

Sezione 2 – Principi base per la distribuzione del vapore

In questa sezione sono descritti i metodi usati per la distribuzione del vapore, dalla generazione ai punti di utilizzo. La produzione può avvenire con caldaie all'interno di centrali termiche oppure da cogenerazione o altri sistemi di produzione/scambio.

Le caldaie nelle centrali termiche possono utilizzare combustibili primari (gas naturale, gasolio, nafta ...) oppure essere caldaie a recupero, sistemi che utilizzano gas di scarico di processi industriali, inceneritori ... Qualunque sia il modo di produzione del vapore, un buon sistema di distribuzione è essenziale per assicurare un vapore di appropriata qualità, pressione e quantità necessaria agli apparecchi utilizzatori. Sarà importante mantenere secco il vapore saturo durante la sua distribuzione per ottenere il massimo risultato nelle applicazioni relative a scambiatori di calore o altri apparecchi utilizzatori.

Per questo, devono essere fatte scelte appropriate che possono presentare e proporre soluzioni razionali ed efficaci.

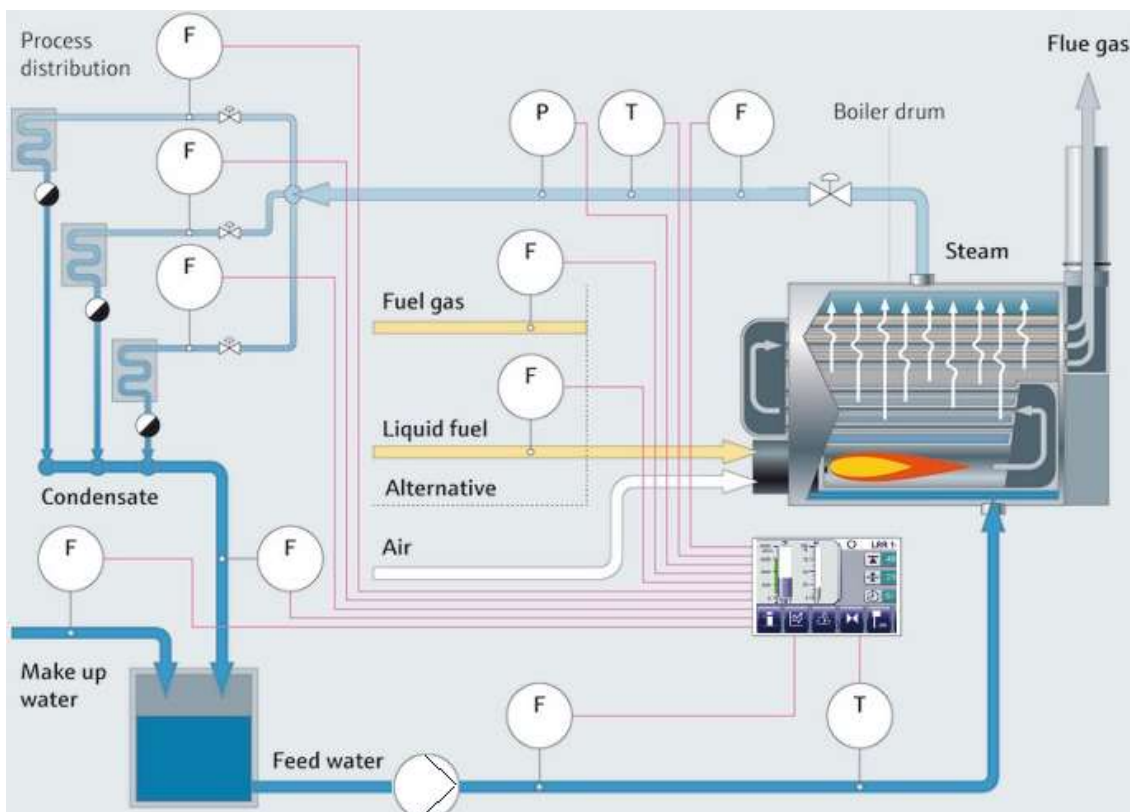
Nozioni fondamentali per gli impianti vapore

Il vapore generato da una caldaia deve essere distribuito attraverso tubazioni fino al punto nel quale è richiesta la sua energia termica.

La circolazione del vapore in un impianto è dovuta alla condensazione del vapore stesso, la condensazione provoca una riduzione di volume ed una caduta di pressione, questa è la causa del flusso del vapore nelle tubazioni.

A seguire il vapore raggiunge le utenze e viene a contatto con le superfici più fredde, alle quali cede il suo calore (entalpia) di evaporazione, riscaldando l'apparecchio (carico di avviamento) continuando poi a trasferire energia termica al processo (carico di esercizio) e naturalmente diventa condensa.

Vi è quindi una circolazione continua di vapore dalla caldaia all'utenza e per mantenere questo flusso si deve generare continuamente vapore. La continuità del processo è ottenuta alimentando la caldaia sia con condensa/acqua per integrare quella che è stata trasformata in vapore che con combustibile.

