

Appunti del corso di Istituzioni di tecnologia alimentare

Parte 15° Evaporatori

ZEPPA G.
Università degli Studi di Torino



Separazione

Operazioni in cui si ha la separazione dei componenti di una miscela in base a differenze geometriche o/o fisiche

Operazioni unitarie

| | | |
|---------------------------|-------------------|---------------------|
| ✦ Vagliatura | Filtrazione | Spremitura |
| ✦ Centrifugazione | Decantazione | Evaporazione |
| ✦ Separazione con cicloni | Estrazione | Distillazione |
| ✦ Separazione pneumatica | Adsorbimento | Flottazione |
| ✦ Osmosi inversa | Cristallizzazione | Deionizzazione |
| ✦ Elettrodialisi | Gel-filtrazione | Degasazione |
| ✦ Flocculazione | | |

Operazioni complesse

| | |
|--------------------|---------------------------|
| ✦ Sgusciatura | Depicciolatura |
| ✦ Snocciolatura | Pelatura |
| ✦ Detorsolatura | Disossatura |
| ✦ Pigiadiraspatura | Crioconcentrazione |
| ✦ Cernita | Lavaggio |

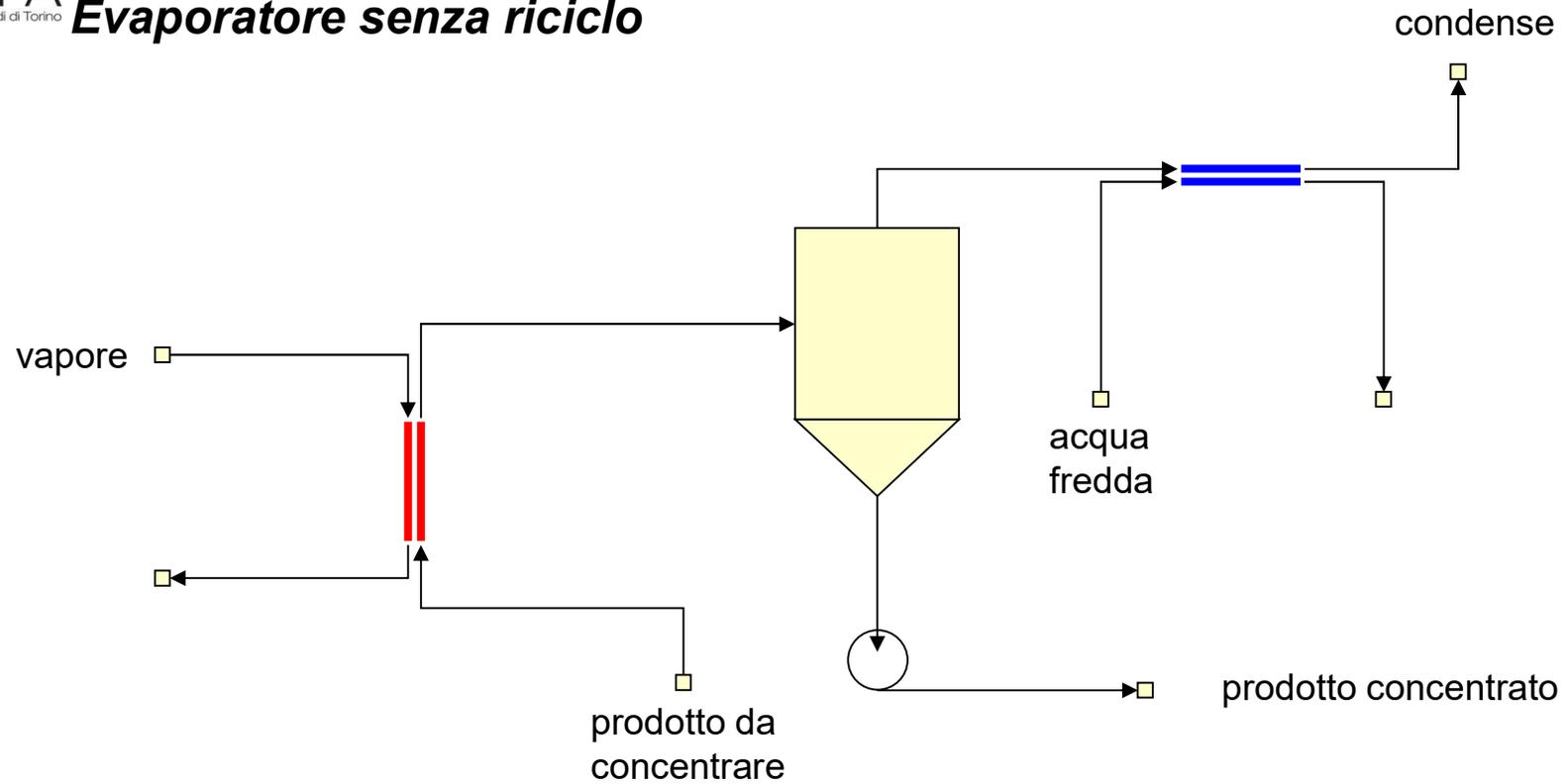
Concentrazione

- La concentrazione è definita come la parziale eliminazione del solvente (acqua in genere) da una soluzione
- Aumenta la conservabilità del prodotto e consente di preparare i prodotti per altri trattamenti (essiccamento, liofilizzazione o cristallizzazione)
- E' una tecnica molto utilizzata nelle IA (succhi concentrati, latte in polvere, zucchero)
- I vantaggi sono la riduzione del volume dei prodotti e quindi i minori costi di stoccaggio e trasporto
- Gli svantaggi sono l'utilizzo di elevate temperature con perdita delle componenti volatili e delle componenti termolabili → utilizzo di basse pressioni
- Tecniche di concentrazione sono:
 - evaporazione
 - crioconcentrazione
 - osmosi inversa

Evaporazione

- E' un sistema molto antico, utilizzato forse ancora prima della scoperta del fuoco e basato sul sole
- Un sistema di evaporazione è formato da
 - scambiatore → sistema di riscaldamento del prodotto
 - separatore → area dove avviene la separazione del liquido concentrato dal vapore
 - condensatore → scambiatore per la condensazione del vapore sia diretto (il vapore è mescolato con l'acqua di raffreddamento) o indiretto (scambiatore a superficie)
- Molto importanti l'evaporatore il cui funzionamento dipende dalla sua struttura fisica, dal tipo di prodotto, dalle incrostazioni eventuali di superficie, dal movimento del prodotto ecc.
- Esistono evaporatori senza riciclo (il prodotto passa un volta sola nell'evaporatore e nel separatore uscendo alla concentrazione voluta) o con riciclo (il prodotto passa più volte nell'evaporatore e nel separatore e riceve altro prodotto da trattare)
- Un sistema di evaporazione può essere a **singolo effetto** od a **multiplo effetto**. Quest'ultimo può essere in **equicorrente** od in **controcorrente**

