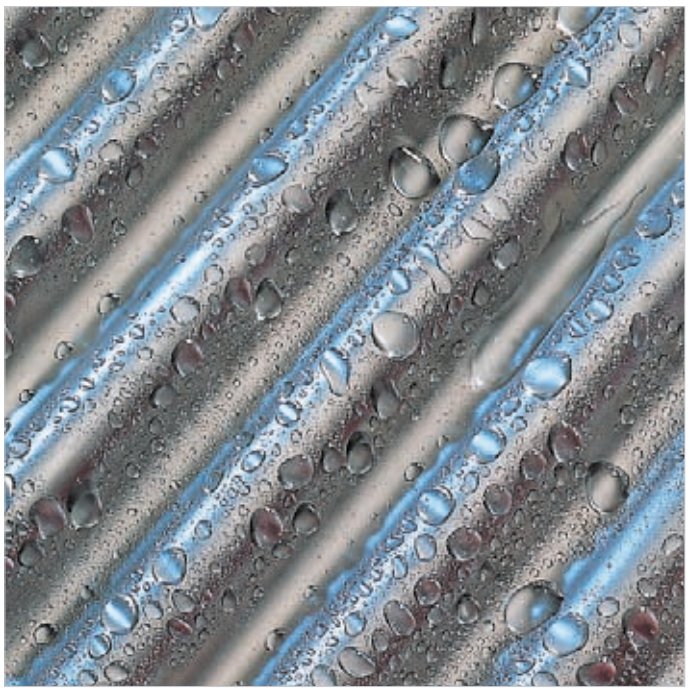
Notiziario tecnico

Tecnica della condensazione

VIESSMANN

Tecnica della condensazione
per il risparmio energetico
e la salvaguardia dell'ambiente



Principi fondamentali

Principi fondamentali

La tecnica della condensazione consente di trasformare il gas metano o il gasolio in calore utile, mediante combustione (fig. 1). Si basa sullo stesso principio della tecnica della bassa temperatura, in base alla quale la caldaia viene portata alla temperatura necessaria per coprire il fabbisogno di calore richiesto.

Mentre nelle caldaie a bassa temperatura si deve evitare la condensazione dei gas di combustione e la conseguente umidità delle superfici di scambio termico, per la tecnica della condensazione è esattamente il contrario: qui la condensazione dei gas di combustione è necessaria per sfruttare l'energia termica latente contenuta nel vapore acqueo, in aggiunta al calore sensibile dei gas di scarico. Inoltre viene considerevolmente ridotta l'espulsione del calore residuo attraverso l'impianto
gas di scarico poiché - rispetto alle caldaie a bassa temperatura - è possibile abbassare notevolmente la temperatura fumi (fig. 2).

Durante la combustione di gasolio o gas metano, i loro componenti essenziali, principalmente carbonio (C) e idrogeno (H), si combinano con l'ossigeno dell'aria (O_2), generando anidride carbonica (CO_2) e acqua (H_2O) (fig. 3).

L'equazione della combustione riferita al gas metano (CH_4):

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow 2\,H_2O + CO_2$ + calore

Se la temperatura sulle pareti delle superfici di scambio termico lato fumi scende al di sotto della temperatura di condensazione del vapore acqueo, nel gas di combustione viene a formarsi acqua di condensa.

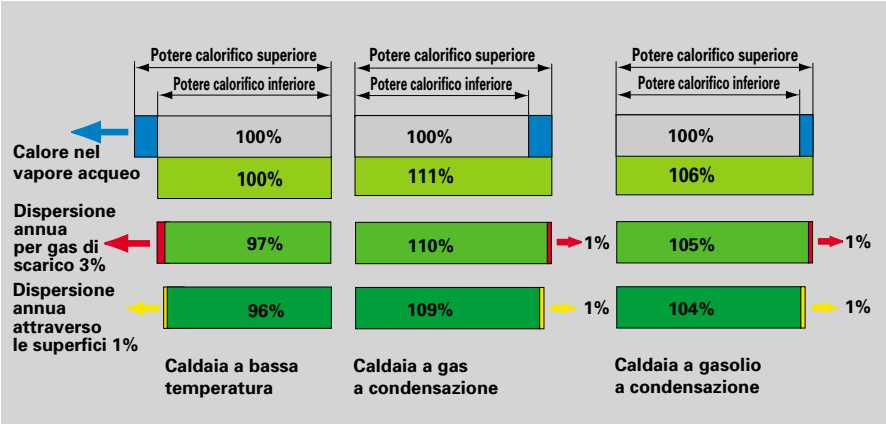


Figura 1: Comparazione delle perdite di carico tra le caldaie a bassa temperatura e a condensazione (gas metano, gasolio EL)

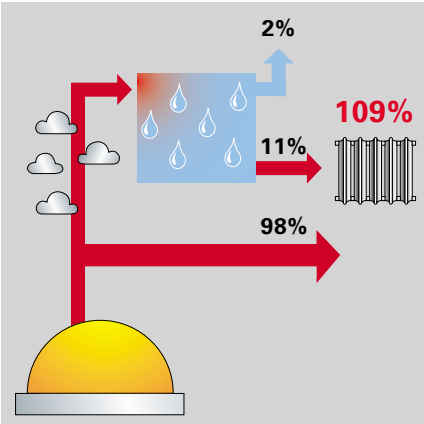


Figura 2: Le caldaie che utilizzano la tecnica della condensazione raggiungono un rendimento stagionale fino al 109%, guadagnando calore supplementare dai gas di scarico (gas metano)

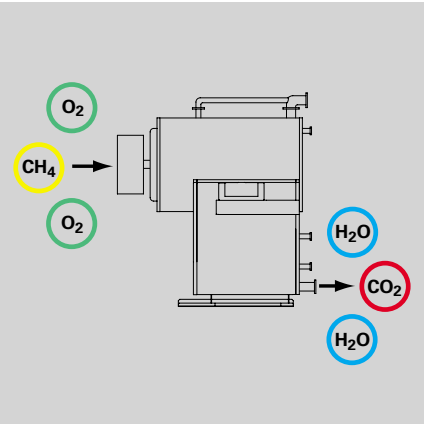


Figura 3: Ricavo di calore dai gas di combustione (gas metano)

A causa della diversa composizione chimica del gas metano e del gasolio, si hanno diverse temperature di condensazione del vapore acqueo nel gas di combustione.
Nel campo stechiometrico, la temperatura di condensazione del vapore acqueo per il gas metano è di ca. 57°C, per il gasolio EL di ca. 47°C (fig. 4).

Rispetto alla tecnica della bassa temperatura, il ricavo di calore teorico per il gas metano è dell'11%, mentre per il gasolio si può raggiungere al max. il 6%.

Potere calorifico inferiore e superiore

Il potere calorifico inferiore (Pci) definisce la quantità di calore liberata durante una combustione completa, quando l'acqua che si viene a formare è sotto forma di vapore.

Il potere calorifico superiore (Pcs) definisce la quantità di calore liberata durante una combustione completa, incluso il calore latente di evaporazione contenuto nel vapore acqueo dei gas di combustione. La tabella 1 offre una panoramica delle caratteristiche dei combustibili rilevanti per l'utilizzo della tecnica della condensazione.

Precedentemente non era possibile utilizzare il calore latente di evaporazione poiché non esistevano ancora le possibilità tecnologiche odierne. Per tutti i calcoli del rendimento stagionale si utilizzava quindi il potere calorifico inferiore (Pci), quale valore di riferimento. Grazie alla possibilità di utilizzare il calore latente di evaporazione e al riferimento al Pci, si hanno rendimenti stagionali superiori al 100%.

Conformemente alle normative, i gradi di rendimento stagionale nella tecnica del riscaldamento si riferiscono sempre al potere calorifico inferiore (Pci).