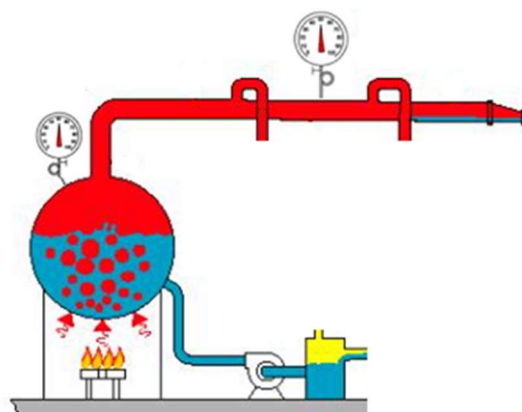


Pressione di esercizio e dimensionamenti linee

In fase di "generazione", il vapore deve essere prodotto nella migliore qualità, alla pressione necessaria ed alla portata richiesta, con le minime dispersioni di energia termica e a costi contenuti.

Nella scelta della pressione da utilizzare, bisogna verificare la pressione più alta richiesta e la distribuzione della linea per identificare i punti o le utenze più distanti dell'impianto.

Ci sono altri fattori quali, perdite di carico e dispersioni di linea che vanno considerati quando si decide qual è la pressione iniziale del sistema di distribuzione.



Teniamo in considerazione che maggiore è la pressione del vapore, minore è il suo volume specifico. In questo caso producendo vapore ad una pressione più elevata di quella richiesta dalle utenze saranno sufficienti tubazioni di diametro più piccolo a parità di portata richiesta.

Pressione bar	Velocità m/s	Diametro nominale (mm)													
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
1,0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1020	1864	2814	4045
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1160	1660	3099	4869	6751
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800	2500	4815	7333	10370
5,0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105	2835	5548	8586	11947
	25	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540	5150	8865	14268	20051
	40	59	131	225	338	495	855	1350	1890	3510	5400	7870	13761	23205	32244
10,0	15	41	95	155	250	372	626	1012	1465	2495	3995	5860	9994	16172	22713
	25	66	145	257	405	562	990	1530	2205	3825	6295	8995	18966	25860	35890
	40	104	216	408	615	910	1635	2545	3600	6230	9880	14390	26621	41011	57560

Es.: per 900 kg/h a 25 m/s è necessario un DN125 @ 1 bar, DN 80 @ 5 bar e DN50 @ 10 bar

Scegliendo la distribuzione del vapore a pressione alta, bisognerà poi verificare la pressione necessaria agli utilizzi e ridurla, rispettando le necessità e la tecnologia del processo produttivo.

Possiamo così elencare alcuni vantaggi della scelta:

- sono richieste tubazioni di minore DN
- si riducono i costi del "piping" e della coibentazione poi necessaria
- si ottiene un vapore più secco all'utilizzo, conseguente alla riduzione di pressione
- la caldaia funzionerà a pressione maggiore, corrispondente al suo migliore rendimento

Per il **dimensionamento** si utilizza la tabella "dimensionamento tubazioni vapore" della sezione 7.

Dove si nota che la capacità delle tubazioni aumenta con l'aumentare di:

- **velocità e pressione**, perché all'aumentare della pressione diminuisce il volume specifico

la tabella è pertanto una guida utile per il dimensionamento, essendo basata sulla velocità del vapore.

In fase di progettazione, per un corretto dimensionamento, si consiglia una velocità indicativa di 15-25 m/s.

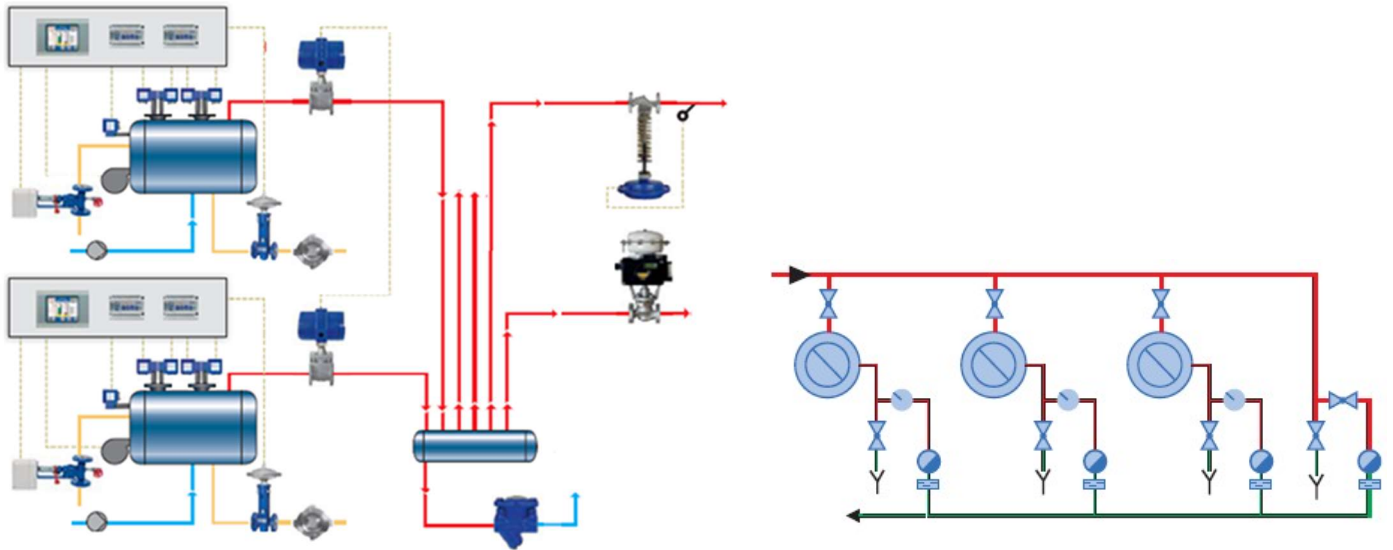
Lo **spessore** delle tubazioni comunemente usate è basato su quelli formulati dall'American Petroleum Institute (API), secondo il quale allo spessore è associato un numero di "schedula".