Evaporatore senza riciclo

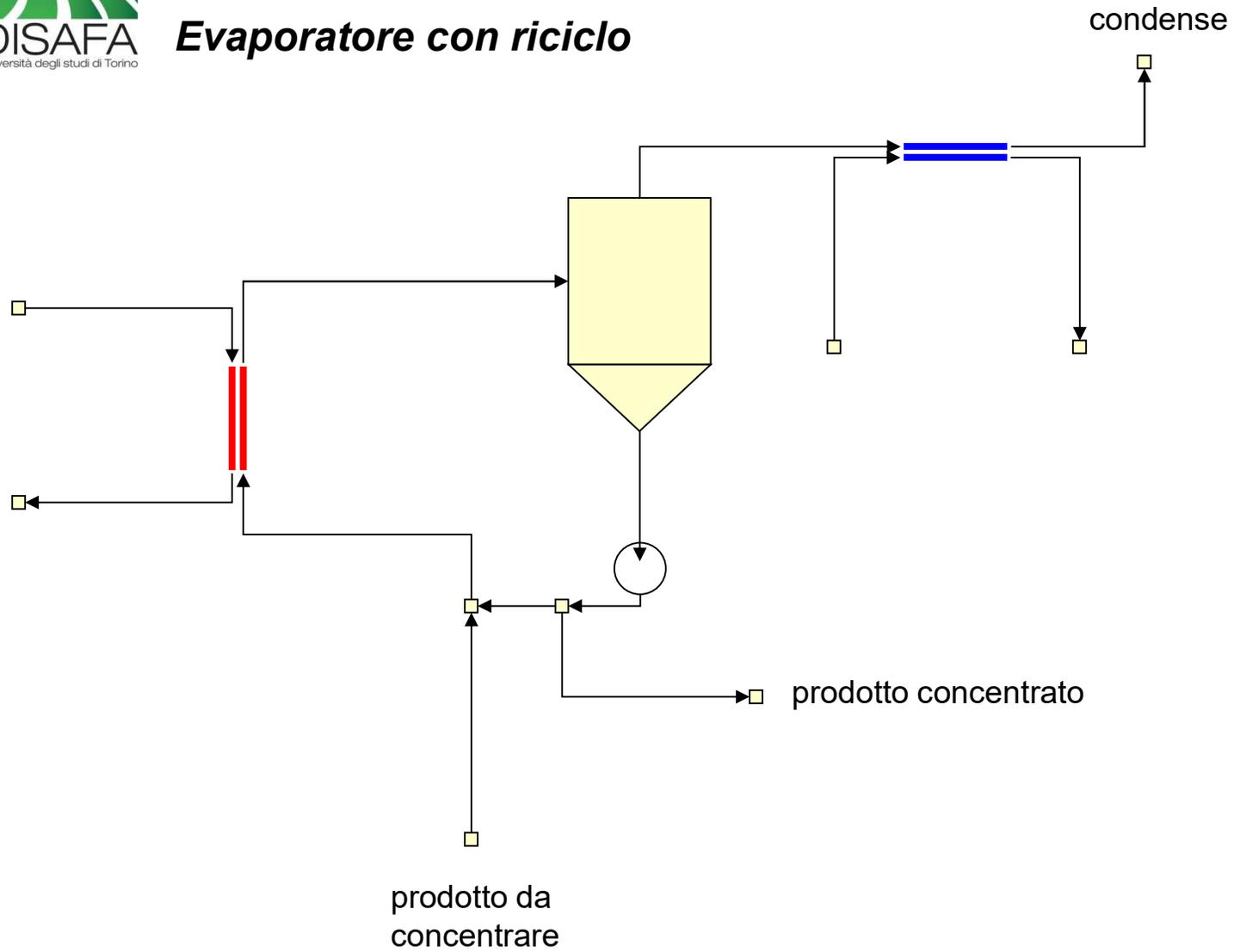


scambiatore

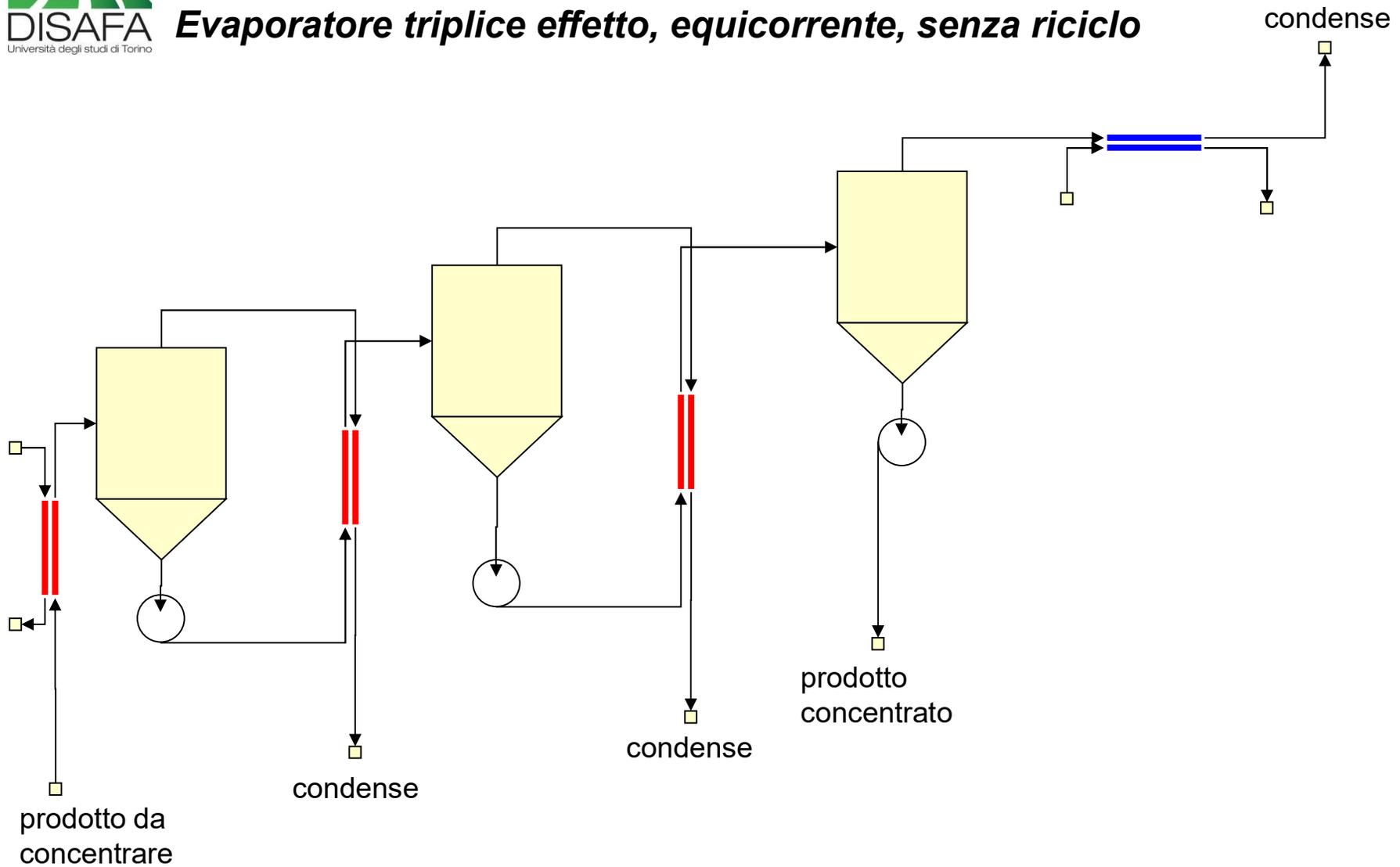
evaporatore

condensatore

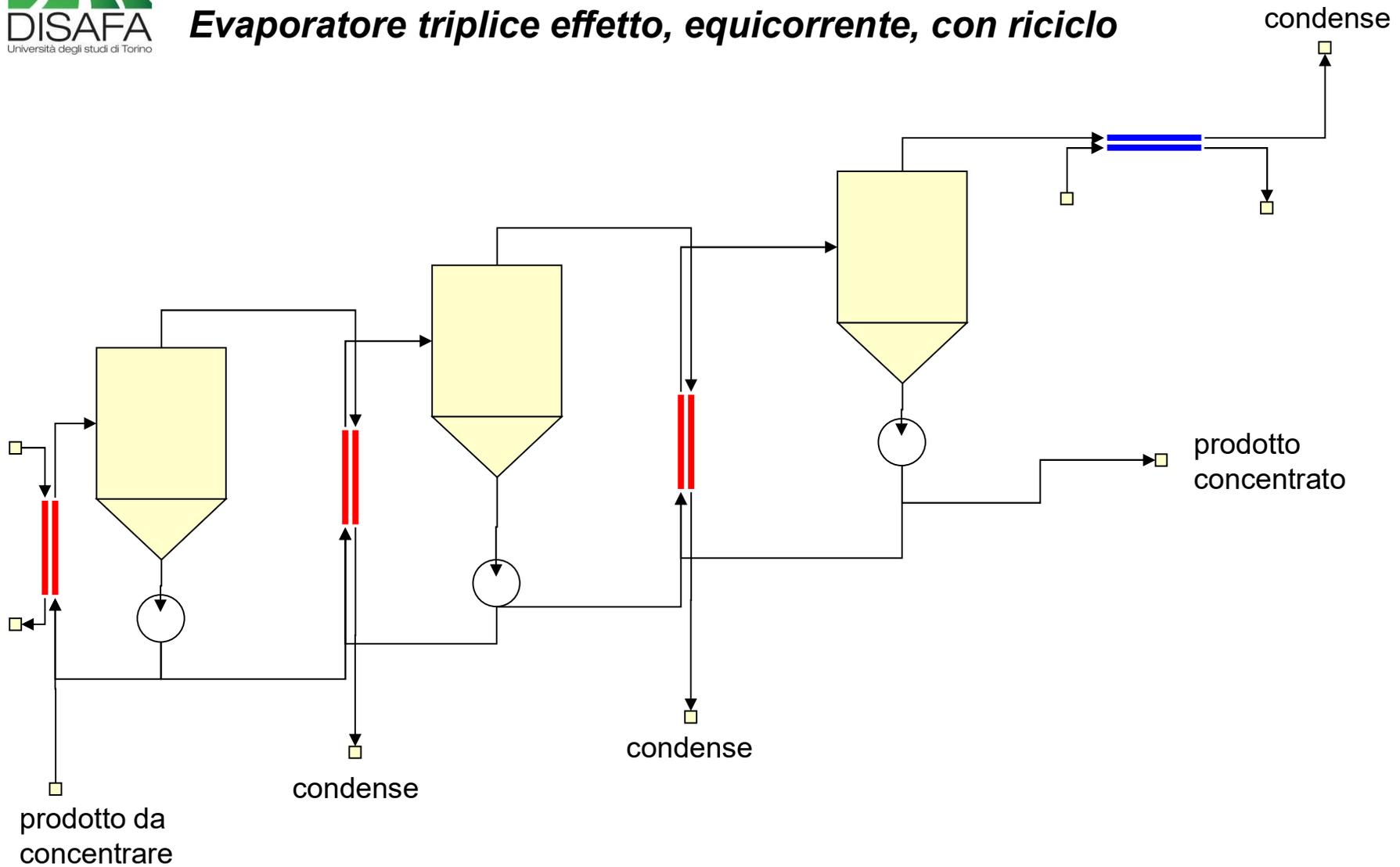
Evaporatore con riciclo



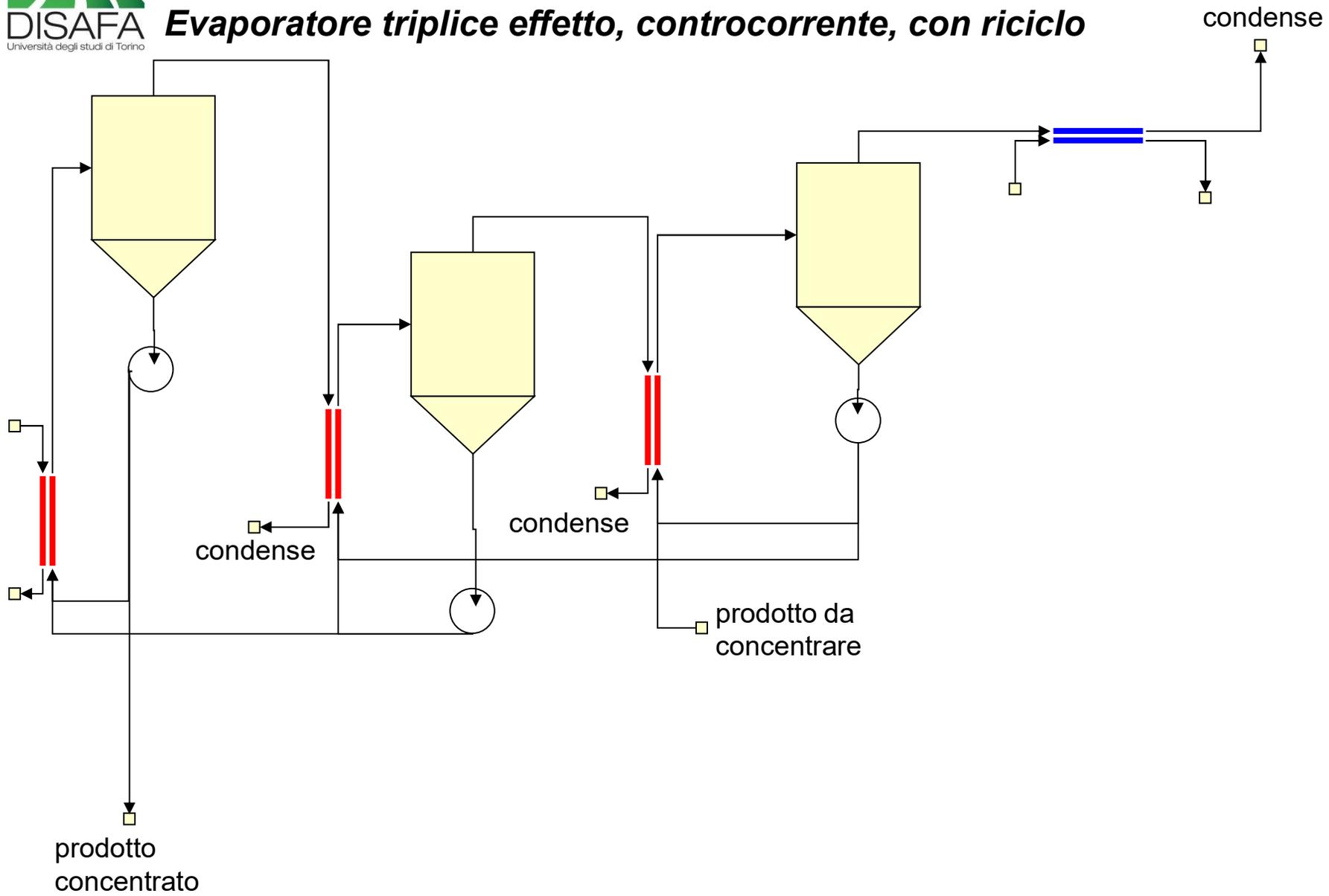
Evaporatore triplice effetto, equicorrente, senza riciclo



Evaporatore triplice effetto, equicorrente, con riciclo



Evaporatore triplice effetto, controcorrente, con riciclo