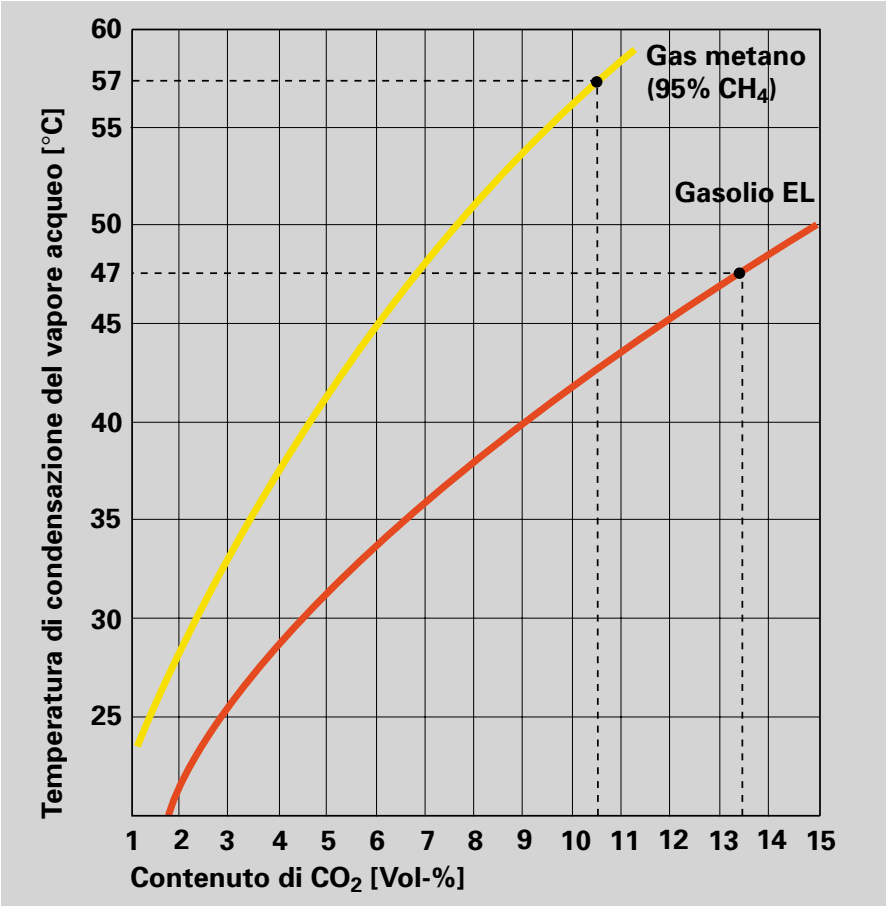


Figura 4 Temperatura di condensazione del vapore acqueo

	Potere calorifico superiore Pc_S kWh/m³	Potere calorifico inferiore Pc_i kWh/m³	Pc_S/Pc_i	$Pc_S - Pc_i$ kWh/m³	Quantità acqua di condensa (teorica) kg/m³ 1)
Gas di città	5,48	4,87	1,13	0,61	0,89
Gas metano LL	**9,78**	**8,83**	**1,11**	**0,95**	**1,53**
Gas metano E	**11,46**	**10,35**	**1,11**	**1,11**	**1,63**
Gas liquido	28,02	25,80	1,09	2,22	3,37
Gasolio EL 2)	10,68	10,08	1,06	0,60	0,88

1) riferito alla quantità di combustibile
2) con gasolio EL i dati si riferiscono all'unità di misura "litro"

Tab. 1: Contenuto d'energia dei combustibili

Fattori di incidenza sull'utilizzo della tecnica della condensazione

Fattori di incidenza sull'utilizzo della tecnica della condensazione

Il guadagno di energia termica di un generatore di calore a condensazione, rispetto a quello di un generatore di calore a bassa temperatura, non risulta esclusivamente dal recupero di calore per condensazione, ma, per una percentuale rilevante, da una minore dispersione per gas di scarico, derivante da temperature fumi basse.

In base al rendimento caldaia, è possibile effettuare una valutazione a livello essenzialmente energetico.

Rendimento caldaia η_K di caldaie a condensazione

sensibile | latente (quantità di calore per condensazione)

$$\eta_K = 1 - \frac{q_A - q_S}{100} + \frac{H_s - H_i}{H_i} \cdot \alpha$$

$$q_A = (\vartheta_A - \vartheta_L) \cdot \left(\frac{A_1}{CO_2} + B \right)$$

Fattori di incidenza

ϑ_A -> Temperatura fumi per caldaie a condensazione: nessuna limitazione

CO_2 -> Concentrazione di CO_2: la qualità della combustione dipende dalla tipologia costruttiva del bruciatore

α -> L'indice di condensazione dipende dalla tipologia costruttiva della caldaia e del l'impianto (dimensionamento)

$$\alpha = \frac{\dot{V}_{\text{Quantità acqua di condensa (misurata)}}}{\dot{V}_{\text{Quantità acqua di condensa (teor.) (vedi tabella 1)}}}$$

	Gasolio EL	Gas metano	Gas di città	Gas di cokeria	Gas liquido e miscele di aria e gas liquido
A_1	0,5	0,37	0,35	0,29	0,42
A_2	0,68	0,66	0,63	0,60	0,63
B	0,007	0,009	0,011	0,011	0,008

Tab. 2: Fattori combustibile secondo 1° BImSchV

Leggenda

η_K = Rendimento caldaia [%]
ϑ_A = Temperatura fumi [°C]
ϑ_L = Temperatura aria [°C]
A_1 = Fattore combustibile secondo 1º BImSchV
B = Fattore combustibile secondo 1º BImSchV
CO_2 = Contenuto di anidride carbonica [%]
q_A = Dispersioni per gas di scarico [%]
q_S = Perdite per irraggiamento [%]
α = Indice di condensazione
H_s = Potere calorifico superiore
H_i = Potere calorifico inferiore

Rispetto a una caldaia convenzionale, la formula per il rendimento caldaia e la quantità di calore per condensazione viene ampliata. Oltre alle costanti Pc_s e Pc_i (potere calorifico superiore e inferiore), specifiche per ciascun combustibile, la quantità di calore per condensazione è determinata dall'indice di condensazione variabile, che indica il rapporto tra la quantità di acqua di condensa che effettivamente si ottiene nella caldaia e la quantità di acqua di condensa teoricamente possibile.

Maggiore è la quantità di acqua di condensa effettiva, più efficace risulta la caldaia a condensazione.

Minore è la temperatura fumi, maggiore è la quantità acqua di condensa e quindi l'indice di condensazione α. Allo stesso tempo, con una temperatura fumi minore, ad es. rispetto a una caldaia a bassa temperatura, si hanno minori dispersioni per gas di scarico. Ciò significa che con le caldaie a condensazione oltre al recupero di calore per condensazione si ha un migliore sfruttamento di energia, dovuto anche alle minori dispersioni per gas di scarico.

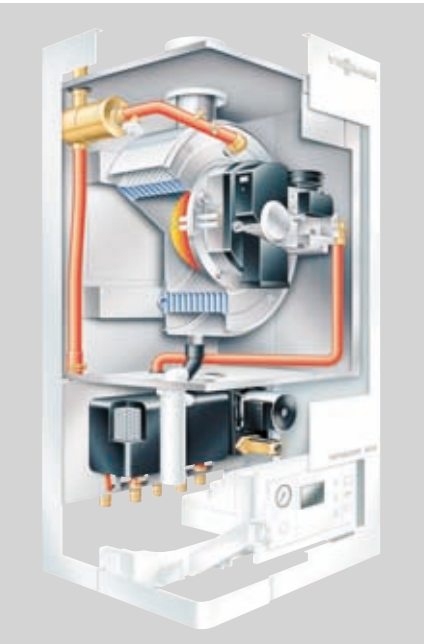


Figura 5: Caldaia a gas a condensazione da parete Vitodens 200 con superfici di scambio termico Inox-Radial e bruciatore MatriX-compact potenzialità utile: da 4,5 a 66,3 kW

