

GENERATORI DI VAPORE

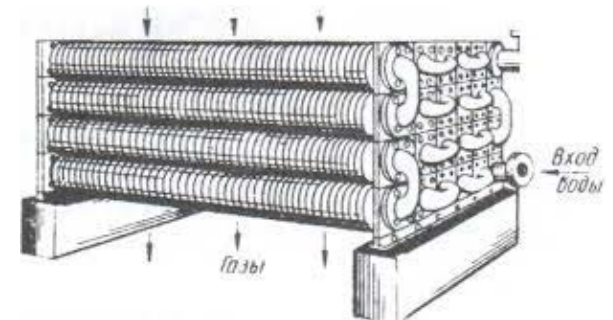
GLI APPARECCHI AUSILIARI

Gli argomenti che seguono sono tratti dalla Biblioteca Tecnica Hoepli - La conduzione dei generatori di vapore di Pierangelo Andreini e Fernando Pierini.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI - **ECONOMIZZATORI**

Gli economizzatori - sono apparecchi montati tra caldaia e camino, servono ad utilizzare parte del calore posseduto dal fumo prima che si disperda nell'atmosfera.



Il calore viene ceduto all'acqua di alimentazione della caldaia migliorando così il rendimento dell'impianto.

Un economizzatore può anche essere vaporizzatore quando il calore fornito dai fumi è maggiore di quello necessario per fare raggiungere all'acqua la temperatura del vapore saturo esistente in caldaia.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – **ECONOMIZZATORI 2**

La temperatura dei fumi prima dell'economizzatore è variabile a seconda del tipo di impianto, ma può raggiungere elevati valori, ad esempio, di 350-400 °C.

L'aumento di rendimento conseguibile, sfruttando il calore dei fumi, è pertanto molto elevato (nelle vecchie caldaie anche il 10%, nelle nuove il 4-6%), cosicché il costo dell'economizzatore può essere ripagato in un tempo relativamente breve.

La pulizia dei depositi che si formano sulle superfici di scambio lato fumi degli economizzatori viene normalmente effettuata per soffiatura a vapore, e più raramente mediante lavaggio.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – **ECONOMIZZATORI**

Gli economizzatori possono essere a tubi lisci oppure a tubi alettati.

Economizzatori a tubi lisci

Si impiegano economizzatori a tubi lisci in acciaio quando la natura del combustibile, la temperatura dell'acqua di alimento e la temperatura del fumo sono tali da non far temere corrosioni sulle superfici esterne dei tubi.

Quando invece si hanno da temere corrosioni si utilizzano economizzatori con tubi in ghisa.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – ECONOMIZZATORI

Economizzatori a tubi alettati - sono molto usati perché più resistenti e meno ingombranti, a parità di scambio termico; ciò costituisce un vantaggio sia dal punto di vista economico che della sistemazione generale dello impianto.

Le alettature aumentano la superficie di scambio dal lato del fumo, e cioè dal lato del fluido che trasmette il calore; possono essere di forma circolare o quadrangolare.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – **ECONOMIZZATORI**

Gli economizzatori a **tubi alettati** venivano in passato costruiti interamente in ghisa. Ora si fanno in tubi di acciaio (più resistenti alla pressione) ricoperti di elementi alettati in ghisa (meglio resistenti alla corrosione) o in acciaio con l'alettatura in acciaio se non si hanno da temere corrosioni.

Gli economizzatori di grandi dimensioni possono essere di tipo composito, e cioè con alettatura in acciaio, più economica, nella zona di più alta temperatura, e in ghisa nella zona più fredda nella quale appunto sono da temere corrosioni.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – **ECONOMIZZATORI**

La ghisa ha una resistenza alla corrosione superiore a quella dell'acciaio.

Una combustione ad olio pesante o altro combustibile con alto contenuto di zolfo sconsiglia l'impiego anche di alettature in acciaio.

L'azione dell'acido solforico mette rapidamente fuori servizio l'economizzatore.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – **ECONOMIZZATORI**

Nelle installazioni moderne l'economizzatore costituisce sempre più un insieme unico con la caldaia, e quindi senza alcuna possibilità di escluderlo né dal lato fumi né dal lato acqua.

A caldaia in funzione, tutto il fumo e tutta l'acqua di alimento passano sempre attraverso l'economizzatore.