Queste "schedule" corrispondono alle pressioni nominali delle tubazioni; esempio: 5, 10, 20, 40, 80 ... 160.

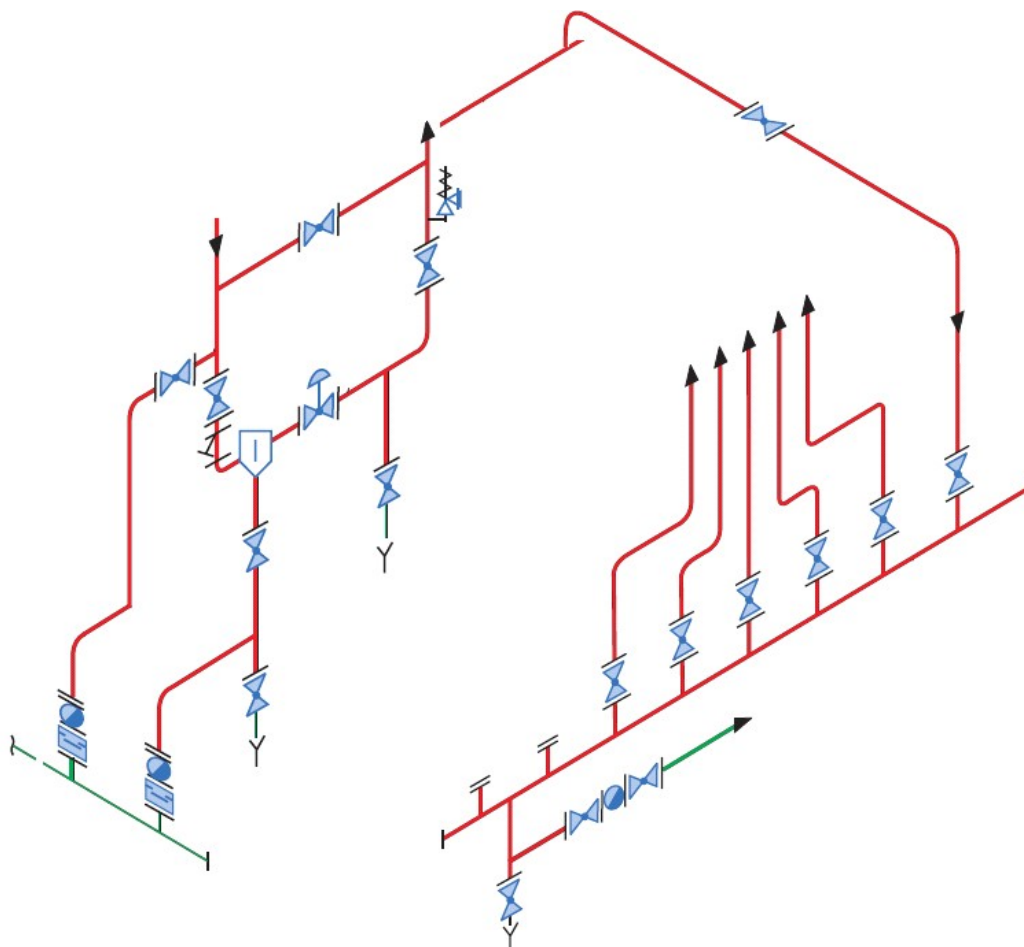
La "schedula" più comunemente usata nelle installazioni di tubazioni di vapore è la "schedula 40".

Sarà poi a cura del progettista, calcolare in modo dettagliato lo spessore in millimetri delle tubazioni, applicando l'equazione e il valore di carico di sicurezza di progetto ($S = N/mm^2$).

La **distribuzione** può essere fatta con una o più tubazioni principali, le quali convogliano il vapore alle tubazioni secondarie, collegate a sua volta alle singole apparecchiature o utenze.



All'apertura della valvola di caldaia, il vapore passa immediatamente alle tubazioni principali. Queste tubazioni sono inizialmente fredde per cui il vapore cede parte del suo calore, condensando e si definisce "carico di avviamento" oppure "perdita per riscaldamento". Il condensato risultante si raccoglie sul fondo della tubazione e viene trascinato sia dal flusso di vapore che per gravità, in virtù di una adeguata pendenza che si assicura alla tubazione lungo la direzione del flusso stesso. Il condensato dovrà quindi essere scaricato dal punto più basso della tubazione principale.



Accessori e accorgimenti utili per la realizzazione di linee di distribuzione

Nel realizzare una linea o dorsale vapore, bisogna adottare alcuni semplici accorgimenti per far sì che siano ridotti al minimo ristagni e sacche di condensato.

Si dovrà assicurare una minima **pendenza** alle tubazioni, concorde al senso di flusso del vapore per facilitare il condensato verso i punti di drenaggio (Fig. 1).