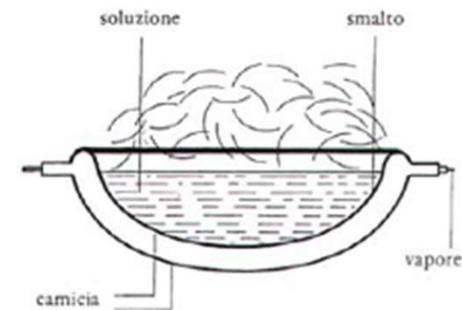
Poco utilizzati se non in situazioni artigianali

| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamicciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |



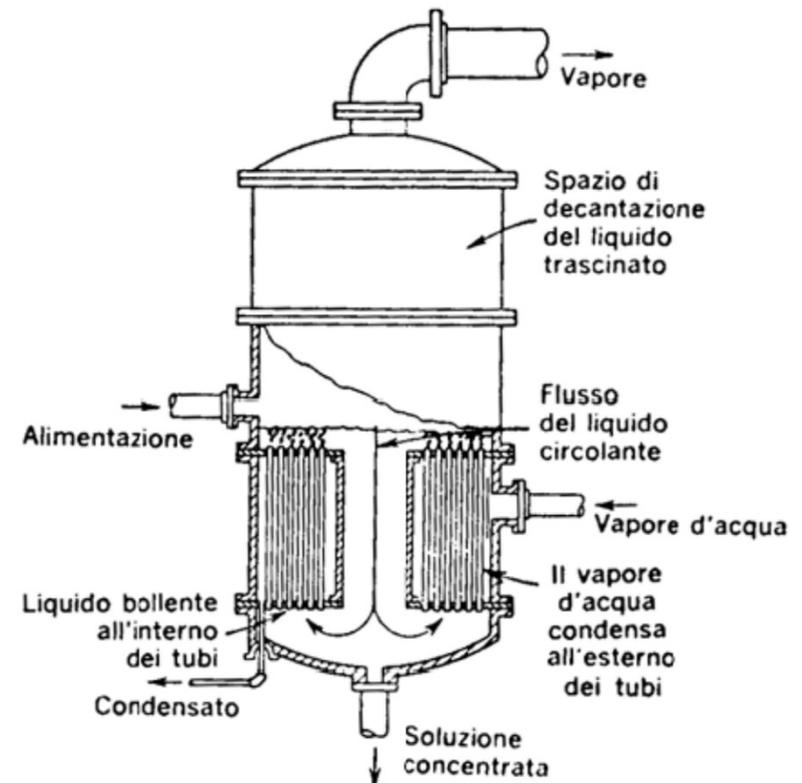
| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | ← |
| Incamiciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | ← |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |

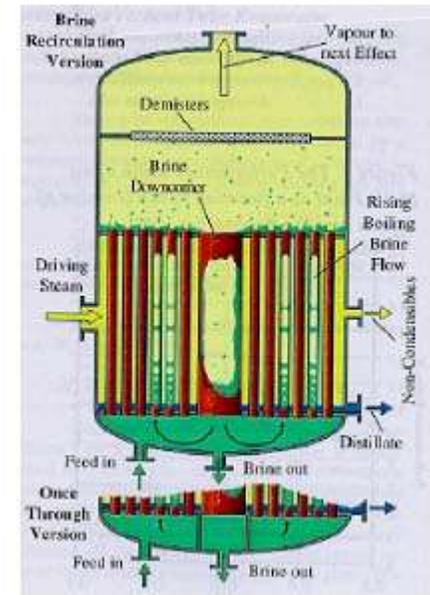
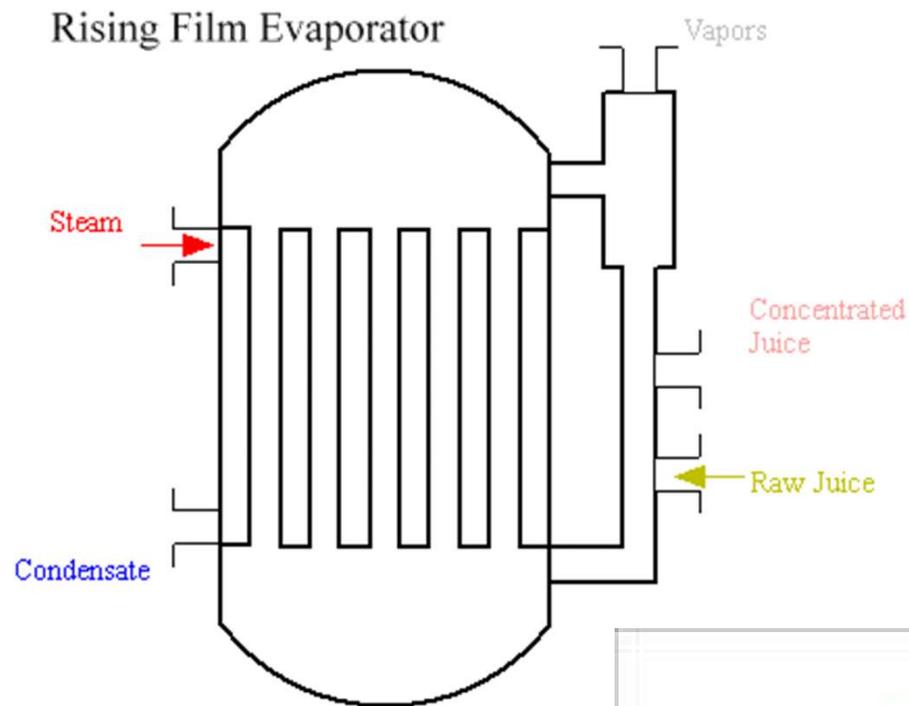
Poco utilizzati se non per liquidi molto viscosi. Richiedono sempre un agitatore. Si utilizzano per piccole produzioni



| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamiciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |

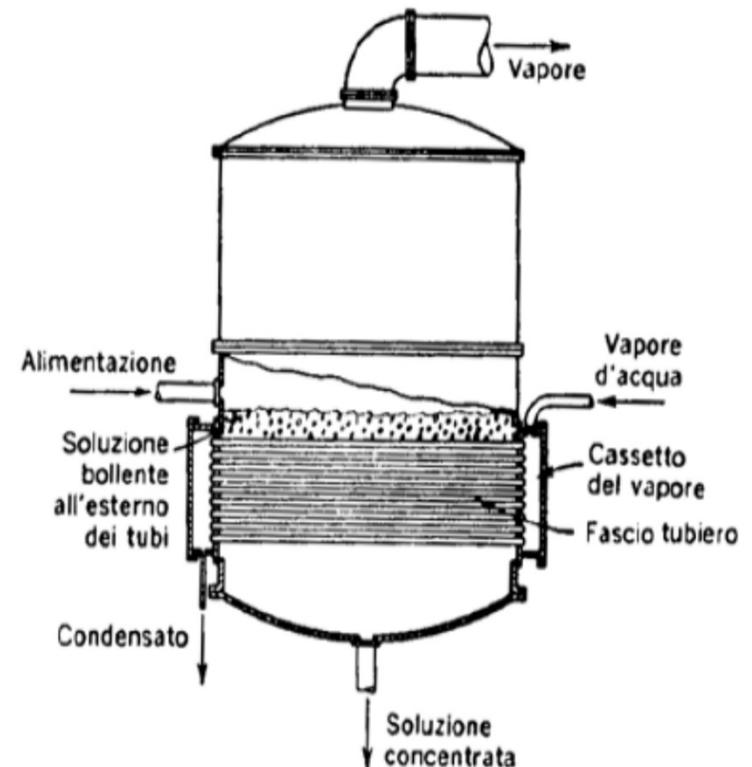
I tubi sono corti (circa 2 m) con diametro grande (circa 10 cm). L'evaporazione si ha nei tubi con circolazione naturale attraverso il canale centrale di grande diametro. E' poco costoso, molto resistente e può essere utilizzato anche per soluzioni che lasciano incrostazioni o per soluzioni con concentrazioni alquanto elevate



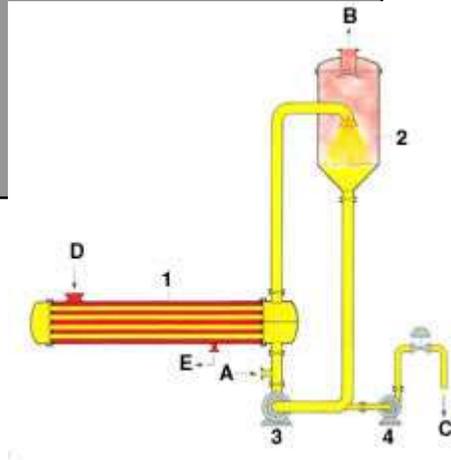


| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamiciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |

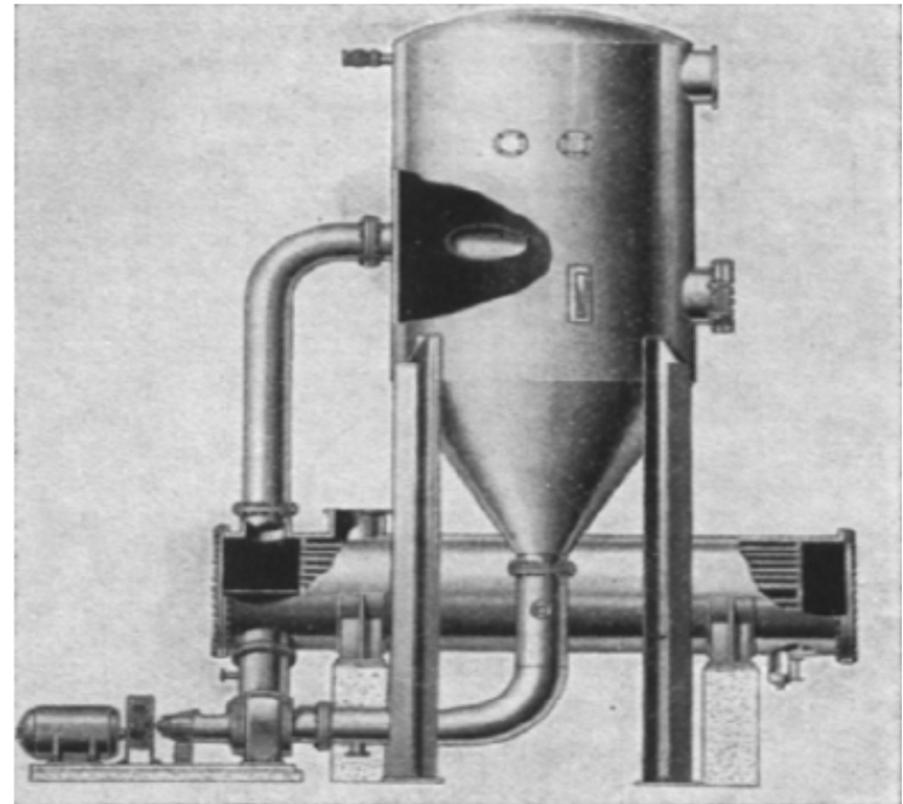
Si presentano in genere come cilindri verticali. Nella parte inferiore vi è una serie di tubi orizzontali nei quali passa il vapore di riscaldamento, il fascio tubiero è completamente immerso nella soluzione. Questo tipo di evaporatori si rivela adatto per soluzioni non troppo viscosi che non depositano cristalli. Presentano costi di produzione inferiori rispetto ad altri tipi.



| Evaporatori | | |
|-------------------|--|---------------------------|
| A fuoco diretto | | |
| Incamicciati | | |
| A tubi | | Corti |
| | | Sommersi |
| | | Lunghi a film ascendente |
| | | Lunghi a film discendente |
| A piastre | | |
| A film agitato | | |
| Centrifughi | | |
| Wurling | | |
| A bolla | | |
| A pompa di calore | | |