Economizzatore



Per poter escludere l'economizzatore sarebbe necessario l'impiego di opportune serrande per l'invio diretto del fumo al camino e di opportune valvole di intercettazione e sorpasso lato acqua.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI - PRERISCALDATORI D'ARIA -1

Il preriscaldatore d'aria serve a riscaldare l'aria comburente, sfruttando, assieme all'eventuale economizzatore, il calore ancora posseduto dai fumi, all'uscita della caldaia.

Viene così, inoltre, migliorata la combustione, elevando la temperatura della fiamma e diminuendo quindi la possibilità di formazione degli incombusti.



Preriscaldatore (interno)

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI - PRERISCALDATORI D'ARIA -1

I preriscaldatori d'aria si distinguono in *tipi statici* e in *tipi rotanti o rigenerativi*, per le potenze piccole e medie si adottano normalmente i tipi statici dei quali il più diffuso è il tipo tubolare.

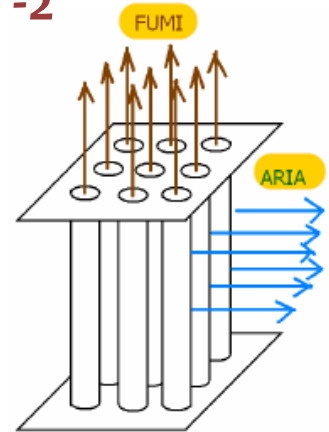
Il tipo tubolare è costituito essenzialmente da un parallelepipedo con piastre tubiere sulle facce opposte (che possono essere due facce opposte orizzontali, cioè superiore o inferiore, ovvero due facce opposte verticali) collegate da uno o più fasce di tubi dritti.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

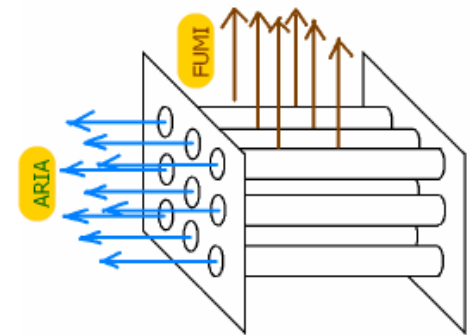
APPARECCHI AUSILIARI - PRERISCALDATORI D'ARIA -2

Nel caso di tubi verticali (a tubi da fumo) i tubi sono verticali e vengono percorsi all'interno dal fumo e attraversati dall'esterno, in più passaggi, dall'aria.



Nel caso di tubi orizzontali (a tubi d'aria), si hanno uno o più banchi di tubi orizzontali percorsi all'interno dall'aria e attraversati dall'esterno perpendicolarmente dal fumo.

A questa categoria appartengono i preriscaldatori d'aria a **tubi alettati in ghisa**, indicati quando si temano corrosioni per condense acide.

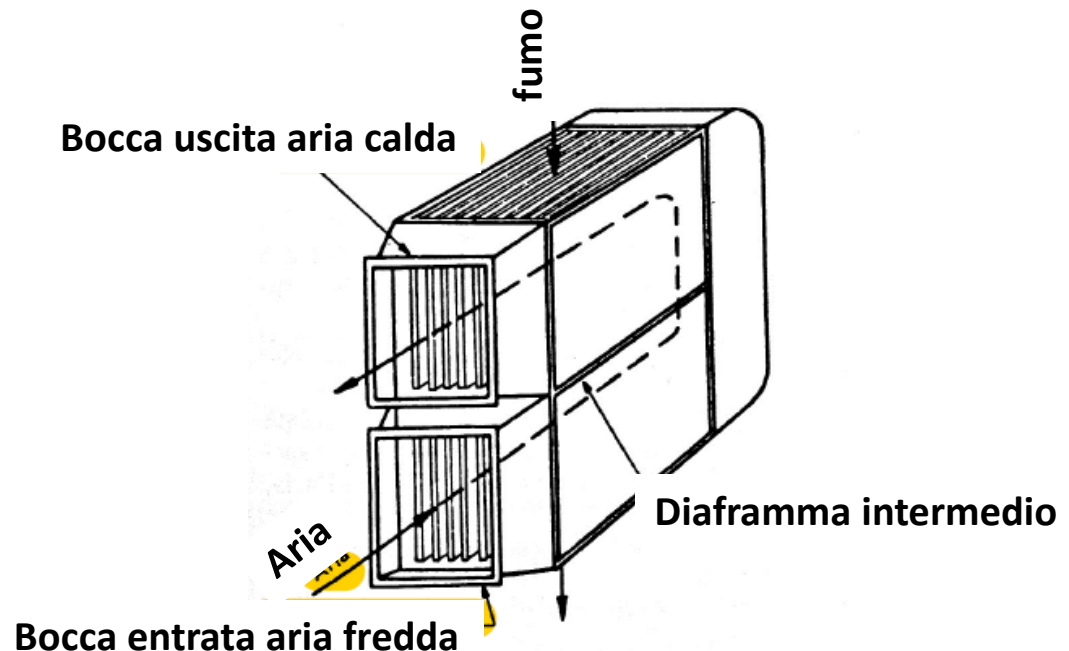


LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI - PRERISCALDATORI D'ARIA -3