Le pendenze utilizzate sono molto variabili e possono essere comprese tra 0,3 e 1,5% (Fig. 1 punto A).

Così sarà facilitato il trascinarsi del condensato verso i punti di drenaggio, seguendo il movimento del vapore lungo la tubazione.

Con tubazioni molto lunghe saranno necessari abbassamenti progressivi di percorso e punti di risalita.

Fig. 1

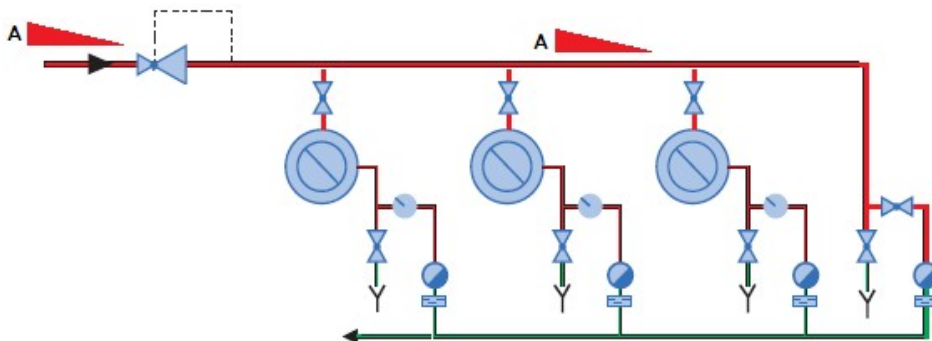
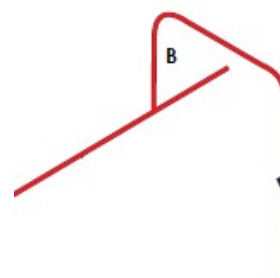


Fig. 2



Stacchi e derivazioni sono da effettuare sulla parte superiore della tubazione principale (Fig. 2 punto B) a **“manico d'ombrello”**, evitando così di prelevare la parte umida e l'eventuale condensato presente nella tubazione.

Per le tubazioni molto lunghe e orizzontali, bisogna creare punti di drenaggio e raccolta della condensa, (Fig. 3) e solitamente con un intervallo di 50mt.

I punti di drenaggio realizzati con piccoli fori praticati sul fondo della tubazione vapore, hanno un effetto limitato. La condensa che scorre sul fondo è trascinata dal vapore oltre questi stacchi.

Occorre predisporre delle **“tasche”** di scarico costituite da raccordi a T di eguali dimensioni o leggermente inferiori della tubazione principale, si dimostreranno molto efficaci (Fig. 4).

Sono di grande effetto pratico per tubazioni fino a DN100.

Per tubazioni di diametro maggiore possono essere previsti di due o tre misure più piccole fino a giungere la metà del diametro della tubazione principale.

La lunghezza di questi tronchetti di scarico è generalmente 1,5 volte il diametro min. 250mm.

Fig. 3

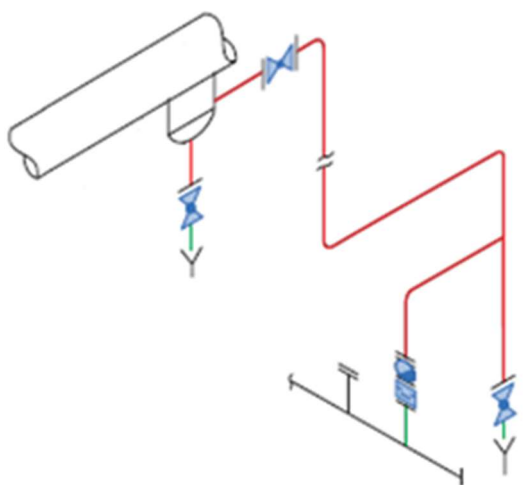
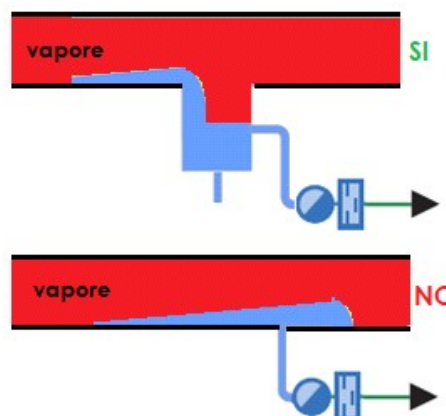