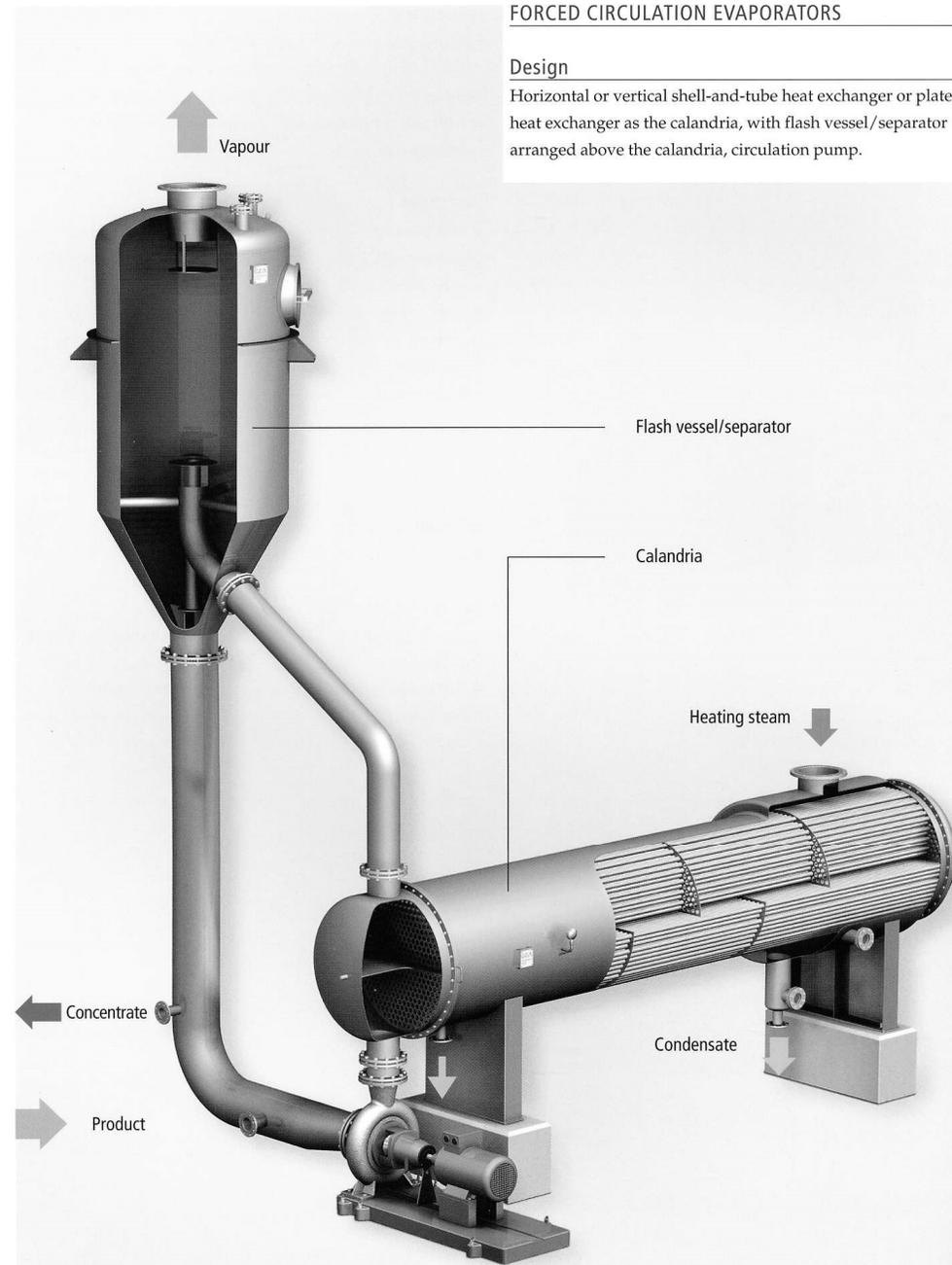
Negli evaporatori sommersi a circolazione forzata il movimento della soluzione evaporante avviene grazie ad una pompa. Si utilizza se la viscosità è alta e, di conseguenza, la velocità di passaggio ed il coefficiente di scambio risulterebbero troppo bassi con una semplice convezione naturale. Lo scambiatore di calore può essere posto all'intero del corpo evaporante, o all'esterno con maggiore semplicità di pulizia e sostituzione dei tubi danneggiati, nonché un minor ingombro.



FORCED CIRCULATION EVAPORATORS

Design

Horizontal or vertical shell-and-tube heat exchanger or plate heat exchanger as the calandria, with flash vessel/separator arranged above the calandria, circulation pump.