Il tipo a tasche - Ora poco impiegato, è costituito da lamiere sottili (1-2 mm) parallele.

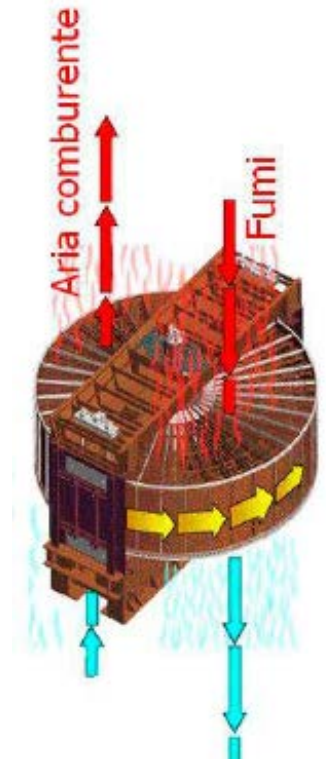
Nello spazio esistente tra le lamiere, passano in corrente incrociata il fumo e l'aria comburente.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI - PRERISCALDATORI D'ARIA -4

Preriscaldatori rotanti - Il più diffuso è il “**Ljungstrom**” che è costituito da un tamburo orizzontale ad asse verticale ruotante, per mezzo di un motore elettrico, il quale porta all'interno tante lamelle metalliche dello spessore di circa 1 mm, generalmente riunite in cestelli per una più facile sostituzione.

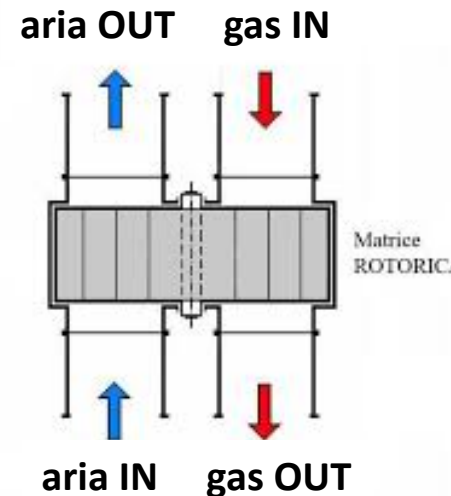


LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI - PRERISCALDATORI D'ARIA ROTANTI

Durante il funzionamento il tamburo è per circa metà investito dai fumi caldi e per la rimanente parte dalla aria fredda:

La massa metallica rappresentata dalle lamelle si riscalda, accumula calore quando è in posizione tale da essere attraversata dai fumi, poi, quando si trova in posizione tale da essere attraversata dall'aria, cede ad essa il calore immagazzinato.



La continua rotazione del tamburo fa sì che il trasporto di calore, dal fumo all'aria, avvenga con continuità.

Questo tipo di preriscaldatore è molto diffuso nei grandi impianti.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI - **SURRISCALDATORI**

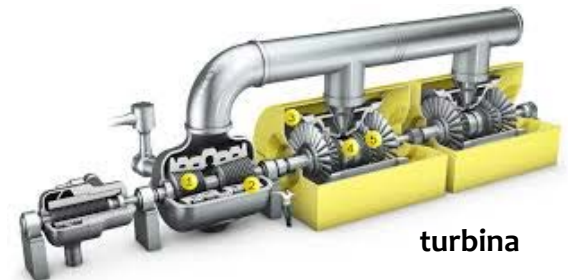
I **surriscaldatori** servono a surriscaldare il vapore, cioè a trasformarlo da vapore saturo in vapore surriscaldato.

Il surriscaldamento è indicato nei seguenti casi:

1. Quando il vapore viene **impiegato per produrre forza motrice**.

Il rendimento della macchina migliora perché si eleva la temperatura entro cui essa funziona, inoltre risultano ridotte le condensazioni.

Un numero troppo elevato di goccioline d'acqua provoca un'azione erosiva sulle palette mobili degli ultimi stadi della turbina.