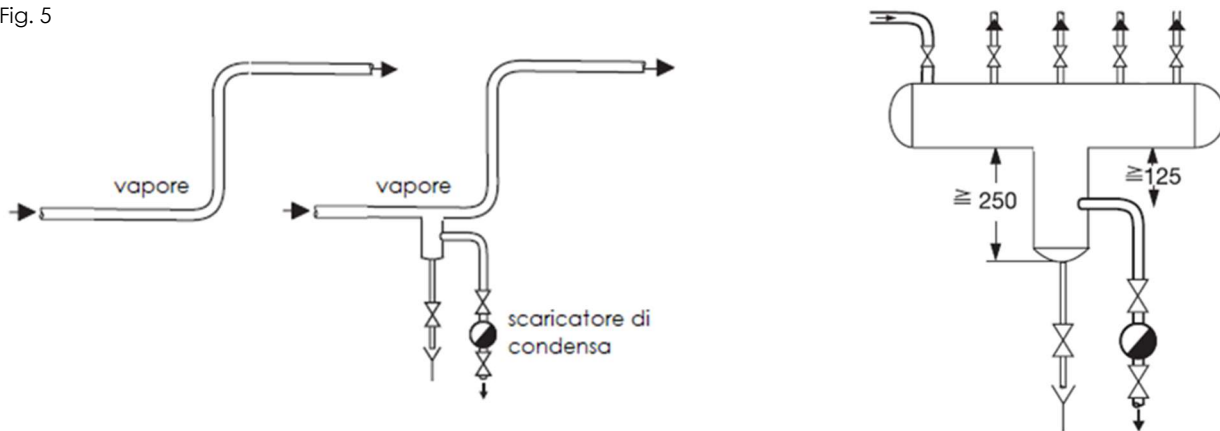
Fig. 4



Così come nei cambi di direzione ma in modo particolare, nelle risalite, bisogna evitare il ristagno di condensa **“effetto sifone”** (Fig. 5).

La massa di liquido viaggia alla stessa velocità del vapore con una considerevole quantità di energia cinetica che viene rilasciata durante l'impatto causando sovrappressioni istantanee, elevata rumorosità e vibrazioni: l'insieme è denominato e noto come **"colpo d'ariete"** che è in grado di danneggiare, spesso anche gravemente, tubazioni e componenti installati.

Fig. 5

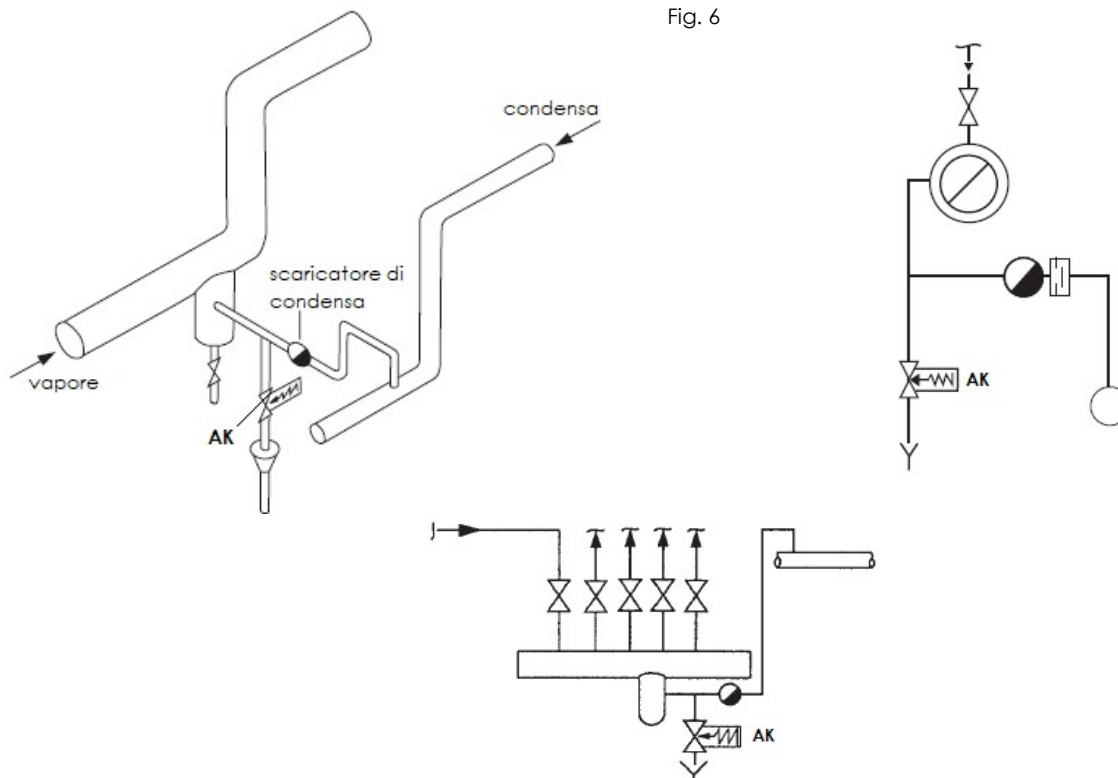


La formazione di condensato nell'impianto è quindi un "problema" da affrontare, ci sono casi dove la formazione può essere dovuta a:

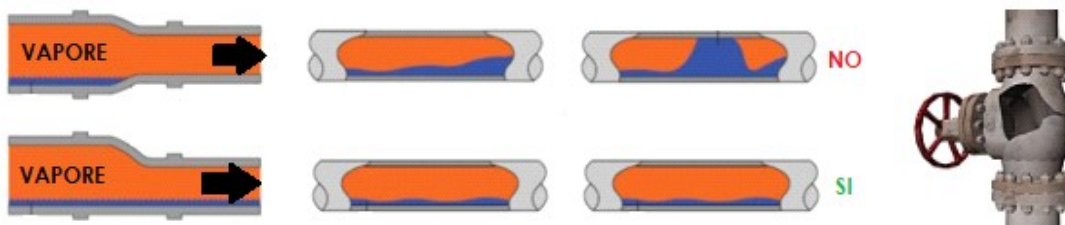
- **nella fase iniziale** di un processo, dove il vapore condensa velocemente, la pressione sale lentamente e lo scaricatore non è in grado di drenare
- **nella fase finale** di un processo, dove viene chiuso il vapore e il residuo condensa, la pressione scende e lo scaricatore non è più in grado di drenare
- **impianti discontinui** con ripetute soste e avviamenti, la formazione di condensato è notevole e in assenza di pressione, lo scaricatore non può lavorare

In questi casi una **valvola di drenaggio serie AK** (Fig. 6), scarica automaticamente condensa da sistemi a vapore durante l'avviamento, sino al raggiungimento della pressione di taratura (0,8 bar standard), così come alla chiusura dell'impianto o qualora la pressione scenda sotto il valore tarato, la valvola apre e la condensa accumulata viene scaricata a terra.