Rendimento stagionale

Rendimento stagionale

Per contraddistinguere lo sfruttamento di energia delle caldaie moderne è stato introdotto il concetto di rendimento stagionale secondo norme DIN 4702, parte 8. Il rendimento stagionale è il rapporto tra la quantità di calore utile rilasciata in un anno e la quantità di calore del combustibile fornita al generatore di calore (riferita al potere calorifico inferiore del combustibile). Nell'ambito della norma DIN 4702 è stato stabilito un procedimento che porta a dati analoghi, sulla base di misurazioni standardizzate su banco prova.
Per la Germania sono stati rilevati cinque diversi valori del fattore di carico, riferiti a un carico termico annuale stabilito, rappresentati nella figura 6. Per ogni livello del fattore di carico si ha la stessa quantità di energia necessaria (superfici equivalenti). Per ognuno dei cinque livelli stabiliti secondo DIN 4702 si hanno due ΔT di temperature (una ΔT sulla base di un riscaldamento a radiatori: base di dimensionamento 75/60°C; un ΔT sulla base di un impianto di riscaldamento a pavimento: base di dimensionamento 40/30°C secondo EN677), per le quali il rilevamento del rendimento stagionale a carico parziale viene effettuato sul banco prova.
Sulla base di 5 rendimenti stagionali a carico parziale rilevati viene quindi calcolato il rendimento stagionale. In tal modo si dispone di un parametro definito con il quale è possibile mettere a confronto lo sfruttamento di energia delle delle diverse tipologie di caldaie.
Il dimensionamento di una caldaia avviene in modo tale che sia garantito il fabbisogno termico alla temperatura esterna più bassa. In Germania il campo delle temperature esterne per il dimensionamento è compreso tra -10 e -16°C. Temperature così basse vengono raggiunte però solo raramente, per cui la caldaia deve lavorare a piena potenzialità soltanto per pochi giorni l'anno e deve quindi funzionare a temperature elevate solo in questo periodo. Nel restante periodo sono necessarie solo frazioni della potenzialità massima. Osservata nell'arco di tutto l'anno, la produzione di calore necessaria avviene con temperature esterne al di sopra del punto di congelamento (da 0 a 5°C) (fig. 7).

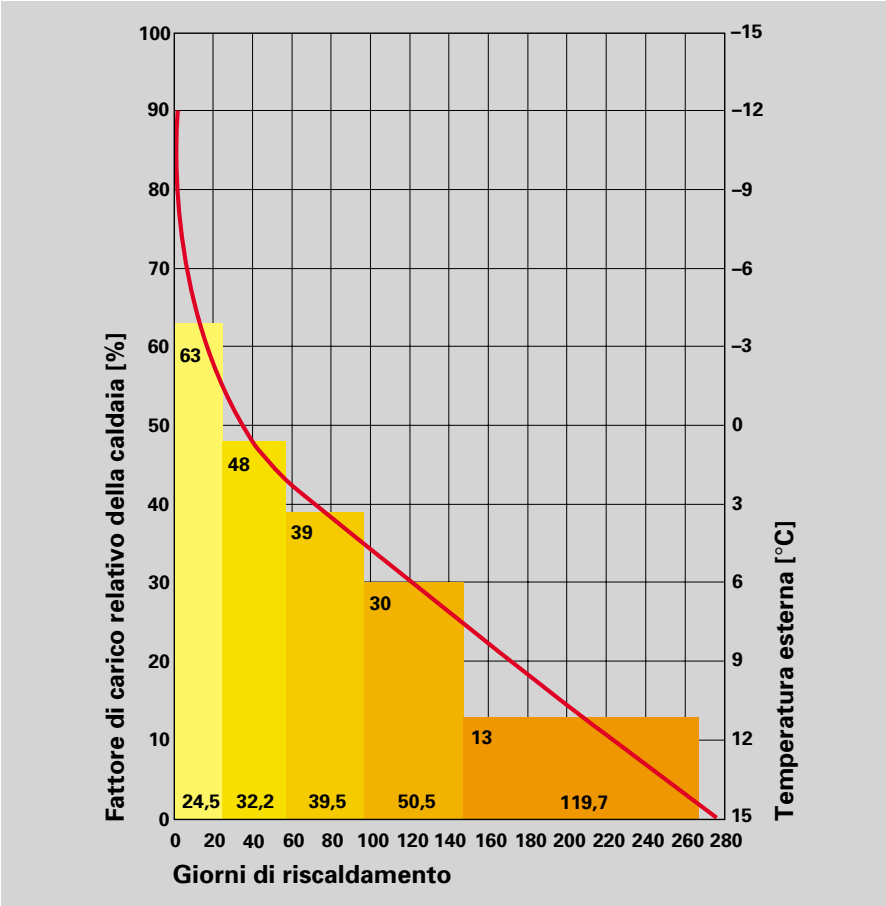


Fig. 6: Determinazione del rendimento stagionale secondo DIN 4702, parte 8

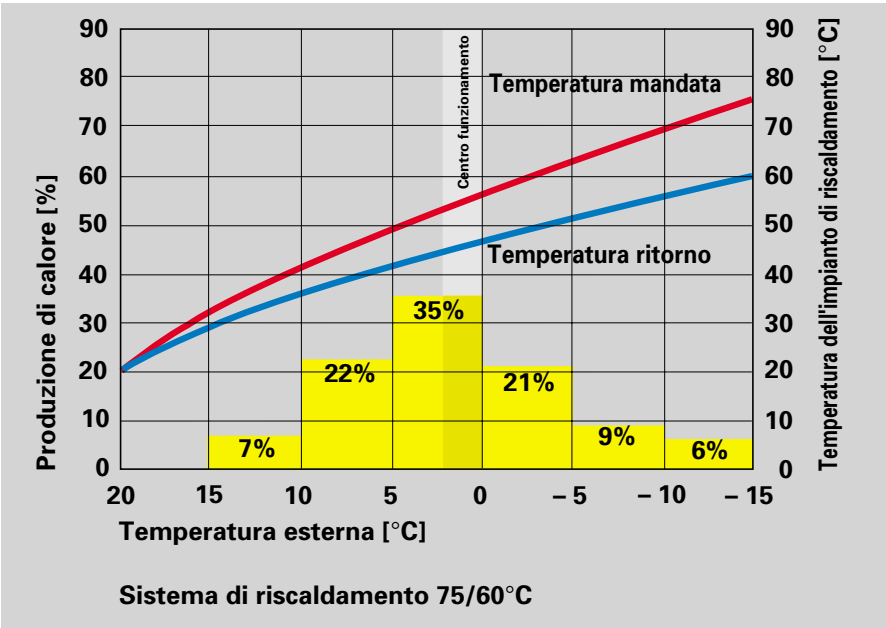


Fig. 7 Suddivisione della produzione di calore annuale in funzione delle temperature esterne

Ne deriva che il fattore di carico medio delle caldaie osservato nell'arco di tutto l'anno è minore del 30%
La figura 8 mostra un confronto dei gradi di rendimento stagionale, in particolare con fattori di carico ridotti.

Il vantaggio della tecnica della condensazione è particolarmente evidente proprio per fattori di carico ridotti: le caldaie a temperatura costante causano notevoli perdite di rendimento quando il fattore di carico diminuisce poiché anche con temperature dell'impianto di riscaldamento basse, la temperatura caldaia deve essere mantenuta a un livello alto. Ciò provoca un forte aumento della dispersione di calore, con la conseguente diminuzione del rendimento stagionale.

Le caldaie a condensazione, invece, presentano un ottimo rendimento stagionale proprio con fattori di carico ridotti: per via del basso livello di temperatura dell'acqua di riscaldamento l'effetto della condensazione è particolarmente efficace.

La figura 9 mostra un confronto dei gradi di rendimento di diverse tipologie di caldaie.