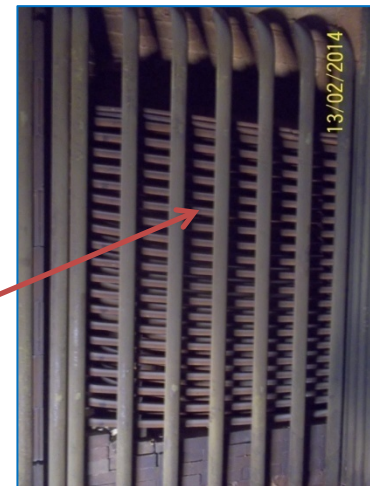
LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – SURRISCALDATORI-2

2. Quando la **rete di distribuzione del vapore agli utilizzatori è relativamente lunga**. In questo caso il vapore saturo è oggetto a parziale condensazione man mano che esso lambisce le pareti relativamente fredde delle tubazioni.
- Il surriscaldamento si effettua somministrando al vapore ulteriore calore, è necessario quindi prelevare il vapore sviluppatosi nel generatore ed inviarlo in una serie di tubi, lambiti esternamente dai prodotti della combustione.



Surriscaldatore



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – SURRISCALDATORI -3

I tubi, del diametro di 25-40 mm, possono avere una disposizione verticale o orizzontale, essere piegati a U o a serpentino. Le estremità sono saldate in testate collettrici a sezione tonda o eventualmente quadra.



Nel passato le temperature di surriscaldamento si aggiravano al massimo sui 350-400 °C; i tubi erano pertanto realizzati in acciaio al carbonio.

Ora, nei moderni impianti, si superano spesso i 500°C, per cui il materiale impiegato è spesso speciale, resistente alle alte temperature.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – SURRISCALDATORI-4

I surriscaldatori, a differenza degli economizzatori, che si pongono alla fine del circuito di utilizzazione del fumo, sono sistemati in punti della caldaia in cui i prodotti della combustione hanno ancora una elevata temperatura (da 600 a 900°C ed anche 1100-1200°C).



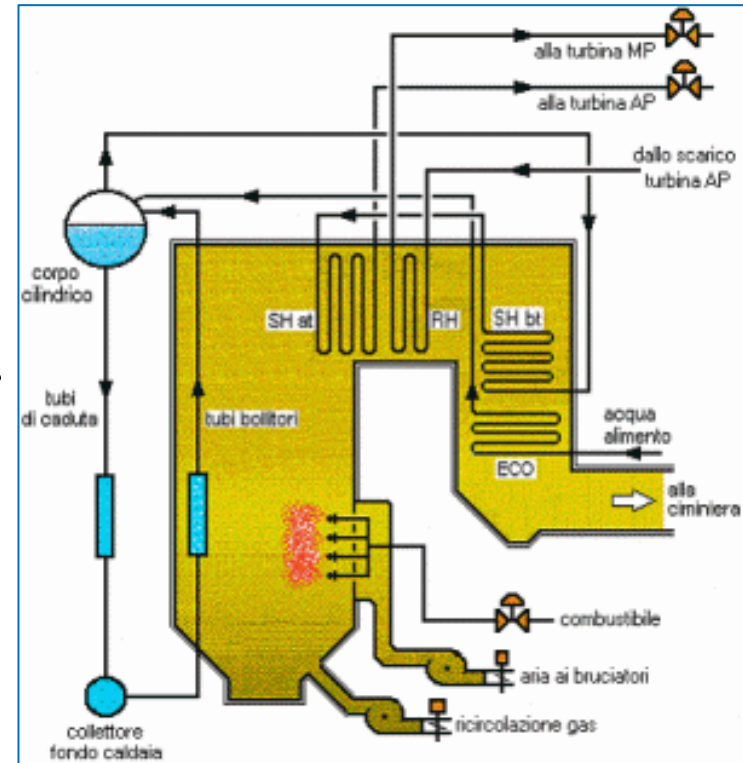
Si distinguono i surriscaldatori a **irraggiamento** e in surriscaldatori a **convezione** a seconda della zona in cui è sistemato il surriscaldatore, all'interno del generatore.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – SURRISCALDATORI-5

Surriscaldatori a irraggiamento - sono quelli collocati in vista delle fiamme, che ricevono la maggior parte del calore per irraggiamento.

Surriscaldatori a convezione - sono quelli sistemati dopo un certo numero di fasci vaporizzatori, e cioè sottratti all'irraggiamento diretto della fiamma.