Fig. 6



Per quanto riguarda il condensato presente in una dorsale, l'utilizzo di comuni riduzioni **concentriche** può essere un problema e per questo è decisamente più corretto utilizzare quelle **eccentriche**, in virtù della quale il condensato può proseguire naturalmente verso il punto di drenaggio e scarico. Evitando così l'effetto non voluto del **"colpo d'ariete"**, in grado di danneggiare tubazioni e componenti installati.



Scaricatori di Condensa

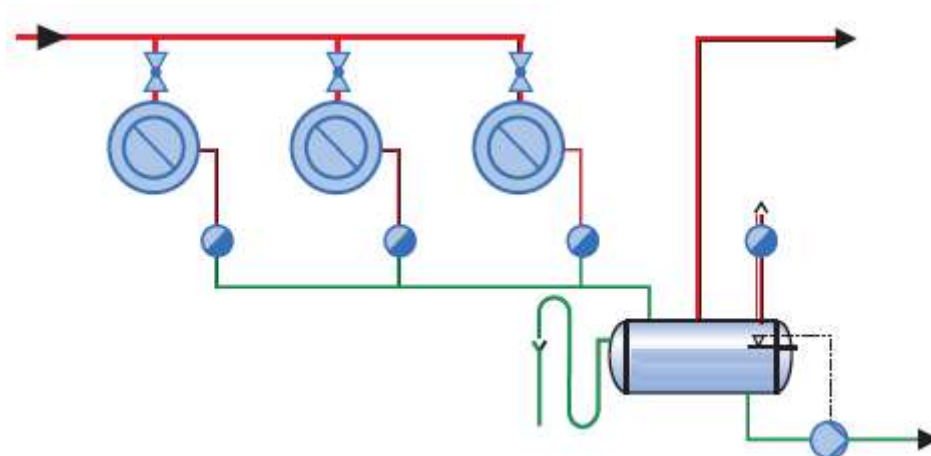
A questo punto e dopo avere definito alcuni criteri corretti per la distribuzione del vapore, possiamo dare una definizione agli scaricatori di condensa.

Sono componenti con una importanza vitale per gli impianti vapore, dove lo scopo è fornire energia termica attraverso la condensazione, l'efficienza nelle apparecchiature di trasferimento e scambio termico a vapore è, in definitiva legata all'efficienza del sistema di drenaggio.

Letteralmente definito **"trappola di vapore - steam trap"**, lo scaricatore con il suo funzionamento permette la "sosta" del vapore al fine di cedere l'energia termica immagazzinata.



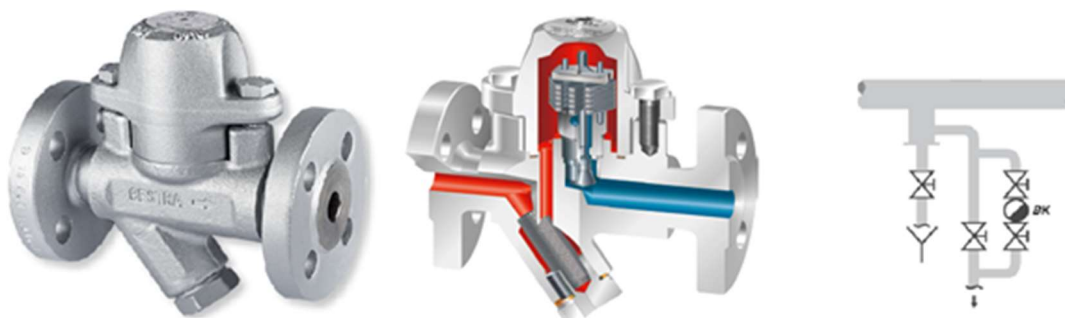
La condensa non drenata impedisce il trasferimento ottimale di calore, ma anche, in particolare, porta all'erosione e il colpo d'ariete.



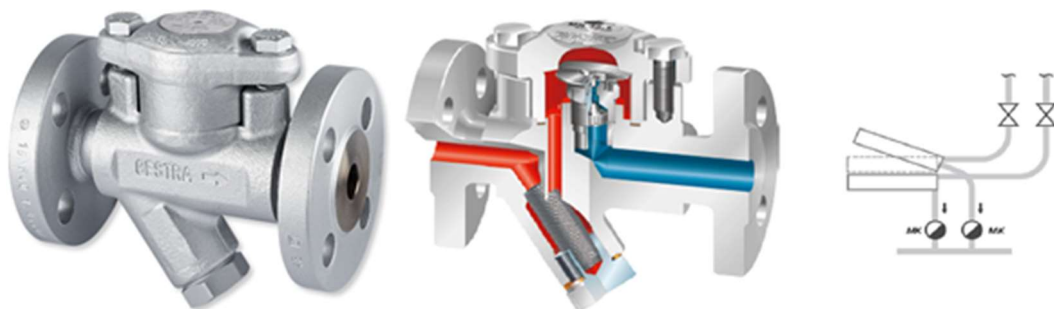
Per questo motivo la scelta dello scaricatore idoneo è parte importante nei processi industriali, si differenziano in tre diversi gruppi con principio di funzionamento differente:

- **termostatici, a capsula o lamellari**
- **meccanici a galleggiante**
- **termodinamici**

termostatici BK, distinguono il vapore dalla condensa per differenza di temperatura e per la fase di scarico agiscono su un elemento termostatico collegato all'otturatore, un elemento termostatico lamellare che lo rende molto reattivo ed estremamente resistente.



termostatici MK, distinguono il vapore dalla condensa per differenza di temperatura e per la fase di scarico agiscono su un elemento termostatico collegato all'otturatore, un elemento termostatico monomembrana che lo rende molto reattivo e particolarmente adatto per scambiatori e utenze in genere.



Serie **MK36/5..** elemento monomembrana per basse portate (**completamente inox**)
 Serie **SMK STERILine® Clean Steam** elemento monomembrana (**completamente inox**)



termodinamici DK: distinguono il vapore dalla condensa per differenza di pressione e velocità di efflusso della condensa attraverso lo scaricatore



meccanici UNA: distinguono il vapore dalla condensa per peso specifico e per la fase di scarico agiscono su un dispositivo meccanico a galleggiante, con otturatore sferico a rotolamento versione DUPLEX con elemento termostatico per drenaggio automatico aria e incondensabili



pumping trap UNA: scaricatore/pompa di rilancio condensa serie UNA25PK scaricatori di condensa a galleggiante con funzione di rilancio, l'attrezzatura lavora principalmente come scaricatore con la funzione di pompa automatica integrata, garantisce un efficace drenaggio di condensa anche in condizioni di vapore a bassa pressione



drenaggio automatico AK45: valvola di drenaggio, scarica automaticamente la condensa da sistemi a vapore durante l'avviamento, fino al raggiungimento della pressione di taratura, così come alla chiusura dell'impianto o qualora la pressione scenda sotto il valore tarato, la valvola apre e la condensa accumulata viene drenata
drenaggio automatico del sistema per prevenire danni da colpi d'ariete e gelo



Breve guida alla selezione degli scaricatori di condensa

Non tutti i tipi di scaricatori sono idonei per una data applicazione. La seguente tabella contiene 15 criteri per una corretta selezione, criteri che dipendono strettamente dalle condizioni operative e del servizio in questione.

Criteri per la scelta	Tipologie di scaricatori di condensa					
	Valutazione: 1 eccellente - 2 buono - 3 sufficiente - 4 nc (non consigliato)					
	Serie BK bimetallico	Serie MK termostatico	Serie DK termodinamico	Serie UNA galleggiante duplex	Serie UNA galleggiante simplex	Serie UNA PK scaricatore pompa
1) funzionamento con differente condensato						
Condensato da vapore	1	1	1	1	1	1
Condensato da aria compressa	nc	nc	nc	nc	1	1
Condensato distillato da prodotti chimici	nc	nc	nc	nc	1	3
2) metodologie di funzionamento						
Funzionamento continuo: costante formazione di condensa a portata e pressione variabile	2	1	1	1	1	1
Funzionamento discontinuo: formazione di condensa discontinua a portata e pressione con forti variazioni	2	1	2	1	3	1
Qualunque funzionamento: scambio termico con controllo sul lato vapore	3	2	2	1	3	1
3) funzionamento con contro-pressione						
< 30% pressione a monte	1	1	1	1	1	1
< 60% pressione a monte	3	1	1	1	1	1
> 60% pressione a monte	3	1	3	1	1	1
4) sensibilità allo sporco						
Condensato molto sporco	1	1	1	1	1	1
5) aerazione, idoneità allo scarico di aria						
Automatica	1	1	2	1	3	3
6) drenaggio del condensato a temperature definite						
Temperatura del condensato vicina a quella di ebollizione	2	2	1	1	1	1
Raffreddamento del condensato di 30K (richiesto)	1	1	nc	nc	nc	nc
Raffreddamento del condensato regolabile	2	nc	nc	nc	nc	nc
7) resistenza al congelamento						
Possibilità di congelamento della condensa	1	1	1	1	3	3
8) drenaggio senza perdita di vapore vivo						
Formazione di condensa ad intermittenza	1	1	2	1	1	1
Formazione di condensa ridotta (<10 Kg/h)	1	1	2	1	1	1
Formazione di condensa continua (>10 Kg/h)	1	1	1	1	1	1
9) resistenza ai colpi d'ariete						
	1	1	1	3	3	1
10) valvola di ritegno incorporata						
	3	2	2	1	1	1
11) applicazione su vuoto						
	3	2	2	1	1	1
12) installazione in qualsiasi posizione						
	1	1	1	nc	nc	nc
13) di facile manutenzione						
	1	1	1	1	1	1
14) durata vitale dell'unità di controllo						
	1	2	1	1	1	2
15) applicazione su vapore surriscaldato						
	1	3	2	1/3	1	1