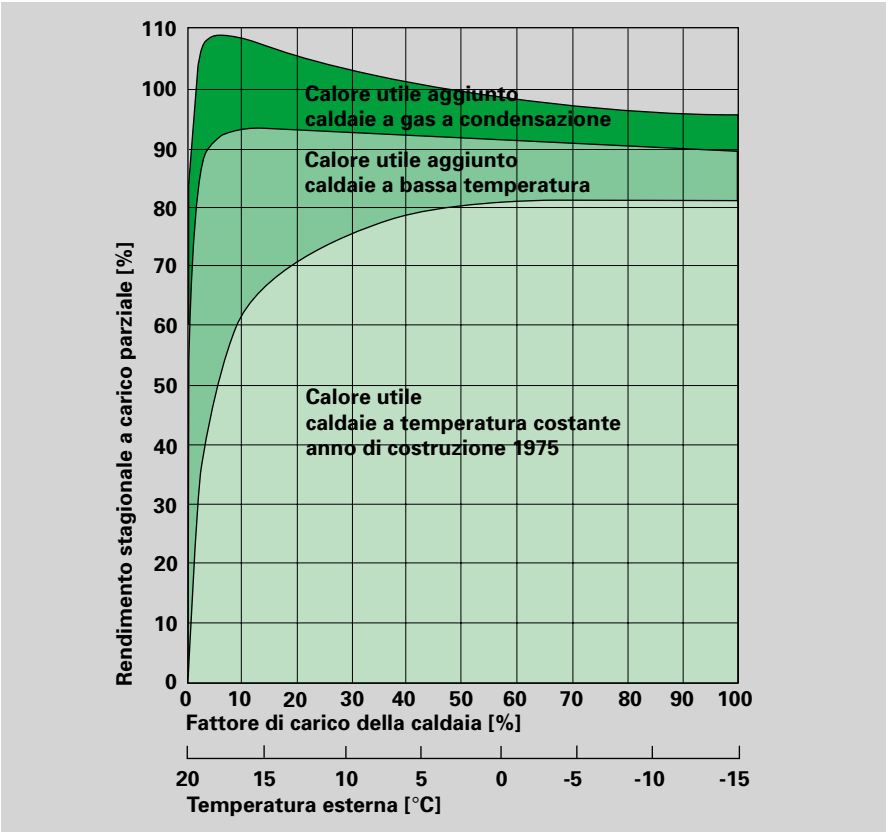


Figura 8: **Rendimenti stagionali a carico parziale per diverse caldaie, in funzione del fattore di carico per caldaie a bassa temperatura e a condensazione**

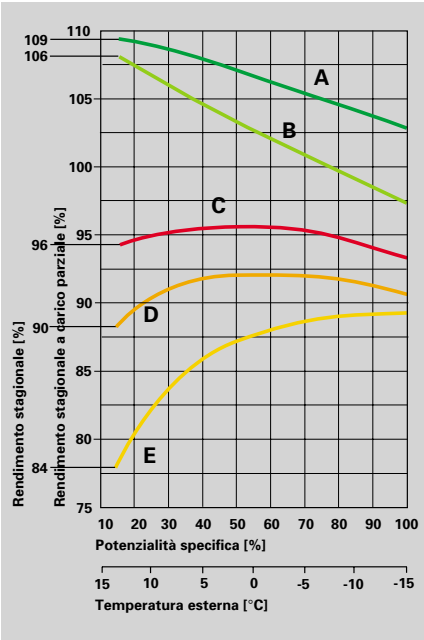


Figura 9: **Rendimenti stagionali per diverse tipologie di caldaie**

A **Caldaie a gas a condensazione 40/30°C**
B **Caldaie a gas a condensazione 75/60°C**
C **Caldaie a bassa temperatura (senza limite inferiore di temperatura)**
D **Caldaie anno di costruzione 1987 (limite inferiore di temperatura: 40°C)**
E **Caldaie anno di costruzione 1975 (temperatura acqua di caldaia costante: 75°C)**

Tecnica della condensazione negli edifici convenzionali

Tecnica della condensazione negli edifici convenzionali

Il calore per condensazione non viene utilizzato soltanto con fattori di carico ridotti, dunque con temperature dell'impianto di riscaldamento molto basse. Anche in un sistema di riscaldamento dimensionato per temperature di 75/60°C, con fattori di carico superiori al 90% o temperature esterne fino a -11,5°C, la temperatura di ritorno si abbassa, fino a raggiungere le temperature di condensazione del vapore acqueo presente nei fumi sulle superfici di scambio della caldaia. In questo modo l'impianto viene messo in funzione anche alla temperatura di dimensionamento di 75/60°C, come illustrato nella figura 10, utilizzando la tecnica della condensazione per oltre il 90% del tempo di funzionamento. La situazione ideale si ha con sistemi di riscaldamento a bassa temperatura, come impianti di riscaldamento a pavimento (40/30°C), in cui la tecnica della condensazione viene sfruttata per tutto l'anno.

In base all'esperienza, negli edifici vecchi vi sono spesso radiatori sovradimensionati. Il sovradimensionamento deriva, da un lato da un dimensionamento eccessivo durante l'installazione iniziale, dall'altro dalle misure condotte nel corso degli anni per l'isolamento termico degli edifici: le finestre con vetri isolanti, e l'isolamento termico di tetto e facciate hanno ridotto notevolmente il fabbisogno di calore di riscaldamento, ma i radiatori non sono stati modificati. La temperatura di mandata e ritorno potrebbe dunque essere abbassata rispetto al dimensionamento originario (ad es. 90/70°C).

Per capire di quanto la temperatura può essere abbassata ovvero per determinare l'entità del sovradimensionamento, è necessario un sopralluogo sul posto. A questo scopo si può effettuare un test semplicissimo, servendosi della figura 12.

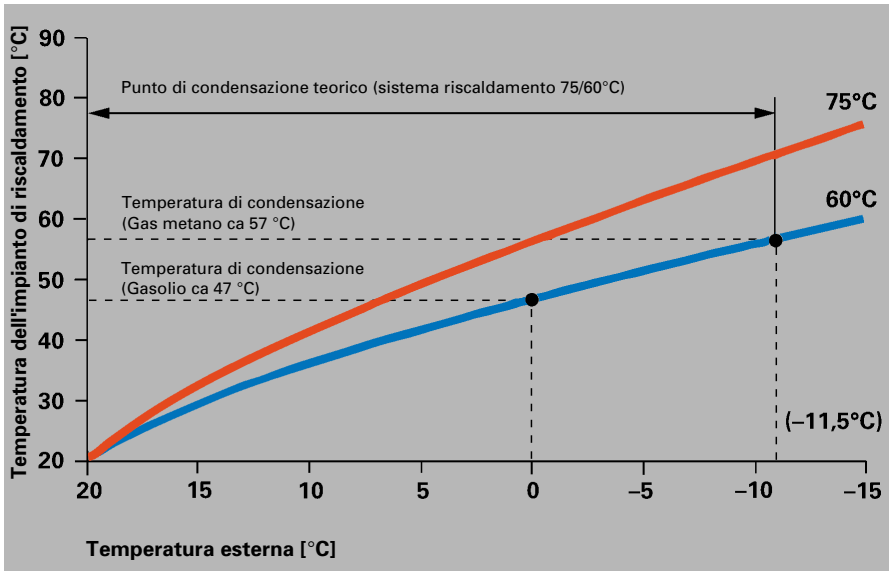


Figura 10: Temperatura di mandata e del ritorno in funzione della temperatura esterna, utilizzo della tecnica della condensazione

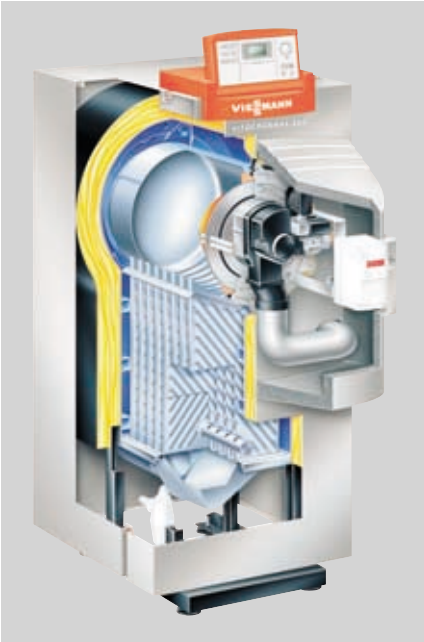


Figura 11: Caldaia a gas a condensazione Vitocrossal 300 con superfici di scambio termico Inox-Crossal e bruciatore a gas MatriX-compact fino a 66 kW.

