si troverà a una pressione p_2 minore della precedente.



La **resa** dell'azione filtrante è in stretta relazione alla **portata** o **velocità di flusso** del liquido filtrato e corrisponde alla quantità di liquido filtrato nell'unità di tempo (si indica con la lettera greca Ψ - pronuncia *psi*). Se tale valore rimane elevato e costante nel tempo significa che il filtro sta lavorando in modo ottimale con un'alta resa.
In realtà, durante la filtrazione di un miscuglio liquido, le particelle solide, che sono sottoposte alla sola pressione di gravità sui pori del filtro, incontrano una naturale **resistenza** che farà progressivamente diminuire la velocità del flusso Ψ. Ciò è dovuto non solo al fatto che man mano che la filtrazione prosegue diminuisce la pressione del liquido sul filtro, ma anche perché sulla superficie del setto filtrante si deposita sempre più residuo solido che va a costruire un **panello** (o **torta**).

Il panello progressivamente fa rallentare la filtrazione, in quanto esso stesso svolge un'azione filtrante (in pratica aumenta lo spessore del filtro). Questo fenomeno prende il nome di **colmataggio**.



L'aumento della pressione p_1 in A (per esempio riportando a livello di partenza il miscuglio da filtrare) non corrisponde a un apprezzabile aumento della velocità di filtrazione, in quanto la pressione p_1 può provocare una maggiore compressione del panello fino all'occlusione dei microscopici passaggi che consentono il movimento del liquido filtrato.
Il rimescolamento del residuo depositato sul setto filtrante può determinare una ripresa dell'azione filtrante, destinata comunque a interrompersi progressivamente.
L'equazione generica che esprime il flusso di un fluido attraverso un letto poroso si esprime con:

$$\Psi = \Delta P/R$$

dove ΔP è la differenza di pressione tra gli ambienti A e B (p_1-p_2) e R è la resistenza che il fluido incontra durante il suo moto. Il valore di R non rimane costante durante la filtrazione in quanto dipende da vari fattori che possono condizionare la filtrazione nel suo complesso.

Fattori condizionanti la filtrazione gravitazionale

I principali fattori che possono condizionare la **resa** di un filtro sono:

- la porosità e la permeabilità del filtro (r);
- lo spessore (s) e la superficie (S) del filtro;
- la natura del composto da filtrare (liquido + solido);
- la pressione all'entrata e all'uscita del filtro (ΔP);
- la temperatura della sostanza da filtrare (T).

La **porosità** del filtro (nota anche come grana o *cut-off*) indica la soglia di trattenimento delle particelle e corrisponde al rapporto (espresso in percentuale) tra il volume vuoto (pori) e il volume totale del filtro. La porosità non dipende solo dal diametro dei pori, ma anche dalla sostanza di cui è costituito il filtro e della sua granulometria. Per esempio, la porosità della farina fossile è pari al 90%, la carta filtrante all'80%, la ceramica porosa al 50%.

La **permeabilità** è una caratteristica che permette al filtro il passaggio più o meno agevole del liquido da filtrare e si esprime in *darcy* (1 darcy corrisponde a un 1 cm^2 di superficie, per 1 cm di spessore, con pressione di 1 bar, dotato di viscosità di 1 *centipoise*, attraversato da 1 ml di liquido in un secondo). Le farine fossili hanno una permeabilità 3-6 volte superiore a quella dei cartoni.