Dalla posizione del surriscaldatore dipende la temperatura del vapore surriscaldato e l'eventuale variazione di esso in funzione del carico.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – **SURRISCALDATORI-6**

I surriscaldatori ad irraggiamento presentano la caratteristica di aumentare la temperatura di uscita del vapore al diminuire del carico (la quantità di calore assorbita varia di poco e pertanto aumenta la temperatura del vapore che in quantità diminuisce).

Nei surriscaldatori a convezione la temperatura del vapore all'uscita aumenta con il carico.

Da un'opportuna combinazione dei surriscaldatori può derivare una temperatura del vapore surriscaldato pressoché costante al variare del carico.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – DESURRISCALDATORI

E' importante contenere le variazioni di temperatura del vapore surriscaldato entro limiti molto ristretti sia nei riguardi del rendimento della turbina, sia per la durata dei tubi stessi.

Si rende necessaria, quindi, la **regolazione della temperatura di surriscaldamento**, intervenendo direttamente sul vapore stesso e ciò è possibile in tre modi:

1. **Il primo** consiste nel sottrarre calore al vapore saturo in uno scambiatore apposito con acqua più o meno calda prima che entri nel surriscaldatore; agendo sull'acqua di servizio, si può regolare la temperatura del vapore surriscaldato.

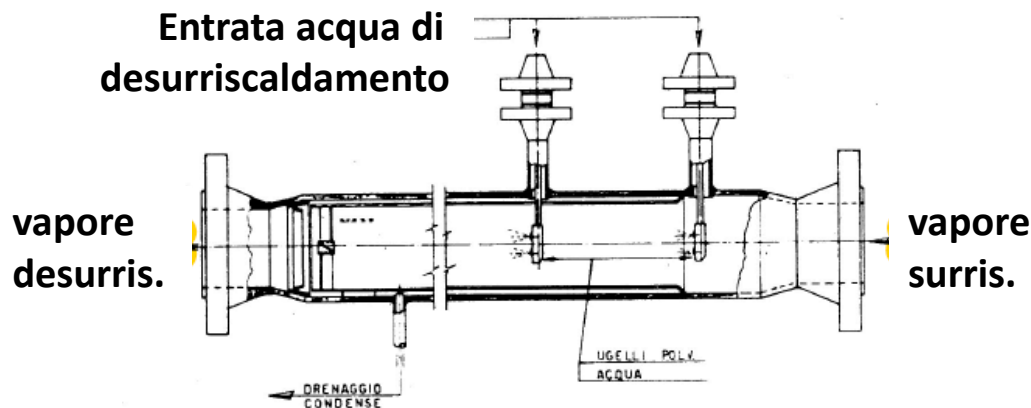
LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – DESURRISCALDATORI -2

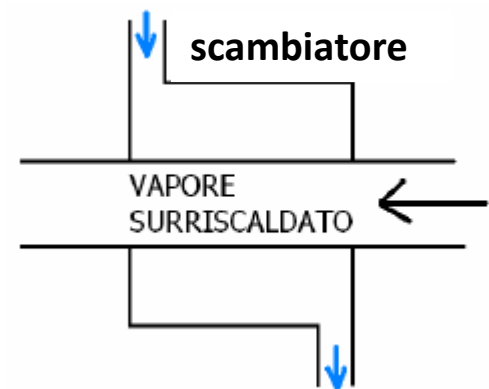
2. Il **secondo** consiste nel desurriscaldare il vapore all'uscita del surriscaldatore.

Si può realizzare:

- ❖ con un **desurriscaldatore a iniezione**, iniettando acqua nel vapore.
- ❖ con un **desurriscaldatore a superficie**, cioè un normale scambiatore di calore.