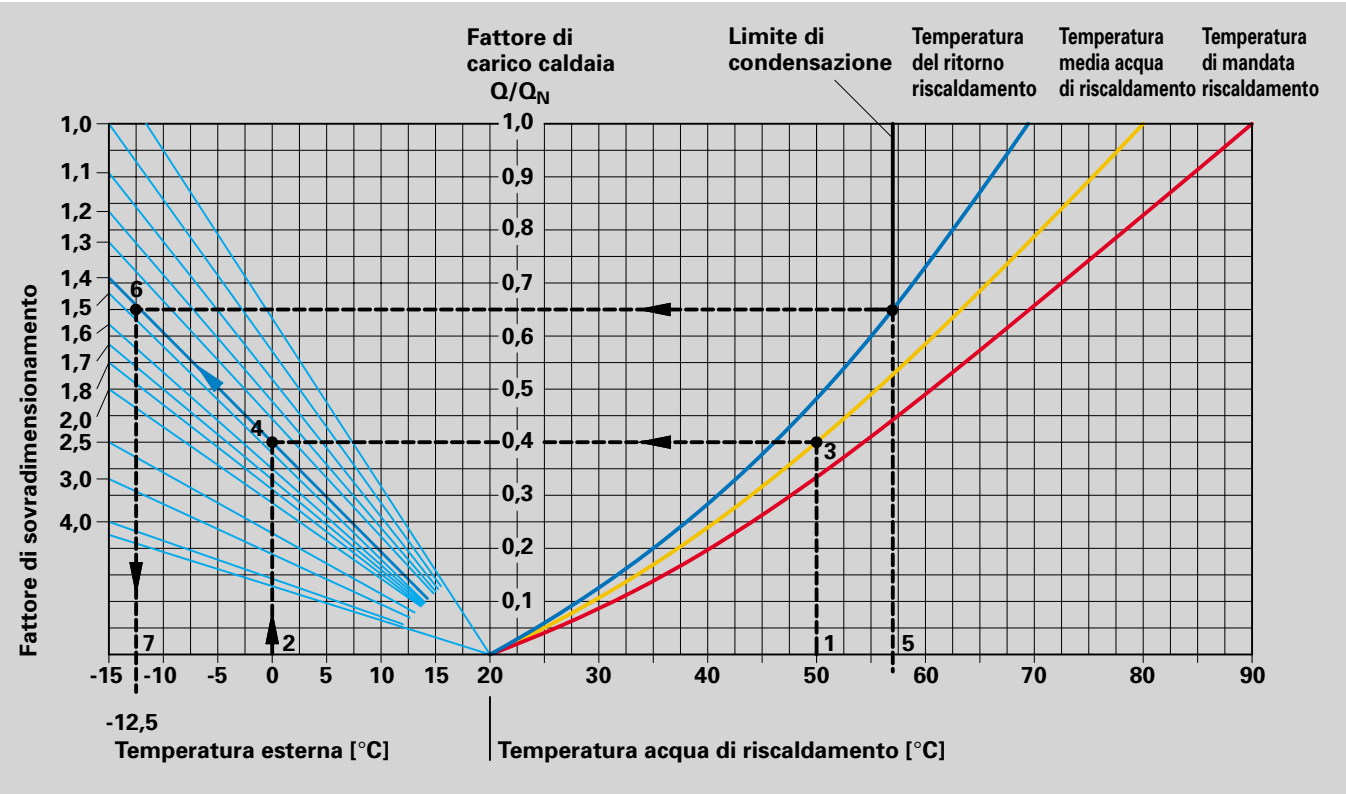


Figura 12 Rilevamento del sovradimensionamento delle superfici di scambio termico (sistema 90/70°C)

Durante il periodo di riscaldamento si dovrebbero aprire le valvole del radiatore tutte le sere e leggere le temperature di mandata e ritorno il pomeriggio successivo. Il presupposto è che la regolazione della caldaia o del miscelatore sia impostata in modo che la temperatura ambiente, con le valvole radiatore aperte, oscilli nel campo desiderato (da 20 a 23°C).

Il valore medio della temperatura di mandata e ritorno (temperatura media acqua di riscaldamento, ad es. (54 + 46) / 2 = 50°C) è la dimensione di partenza (1) nel diagramma. Inoltre si deve conoscere la temperatura esterna attuale (qui: 0°C) (2).

Intersecando la verticale da (1) con la curva della temperatura media acqua di riscaldamento, si ottiene il punto (3).

Tracciando poi una linea orizzontale da (3) al punto di intersezione con la verticale che parte da (2), nel punto di intersezione con la temperatura esterna (4) si può leggere il cosiddetto fattore di sovradimensionamento (nell'esempio 1,4) (6). Le superfici di scambio termico risultano dunque sovradimensionate del 40%. Ciò significa che con una temperatura esterna di ad es. -15°C, la temperatura media acqua di riscaldamento non dovrebbe essere di 80°C, come dimensionata, ma di appena 65°C.

Il limite di condensazione per i gas di combustione con combustione a metano è di ca. 57°C (5). La temperatura del ritorno deve essere inferiore a questo valore, affinché si verifichi una condensazione parziale dei gas di combustione, con conseguente utilizzo della tecnica della condensazione.

Nell'esempio rappresentato, con un sovradimensionamento di 1,4 (6) il valore è inferiore alla temperatura del ritorno per temperature esterne fino a -12.5°C (7).

Sempre nello stesso esempio, un utilizzo totale o parziale della tecnica della condensazione non è possibile soltanto nei giorni in cui la temperatura esterna è inferiore a -12.5°C! In questi giorni la caldaia a condensazione, è comunque più efficace di una caldaia a bassa temperatura, per via delle temperature fumi decisamente più basse.

Fattori di incidenza e criteri per l'utilizzo ottimale

Tipologia costruttiva della caldaia

L'utilizzo della tecnica della condensazione è direttamente proporzionale alla condensazione del vapore acqueo contenuto nel gas di combustione. Solo così il calore latente nel gas di combustione può essere trasformato in calore di riscaldamento.
A questo scopo non sono adatte le caldaie con tipologia costruttiva convenzionale, come illustrato nella figura 13.

Con le caldaie a bassa temperatura di tipo convenzionale, le superfici di scambio termico devono essere realizzate in modo da evitare la condensazione dei gas di combustione nella caldaia. Il discorso cambia per le caldaie costruite in funzione dell'utilizzo della tecnica della condensazione.
I gas di combustione vengono convogliati verso il basso, in prossimità dell'attacco di ritorno. Viene così raggiunto il raffreddamento massimo. Il flusso di gas di combustione e acqua di riscaldamento nel generatore di calore dovrebbe essere condotto controcorrente, al fine di sfruttare il basso livello di temperatura dell'acqua del ritorno in ingresso, per il massimo raffreddamento del gas di combustione in uscita. Inoltre si dovrebbero utilizzare bruciatori modulanti con una regolazione intelligente, che consenta di adattare automaticamente la potenzialità al fabbisogno di calore di riscaldamento attuale.

La scelta dei materiali più adatti assicura che l'acqua di condensa che si viene a formare non provochi al generatore di calore danni dovuti alla corrosione.

Durante la combustione, gli elementi contenuti nei combustibili (gasolio o gas metano) e nell'aria di combustione formano dei legami che rendono acido il pH (valore di misurazione del contenuto alcalino o acido) dell'acqua di condensa. Dall'anidride carbonica CO_2 generata dalla combustione può formarsi acido carbonico che, reagendo con l'azoto N_2 contenuto nell'aria, si trasforma in acido nitrico. L'acqua di condensa può essere particolarmente aggressiva nella combustione a gasolio, poiché la percentuale di zolfo contenuta nel gasolio è responsabile della formazione di acido solforico e solforoso. Perciò tutte le superfici di scambio termico che vengono a contatto con l'acqua di condensa dovrebbero essere realizzate in materiali resistenti alle aggressioni chimiche dei componenti dell'acqua di condensa.