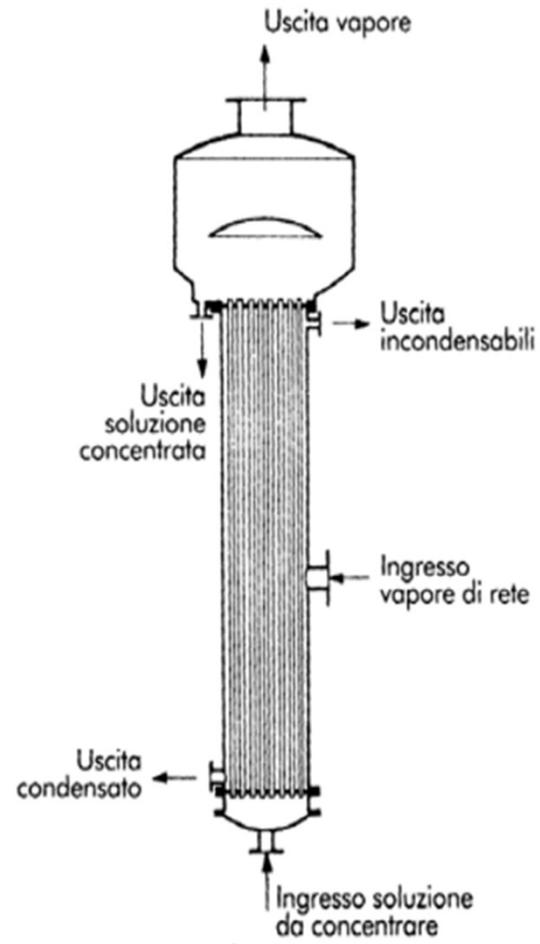


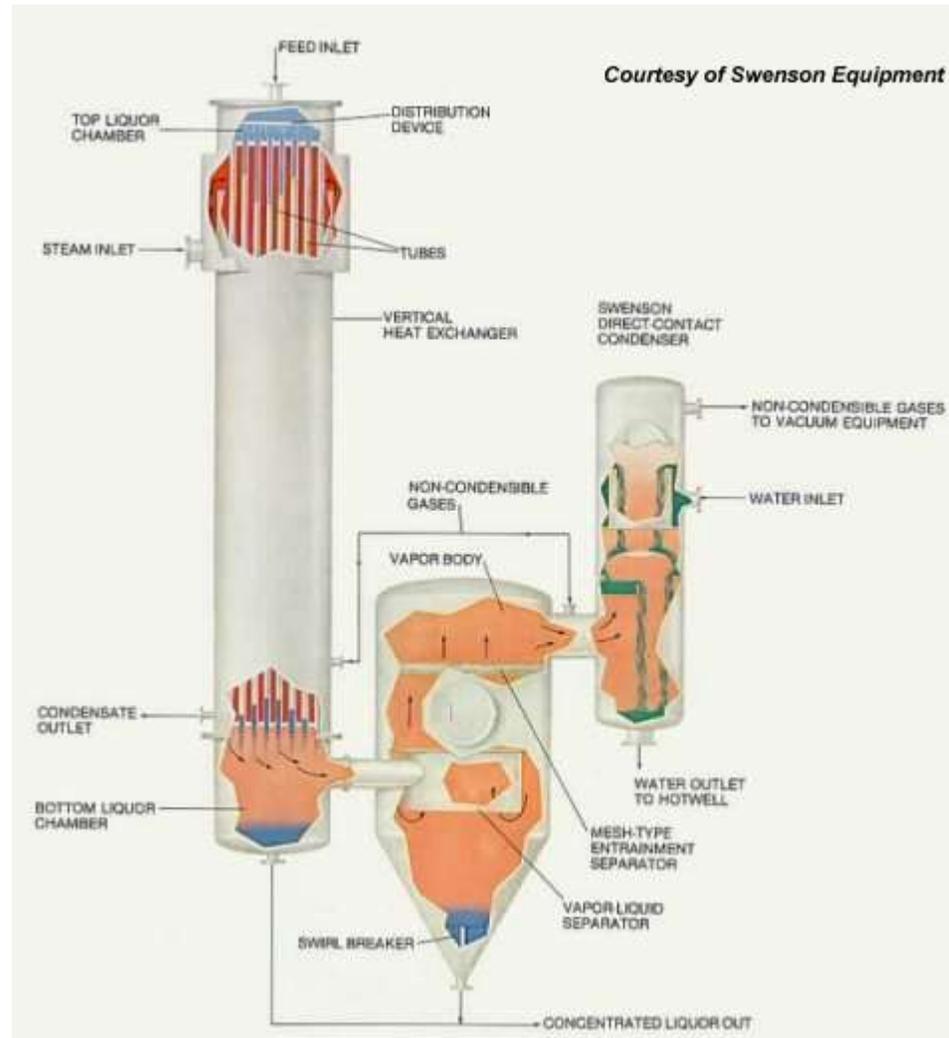
Istit 2

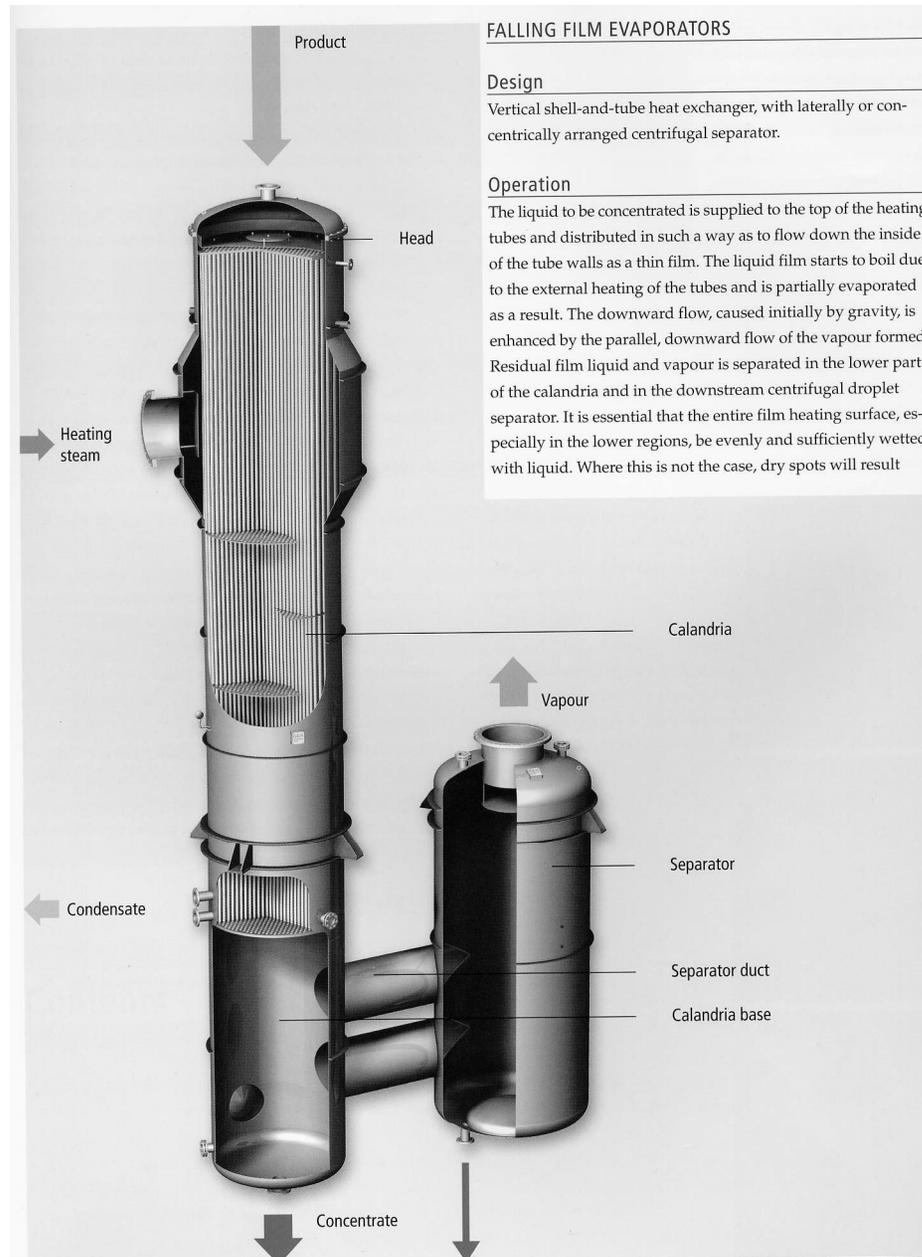
| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamiciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |

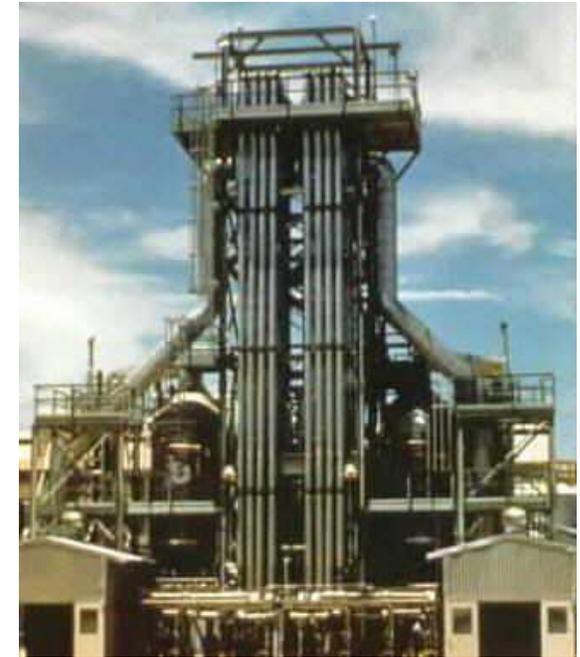
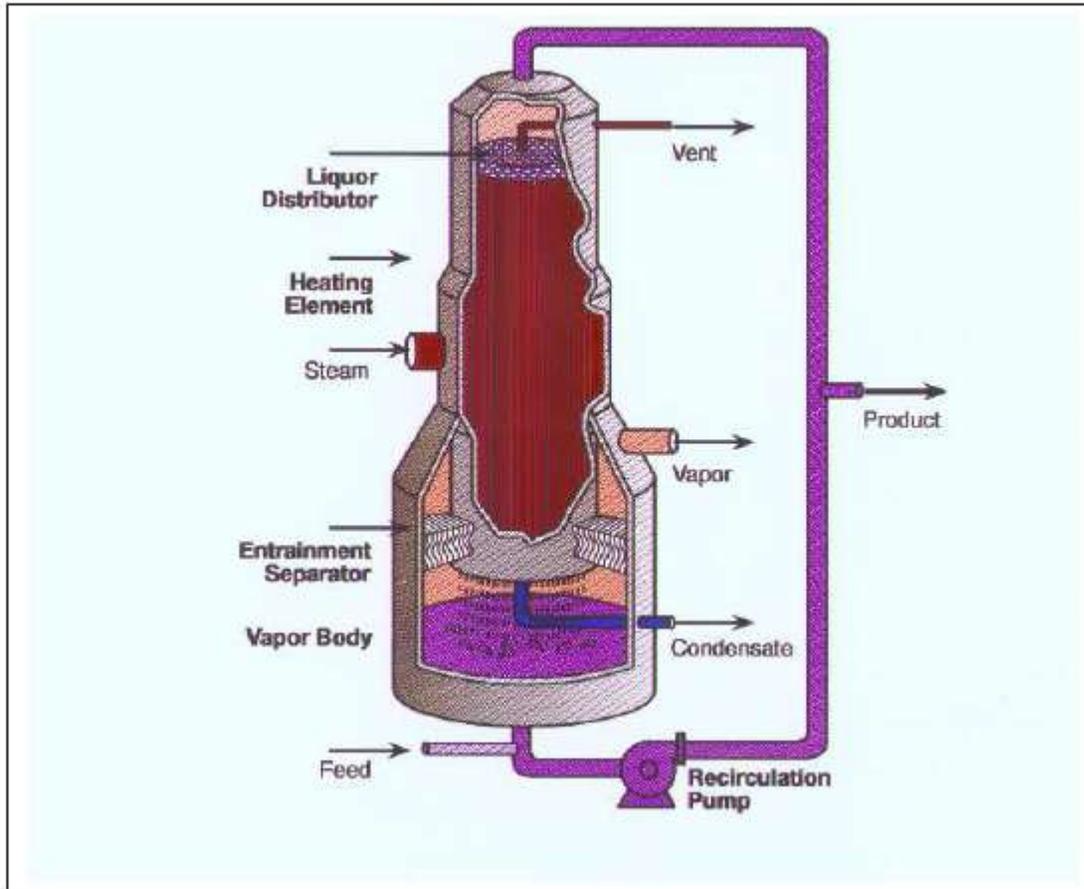
Gli evaporatori a tubi verticali lunghi, detti anche tipo *Kestner*, presentano un numero ridotto di tubi lunghi (circa 6 ÷ 7 metri e circa 2 cm di φ) nei quali circola la soluzione da concentrare. Il movimento del liquido all'interno dello scambiatore è dovuto alla gravità, se **discendente** o cadente od al trascinamento dovuto all'ebollizione, se **ascendente**. All'esterno dei tubi, nel contenitore cilindrico che li racchiude, viene inviato vapore. La soluzione, alimentata dalla parte inferiore, viene mantenuta nei tubi a un livello piuttosto basso, circa un terzo della loro lunghezza.