Desurriscaldatore
a iniezione



Desurriscaldatore
a superficie

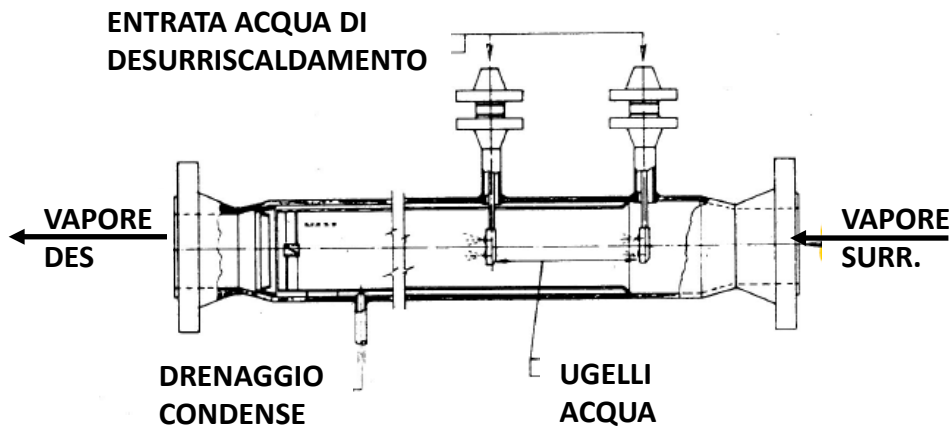
LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – DESURRISCALDATORI -3

3. Il **terzo** sistema prevede un raffreddamento del vapore in un punto intermedio opportunamente scelto.

Il surriscaldatore è diviso in due parti, in modo da potervi inserire il desurriscaldatore.

Quest'ultimo, in genere, è a iniezione e viene chiamato **attemperatore**.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – **CONDENSATORI** -1

I **condensatori** sono apparecchiature, utilizzate nelle centrali termoelettriche, attraverso le quali si ottiene la condensazione (passaggio di stato da vapore a liquido) del vapore che esce dalla turbina.

Per la condensazione del vapore si impiegano grandi quantità di acqua refrigerante.

Il condensato è aspirato da alcune pompe e, dopo vari processi intermedi, inviato nuovamente in caldaia.

LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

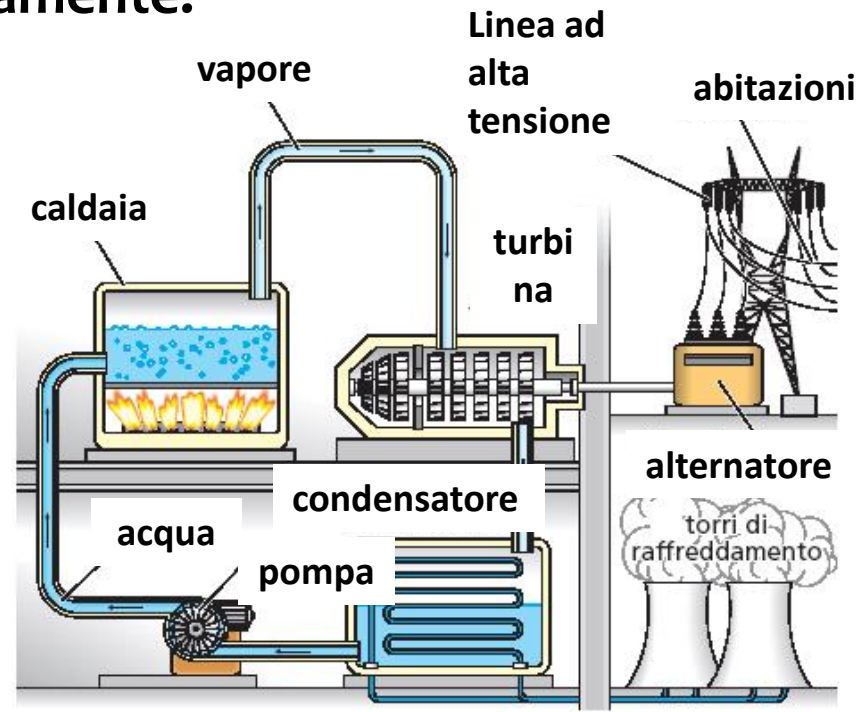
APPARECCHI AUSILIARI – **CONDENSATORI** -2

I condensatori nelle centrali termoelettriche si distinguono nei seguenti tipi.

Condensatori a miscela - il vapore e l'acqua refrigerante sono posti a contatto diretto nello stesso ambiente.

Sono costituiti da recipienti nei quali il vapore e l'acqua di refrigerazione entrano contemporaneamente.

Il vapore cede il proprio calore di condensa;
il miscuglio acqua condensa ha una temperatura superiore a quella dell'acqua di refrigerazione all'ingresso.



LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

APPARECCHI AUSILIARI – **CONDENSATORI** -3

Condensatori a superficie - l'acqua refrigerante non viene a contatto con il vapore, ma circola in tubazioni lambite dal vapore, sulla cui superficie esterna il vapore si raffredda e condensa.

I condensatori a superficie permettono di conseguire un vuoto più spinto e consentono il recupero dei prodotti condensati.