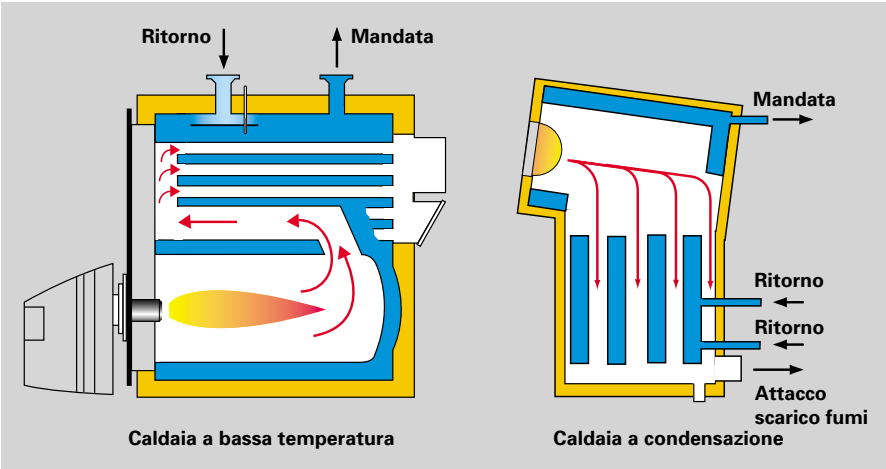


Figura 13: Caratteristiche di costruzione della caldaia

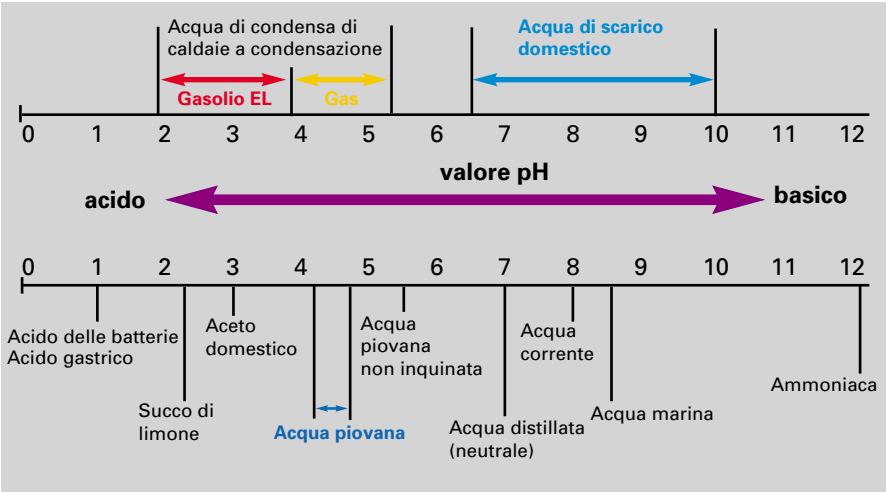


Figura 14: Valore pH di diversi elementi

Da molti anni l'acciaio inossidabile si è rivelato il materiale più adatto. Per il gas metano o il gasolio, vi sono diverse varianti di leghe in acciaio inossidabile (con, fra gli altri, cromo, nichel, molibdeno, titanio) che rispondono perfettamente alle proprietà dell'acqua di condensa.

Questi materiali sono resistenti alla corrosione dell'acqua di condensa e, senza ulteriori trattamenti superficiali, garantiscono elevata affidabilità e lunga durata.

Per via dell'elevato contenuto di zolfo presente nel gasolio, finora la tecnica della condensazione era poco diffusa con questo combustibile. In Germania, grazie all'introduzione di una qualità di gasolio povera di zolfo, sono cambiati i presupposti e sono aumentate le chance per la tecnica della condensazione a gasolio. Il gasolio povero di azoto contiene soltanto ca. 50 ppm di azoto (il gasolio secondo DIN 51603-1 contiene circa 2000 ppm di zolfo).

Solo il gasolio povero di zolfo consente un impiego massiccio della tecnica della condensazione a gasolio: l'acqua di condensa è notevolmente meno acida e si ha una diminuzione del grado di insudiciamento delle superfici di scambio termico. Per le caldaie a gasolio a condensazione bisogna comunque tenere sempre presente quanto segue:

- Rispetto al gas metano si ha una maggiore quantità di residui della combustione (ceneri e zolfo).
- L'acqua di condensa è acida per via del contenuto residuo di zolfo

A questi problemi si può ovviare con le caldaie costruite in funzione dell'utilizzo della tecnica della condensazione. Per via dell'elevato potenziale di corrosione dell'acqua di condensa, vengono impiegati materiali con una maggiore resistenza agli acidi (acciaio inossidabile 1.4539) e l'acqua di condensa scaricata deve essere ancora convogliata attraverso un dispositivo di neutralizzazione.
L'impiego di acciaio inossidabile consente di strutturare le superfici di scambio termico in modo ottimale. Affinché la trasmissione del calore dal gas di combustione all'acqua di riscaldamento sia efficace, è necessario che avvenga un contatto più intenso del gas di combustione con la superficie di scambio termico. Vi sono sostanzialmente due possibilità:
Le superfici di scambio termico possono essere realizzate in modo che il gas di combustione giri sempre vorticosamente, per evitare la formazione di gas di combustione con temperature elevate. I tubi lisci non sono dunque adatti e si devono predisporre punti di inversione e modifiche della sezione.

La figura 16 illustra le superfici di scambio termico Inox-Crossal, appositamente sviluppate per la massima trasmissione del calore. I punti di pressione incurvati gli uni contro gli altri formano delle inversioni che, per via dei restringimenti dovuti alla costante modifica delle sezioni, impediscono efficacemente la formazione di gas di combustione con temperature elevate.

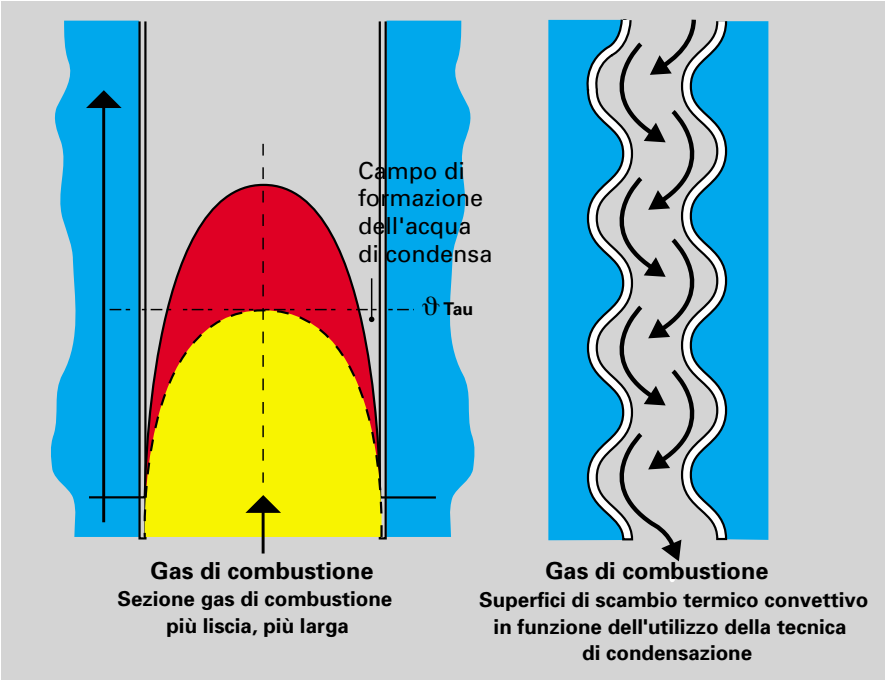


Figura 15: Requisiti fisici dei condotti fumi con sezioni maggiori - superficie di scambio termico Inox-Crossal

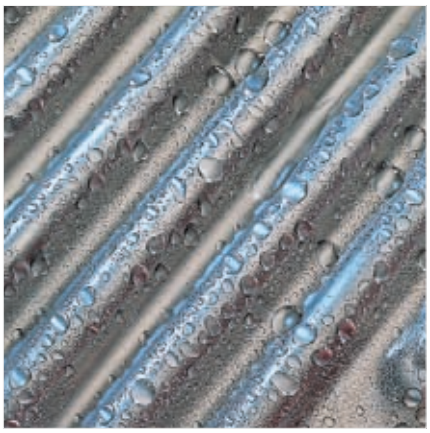


Figura 16: Superficie di scambio termico Inox-Crossal

Figura 17: Superficie di scambio termico Inox-Radial

Per evitare una concentrazione eccessiva dell'acqua di condensa e un riflusso nella camera di combustione, i gas di combustione e l'acqua di condensa dovrebbero fluire verso il basso, nella stessa direzione.
La forza di gravità agevola infatti il flusso delle gocce di acqua di condensa. L'uscita del gas di combustione dallo scambiatore di calore si trova quindi generalmente in basso.