<

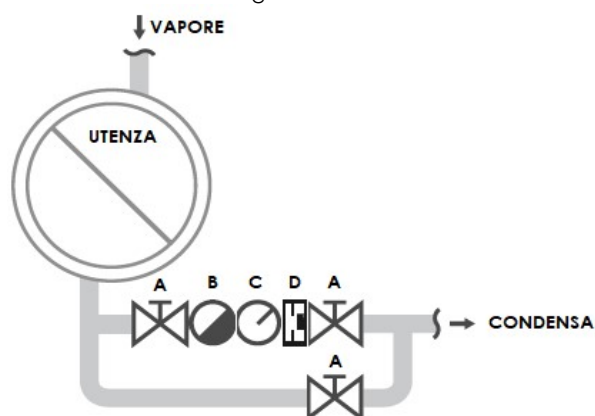
Prospetto schematico di un gruppo tipico per il drenaggio della condensa



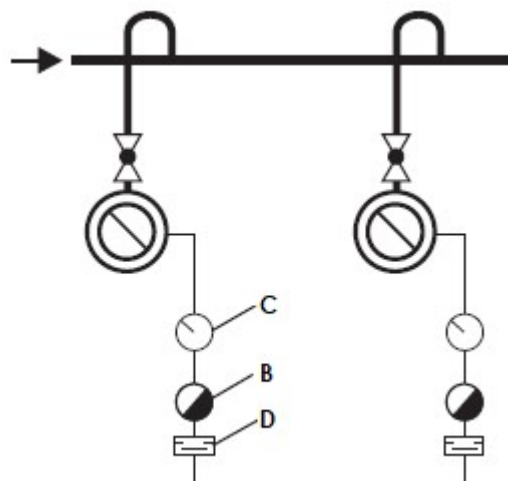
Fig. 1

Legenda:

- A. Valvola manuale intercettazione e by-pass
- B. Scaricatore di condensa
- C. Indicatore di passaggio (vaposcopio)
- D. Valvola di non ritorno

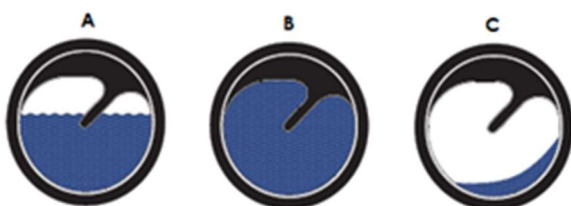


Per il monitoraggio e il controllo del funzionamento degli scaricatori di condensa, si utilizzano gli **indicatori di passaggio** o "**vaposcopi**". Possono essere montati a monte o valle dello scaricatore, rispettando però i limiti ammissibili del componente e in modo particolare del cristallo, per questo è consigliato il montaggio a valle (Fig. 1).



FUNZIONAMENTO:

- fig. **A**, funzionamento corretto, la condensa viene drenata
- fig. **B**, in completo allagamento, le cause il sottodimensionamento o un funzionamento anomalo dello scaricatore
- fig. **C**, sempre basso di livello è indice di perdite di vapore dallo scaricatore



<

Monitoraggio degli scaricatori - STEAM TRAP SURVEY

Valutazione dell'impianto e verifica degli scaricatori, **STEAM TRAP SURVEY**.

Gli scaricatori di condensa sono parte integrante del sistema di produzione.

Il guasto di uno o più scaricatori di condensa riduce la disponibilità dell'impianto produttivo o potrebbe addirittura provocarne l'arresto. Il controllo regolare degli scaricatori di condensa consente di garantire una disponibilità ottimale del proprio impianto produttivo.

Se nella produzione viene utilizzato il vapore, insorgono costi per il combustibile, l'acqua e il trattamento dell'acqua. Anche il rispetto dei limiti relativi alle emissioni di CO² è un aspetto sempre più importante e attualmente è possibile fare solo una stima dei costi.

Tuttavia, se uno scaricatore di condensa non funziona correttamente e il vapore generato viene scaricato all'esterno, i normali costi di esercizio schizzano alle stelle.

Costi della generazione di vapore: 30 euro/tonnellata; ore di lavoro: 8000 ore/anno; perdita di vapore per scaricatore di condensa: 3 kg/ora

Scaricatore di condensa difettoso	Perdita per anno	Emissioni annuali di CO ₂
1	720 EUR	3.840 kg
10	7.200 EUR	38.400 kg
20	14.400 EUR	76.800 kg
50	36.000 EUR	192.000 kg
200	144.000 EUR	768.000 kg

La percentuale di scaricatori di condensa malfunzionanti installata nei comuni impianti industriali spazia dal 10% al 55%, a seconda dei seguenti fattori:

- Tipologia degli scaricatori di condensa
- Qualità del vapore
- Frequenza delle manutenzioni e installazione

L'attività si svolge con il monitoraggio delle apparecchiature, utilizzando uno strumento a **ultrasuoni** e una analisi **termografica**, nel seguente modo:

- Mappatura completa ed etichettatura con targhetta metallica degli scaricatori
- Verifica del layout di installazione considerando l'impianto nel suo insieme
- La valutazione sul campo per raccogliere i dati ed eseguire una prima analisi
- L'elaborazione dei dati per produrre un report e un database elettronico
- Proposte di intervento con relative analisi economiche e tempi di ritorno investimento