In genere questi modelli consentono coefficienti di scambio molto elevati grazie alla velocità del liquido a contatto dei tubi, piuttosto alta, ma sono molto sensibili alla formazione di sporco dovuto alla precipitazione di solidi sulla superficie di scambio, che diventa il punto di massima temperatura e concentrazione. Sono particolarmente usati nell'industria del pomodoro, del siero e dei vini grazie al breve tempo di stazionamento.











Istit 1

| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamicciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |



DISAFA
Università degli studi di Torino

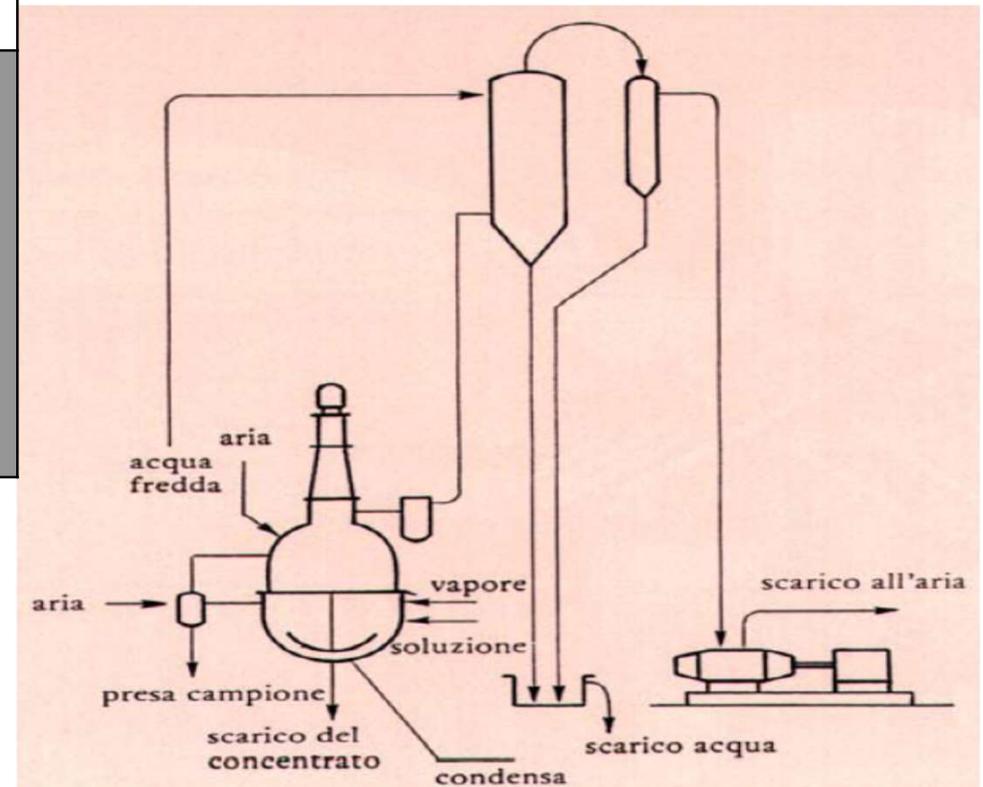
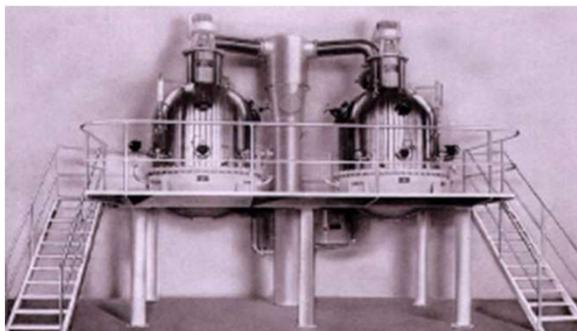
| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamiciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |

| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamiciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |

| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamicciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |

| Evaporatori | |
|-------------------|---------------------------|
| A fuoco diretto | |
| Incamiciati | |
| A tubi | Corti |
| | Sommersi |
| | Lunghi a film ascendente |
| | Lunghi a film discendente |
| A piastre | |
| A film agitato | |
| Centrifughi | |
| Wurling | |
| A bolla | |
| A pompa di calore | |

Le bolle sono degli evaporatori incamiciati chiusi, operanti sotto vuoto, molto utilizzate nelle industrie alimentari. Un agitatore interno serve a evitare incrostazioni sulla superficie interna della bolla e a facilitare la trasmissione del calore. Sono generalmente utilizzate nelle industrie di pomodoro, confetture e saccarifera.

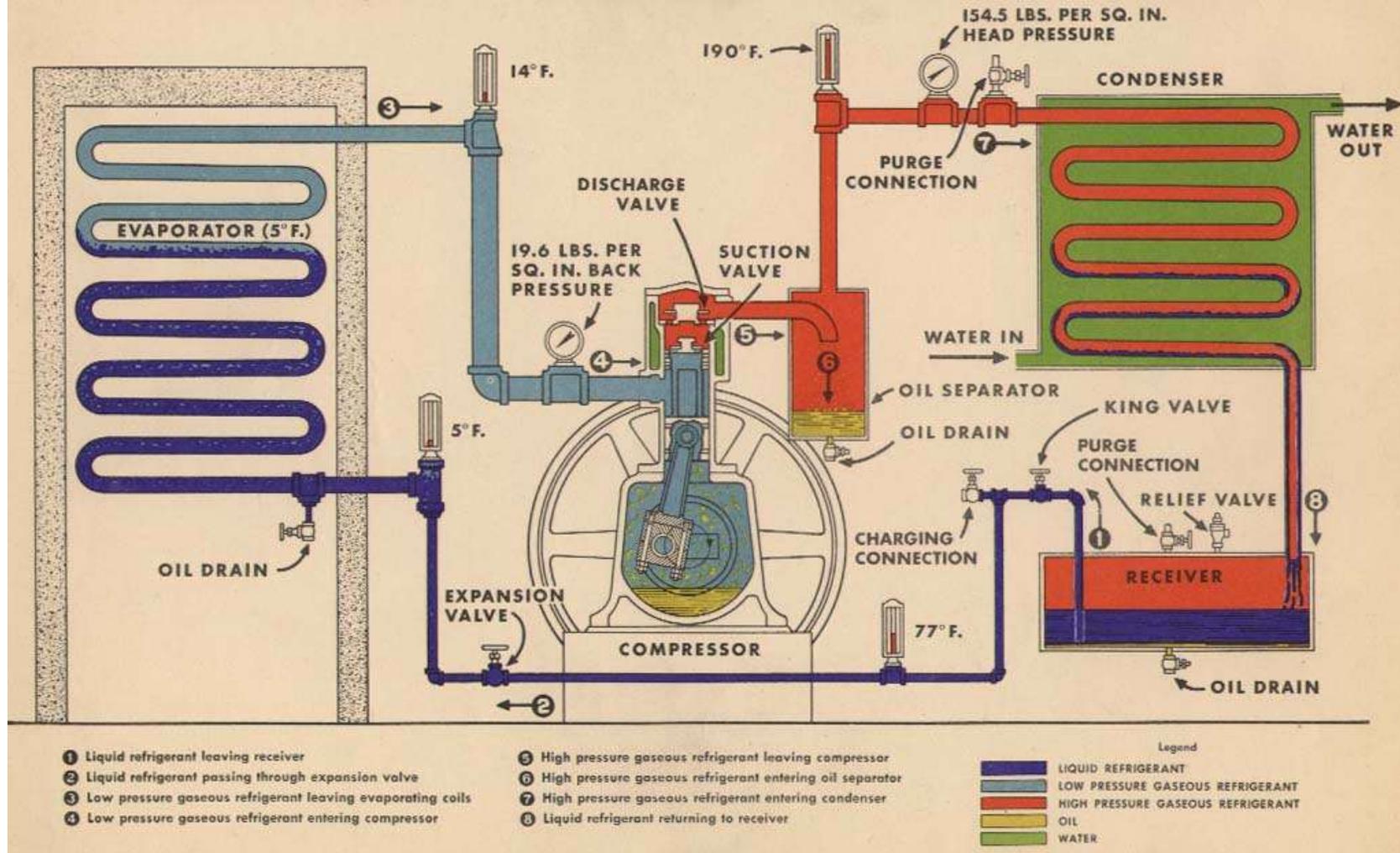


| Evaporatori | | |
|-------------------|--|---------------------------|
| A fuoco diretto | | |
| Incamicciati | | |
| A tubi | | Corti |
| | | Sommersi |
| | | Lunghi a film ascendente |
| | | Lunghi a film discendente |
| A piastre | | |
| A film agitato | | |
| Centrifughi | | |
| Wurling | | |
| A bolla | | |
| A pompa di calore | | |