Un'altra possibilità è quella di realizzare uno scambio termico secondo il principio laminare, invece della corrente turbolenta del gas di combustione che si ottiene con le superfici di scambio termico Inox-Crossal. A questo scopo sono state sviluppate le superfici di scambio termico Inox-Radial (fig. 17), costituite da un tubo in acciaio inossidabile a sezione quadrata a forma di spirale.
Grazie a speciali pressature, le singole spire hanno una distanza di 0,8 mm, tarate sulle particolari condizioni fluidodinamiche del gas di combustione. Questa distanza garantisce la formazione di una corrente laminare senza strato limite e consente la massima trasmissione del calore.
La temperatura dei gas di combustione può essere raffreddata da 900°C a 50°C, in una lunghezza delle fessure di soli 36 mm. Nel migliore dei casi il gas di combustione sull'uscita caldaia raggiunge una temperatura superiore di soli 3,5 K alla temperatura del ritorno acqua di caldaia.

Uno scambiatore di calore di questo tipo viene impiegato anche per la caldaia a gasolio a condensazione Vitoplus 300. La superficie di scambio termico Inox-Radial è costituita da una serpentina elastica per semplificare la pulizia. Lo speciale acciaio 1.4539, unito all'utilizzo del gasolio povero di zolfo e alla semplicità di pulizia dello scambiatore di calore, garantisce elevata affidabilità e lunga durata.

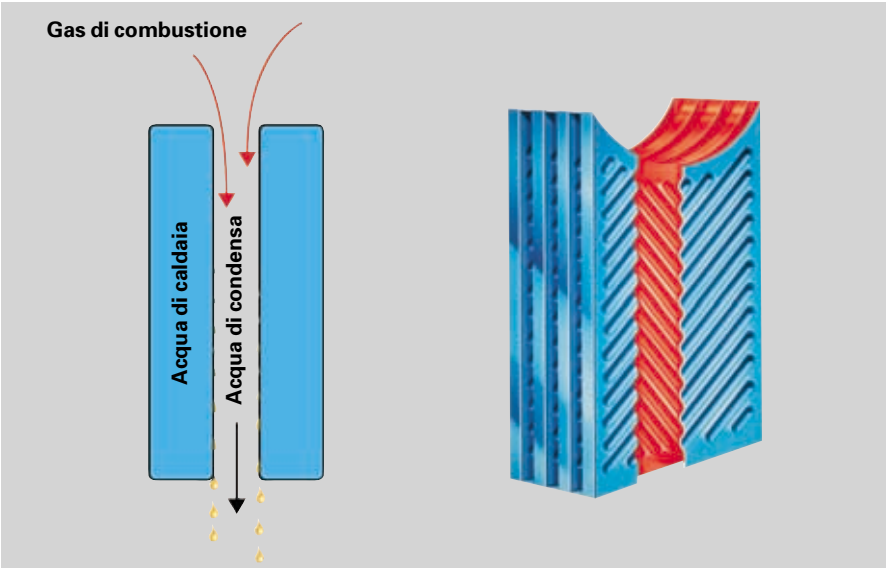


Figura 18: Flusso gas di combustione e acqua di condensa

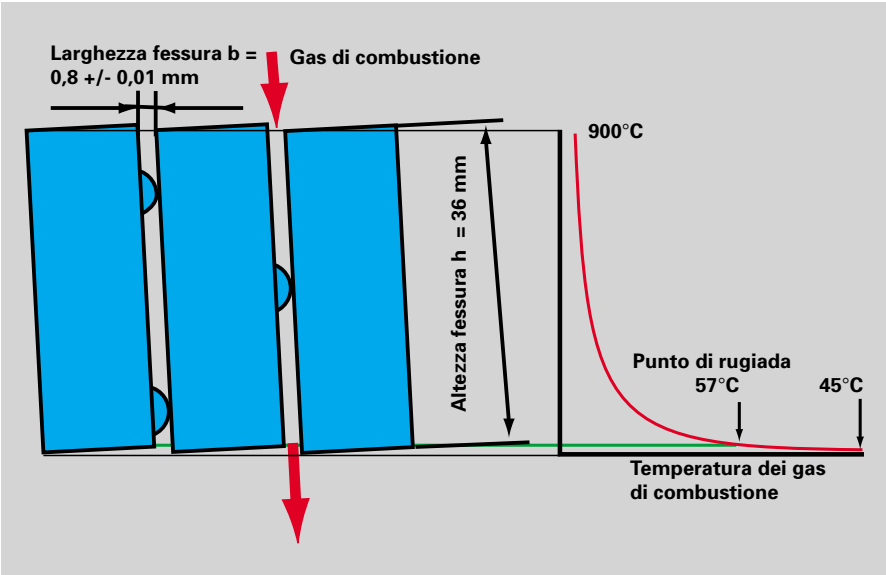


Figura 19: Vista in dettaglio della superficie di scambio termico Inox-Radial - trasmissione del calore con temperature di sistema 40/30°C
- Trasmissione del calore in base al principio della corrente laminare, calcolata secondo Nusselt: numero di transizione del calore
  $\alpha \approx (7{,}55 \times \lambda) / (2 \times b) \Rightarrow \alpha \approx 1/b$
- Conclusione: minore è la larghezza della fessura b, migliore è il passaggio del calore lato fumi
- Tutto il calore dei gas di combustione viene trasferito in un passaggio

Scambiatore di calore fumi/acqua Vitotrans 333 per l'utilizzo della tecnica della condensazione fino a 6600 kW

Con le caldaie a media e grande potenzialità, per il funzionamento a condensazione a gasolio si prediligono invece scambiatori di calore fumi, poiché consentono la separazione della camera di combustione e delle superfici di scambio termico convettivo.

Superficie di condensazione in alluminio/silicio nella caldaia a gas a condensazione da parete Vitodens 100

Un'alternativa economica all'acciaio inossidabile è offerta dall'alluminio. L'esperienza insegna però, che molte leghe in alluminio non hanno una lunga resistenza agli effetti corrosivi risultanti dalla tecnica della condensazione a gas e a gasolio.
I tipici scambiatori con tubi ad alette in alluminio spesso non sono in grado di formare abbastanza velocemente gli strati protettivi passivi;
già a medio termine possono dunque verificarsi danni dovuti agli effetti corrosivi dell'acqua di condensa.

Se si lavora l'alluminio con il procedimento di fusione, utilizzando gli appositi stampi è possibile arricchire la superficie dello scambiatore di calore con il silicio, ottenendo così una superficie adatta a questo utilizzo.
La tipologia costruttiva più idonea per il procedimento di fusione ha una serie di "chiodi" sul lato fumi che consentono una buona turbolenza dei gas di combustione.

Le ampie intercapedini lato acqua garantiscono ridotte resistenze alla corrente, impedendo così erosioni e rumori di flusso.