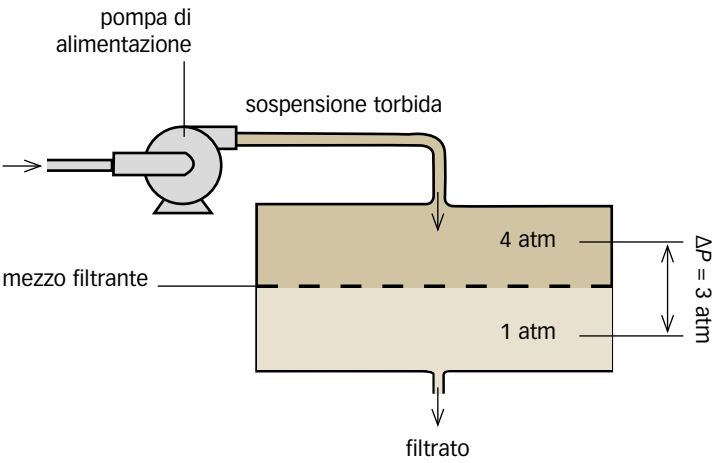
Lo **spessore** del filtro (s), ovviamente, è inversamente proporzionale alla velocità di filtrazione, in quanto maggiore è la sezione filtrante minore sarà la portata del filtro per unità di tempo.

Al contrario la **superficie** del filtro (S) è direttamente proporzionale alla portata della filtrazione perché aumenta la superficie di contatto tra liquido e setto poroso.

La **natura del composto** liquido-solido da filtrare può condizionare fortemente la velocità di filtrazione. Il **liquido da filtrare** può essere più o meno denso e viscoso (come i fluidi colloidali e biologici) e questo particolare può determinare un rallentamento del flusso filtrante a causa della minore capacità di movimento del liquido rispetto al setto filtrante.

Relativamente alla **parte solida** da separare, è importante considerarne la forma, le dimensioni e il grado di comprimibilità. Come abbiamo detto, le particelle che si depositano sul setto filtrante, se hanno una consistenza colloidale o vischiosa (come i liquidi alimentari complessi), vanno a formare uno strato solido (panello o torta) più o meno omogeneo e comprimibile, che col passare del tempo aumenta di spessore e ostacola l'azione filtrante fino a bloccarla.
Al contrario un residuo solido cristallino e incomprimibile consentirà sempre il passaggio del liquido e farà diminuire in minor misura la velocità del flusso filtrante.

La **differenza di pressione** tra l'entrata e l'uscita del sistema filtrante ΔP è un importante fattore su cui agire per rendere più rapida la durata della filtrazione.
Infatti, esercitando una pressione sul panello dal lato dell'alimentazione del filtro (**filtri sotto pressione**) o creando un vuoto parziale dal lato opposto (**filtri sotto vuoto**), si favorisce il moto del fluido attraverso il setto poroso; a seconda della natura del panello, questo può però portare anche alla costipazione del sistema filtrante che conseguentemente assume consistenza plastica diventando più o meno impermeabile portando progressivamente a zero la capacità filtrante.



Quindi è necessario lavorare alla pressione più adatta in modo da rendere funzionale il sistema senza rallentare troppo la velocità dell'operazione.

Da quanto esposto possiamo riformulare la **legge generale della filtrazione** (**equazione di Darcy**) in modo più dettagliato come segue:

$$\Psi = \Delta P/R = \Delta P \cdot S/r\mu s$$

dove si prende in considerazione la superficie S e lo spessore s del filtro, la viscosità del liquido da filtrare μ e il valore della **resistenza specifica** r, che si riferisce alla natura del panello (comprimibilità) e alla porosità del setto filtrante.

Bisogna ricordare, infine, che anche l'aumento della **temperatura** del liquido accelera la velocità di filtrazione in quanto diminuisce la viscosità del liquido stesso. Si può calcolare che all'incremento di 1 grado di temperatura corrisponde l'aumento di circa il 3% della velocità filtrante.

Si può quindi desumere che maggiore è la viscosità del miscuglio da filtrare e più alto è lo spessore del setto filtrante (compreso il panello che si forma), minore sarà la velocità della filtrazione. Al contrario, una maggiore superficie filtrante, una temperatura non fredda e una differenza di pressione elevata tra l'ambiente da filtrare e quello sottostante faranno aumentare la portata dell'azione filtrante (filtrazioni sotto vuoto).