Evaporatori che utilizzano una pompa di calore per generare l'energia termica necessaria ad evaporare ed utilizzano lo stesso gas frigotecnico per condensare i vapori. Dal punto di vista energetico equivalgono ai sistemi a 3-4 effetti ma consentono una riduzione dei costi di investimento in quanto l'evaporazione avviene in un unico effetto. La tecnica è più efficiente delle tradizionali ad acqua calda / vapore a singolo effetto, essendo competitivi con gli schemi a multiplo effetto; hanno comunque costi energetici 2 - 5 volte più alti di uno schema a ricompressione meccanica del vapore



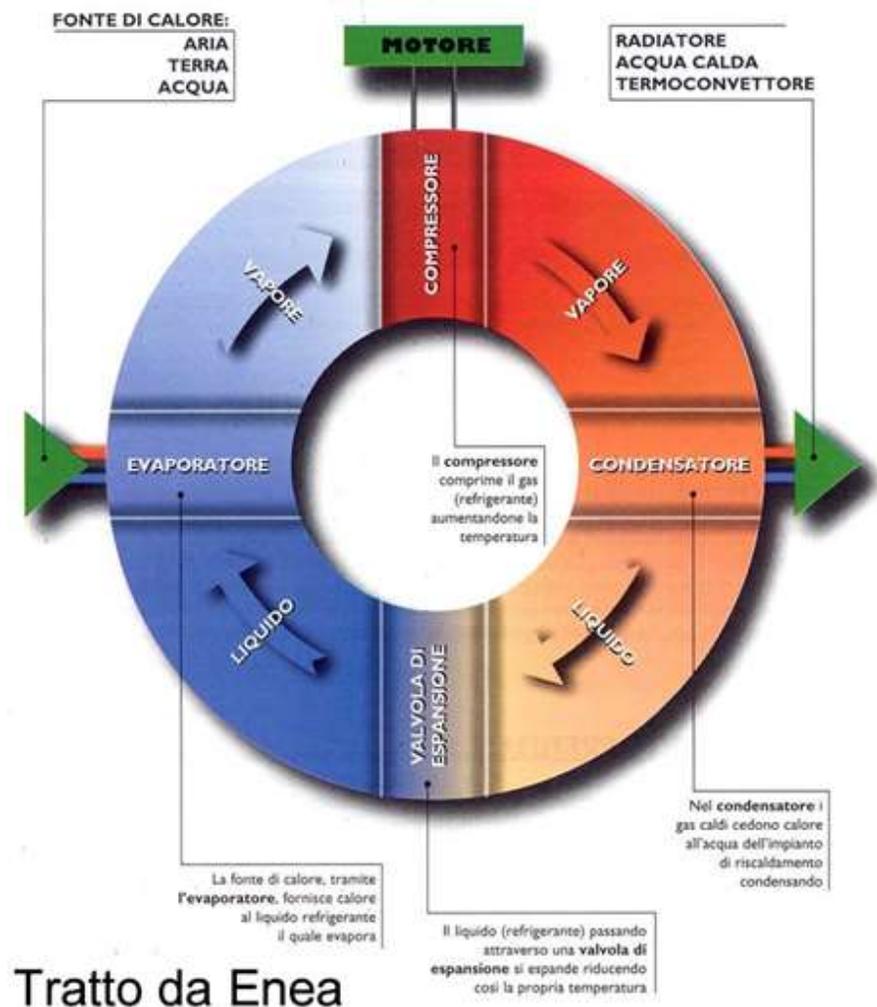
Flow Diagram of Compression Refrigeration System



La pompa di calore è una macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta. Il loro ciclo termodinamico è assolutamente uguale a quello dei frigoriferi. La sostanziale differenza consiste nel fatto che nei frigoriferi ci interessa il calore sottratto alla sorgente fredda, mentre nelle pompe di calore interessa il calore ceduto alla sorgente calda.

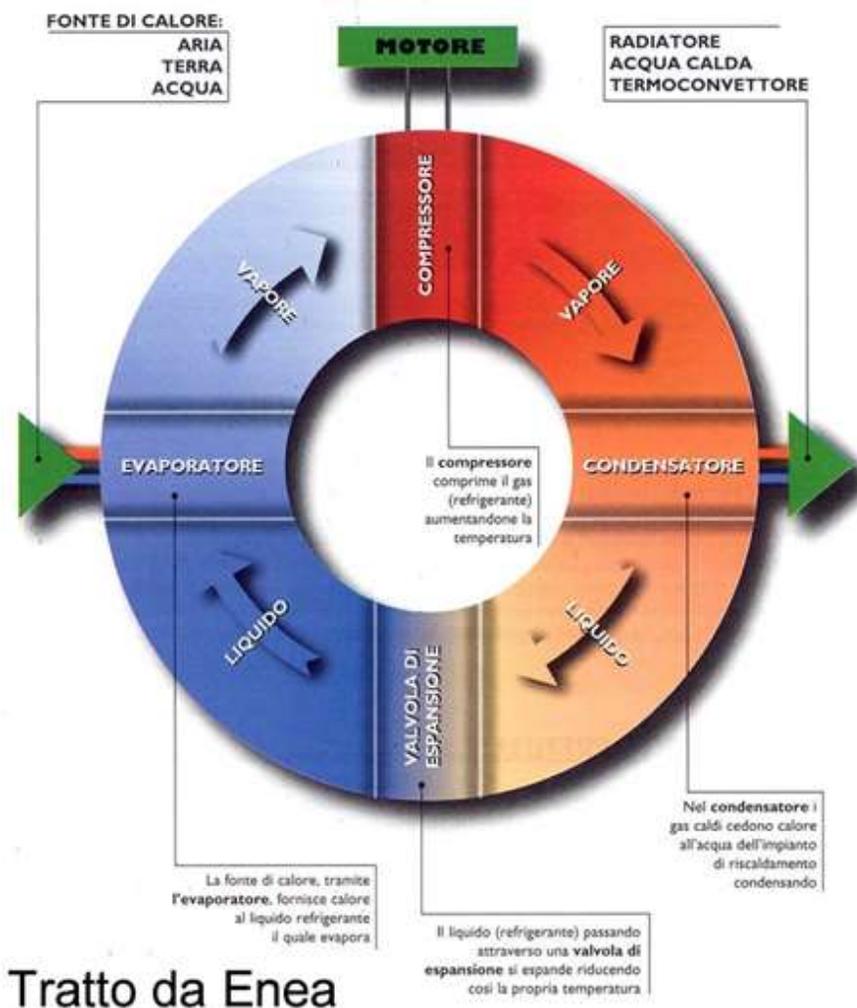
La pompa di calore è costituita da un circuito chiuso, percorso da uno speciale fluido (frigorifero) che, a seconda delle condizioni di temperatura e di pressione in cui si trova, assume lo stato di liquido o di vapore. Il circuito chiuso è costituito da:

- un compressore;
- un condensatore;
- una valvola di espansione;
- un evaporatore.



Il condensatore e l'evaporatore sono costituiti da scambiatori di calore, cioè tubi che sono a contatto con un fluido di servizio (acqua o aria) e nei quali scorre il fluido frigorifero. Il fluido cede calore al condensatore e lo sottrae all'evaporatore.

I componenti del circuito possono essere raggruppati in un unico blocco oppure divisi in due parti (sistemi "SPLIT") raccordate dai tubi nei quali circola il fluido frigorifero



Essa si compone essenzialmente di un circuito sigillato all'interno, nel quale un gas, normalmente Freon R22, compie un intero ciclo termodinamico, detto di Carnot, che consiste in pratica in una compressione quasi adiabatica (a volume praticamente costante) avvenendo in un compressore volumetrico di tipo ermetico.

Durante la prima fase del ciclo, detta compressione, il freon aumenta di pressione e di temperatura con un incremento del proprio contenuto entalpico; nella seconda fase il freon attraversa uno scambiatore, detto condensatore, nel quale viene a contatto con l'acqua o l'aria, cedendo loro in contro corrente il calore immagazzinato nelle due fasi precedenti.

Nella terza fase del ciclo termodinamico, il freon attraversa una valvola di espansione ove subisce un processo di "laminazione" e una conseguente riduzione di pressione e quindi un calo della temperatura. Questo cambiamento di stato da gas a liquido è utilizzato nell'evaporazione (quarta fase) dove il freon si troverà a temperature molto basse, tali da permettergli di assorbire calore dal fluido vettore esterno apportatore di energia.