Fig. 20: Vitotrans 333 abbinato alla caldaia Vitoplex per l'utilizzo della tecnica della condensazione

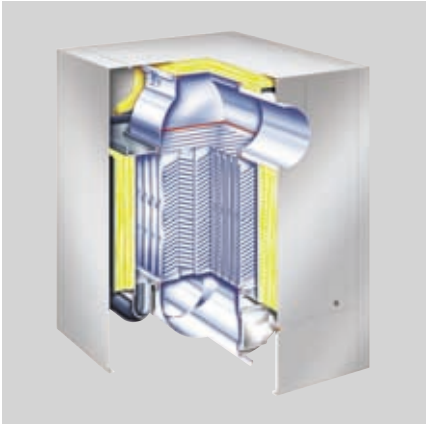


Fig. 21: Vitotrans 333 con superfici di scambio termico Inox-Crossal per caldaie con potenzialità da 80 a 500 kW

Fig. 22: Caldaia a gas a condensazione da parete Vitodens 100 con superficie di condensazione in alluminio/silicio e bruciatore piano ad irraggiamento in acciaio inossidabile

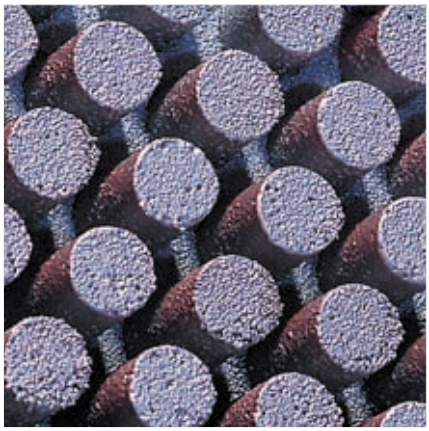


Fig. 23: Superficie di condensazione in alluminio/silicio

Contenuto di CO_2, tipologia costruttiva del bruciatore

Contenuto di CO_2, tipologia costruttiva del bruciatore

Per un utilizzo efficace della tecnica della condensazione, è importante che la combustione avvenga con un elevato contenuto di CO_2 oppure con uno scarso eccesso d'aria, poiché la temperatura di condensazione viene influenzata dal contenuto di CO_2 del gas di combustione (figura 24).

La temperatura di condensazione dovrebbe essere mantenuta più elevata possibile per ottenere la condensazione anche in sistemi di riscaldamento con elevate temperature del ritorno. Perciò nel gas di combustione è auspicabile una elevata percentuale di CO_2, quindi uno scarso eccesso d'aria. Il contenuto di CO_2 ottenibile dipende in primo luogo dalla tipologia costruttiva del bruciatore.

Non si dovrebbero quindi impiegare bruciatori atmosferici, poiché l'elevato eccesso d'aria porta a bassi valori di CO_2 e, di conseguenza, a basse temperature di condensazione dei gas di combustione. Con temperature gas di scarico minori o pari a 50°C, di regola la spinta termica non è più sufficiente a garantire il funzionamento del camino o del sistema scarico fumi attraverso il condotto naturale, per via del calore residuo nel gas di scarico. In questo contesto, è importante che nelle apparecchiature modulanti la ventola abbia la regolazione del numero di giri, necessaria per poter adattare la portata dell'aria alla portata volumetrica del gas. Solo così è possibile mantenere l'elevato contenuto di CO_2 anche con il funzionamento modulante.

L'assorbimento di energia della ventola per le caldaie a gas a condensazione da parete è pari a ca. 50 kWh/a, con costi annuali di ca. 6 Euro.

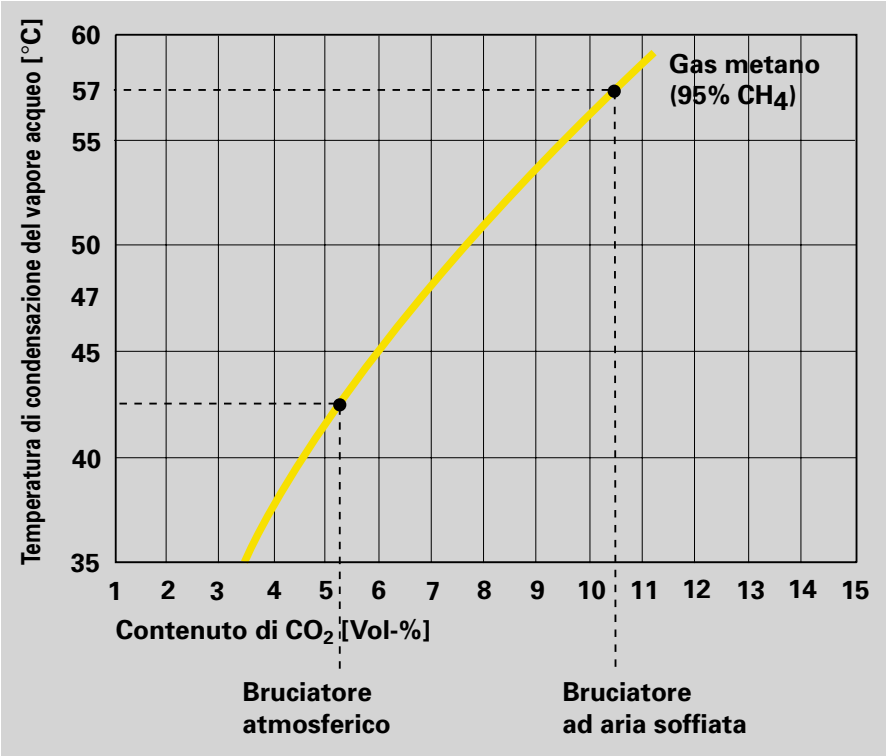


Figura 24: Temperatura di condensazione del vapore acqueo in funzione del contenuto di CO_2

Figura 25: Bruciatore a gas modulante, MatriX-compact, fino a 66,3 kW

Figura 26: Bruciatore ad irraggiamento MatriX, potenzialità utile: da 87 a 142 kW

Integrazione idraulica

Integrazione idraulica

Dal punto di vista idraulico è necessario accertarsi che le temperature del ritorno siano inferiori alla temperatura di condensazione del gas di combustione, affinché quest'ultimo raggiunga la condensazione.

Un provvedimento efficace consiste nell'evitare un aumento della temperatura del ritorno, mediante collegamenti diretti con la mandata. Per gli impianti a condensazione non si dovrebbero quindi impiegare sistemi idraulici con un miscelatore a 4 vie.
In alternativa si possono invece utilizzare miscelatori a 3 vie, che portano l'acqua del ritorno dai circuiti di riscaldamento direttamente alla caldaia, senza un aumento di temperatura (figura 27).

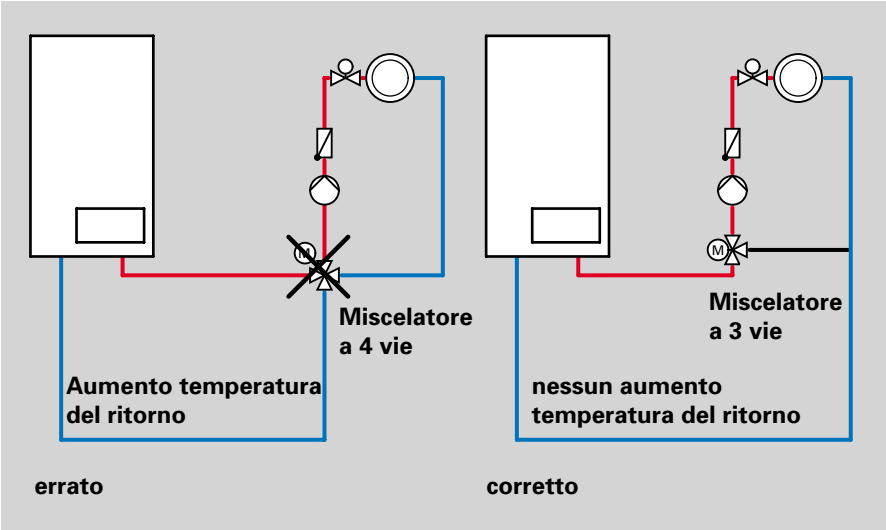


Figura 27: Requisiti del sistema idraulico per la tecnica della condensazione

Non si dovrebbero neppure impiegare valvole termostatiche a 3 vie, poiché comportano un collegamento diretto della mandata e del ritorno, con il conseguente aumento della temperatura del ritorno.

Le pompe di circolazione modulanti adattano automaticamente la portata ai requisiti del sistema, impedendo così un inutile aumento della temperatura del ritorno e favorendo l'utilizzo della tecnica della condensazione.

In alcuni casi è necessario un collettore a pressione differenziale o un equilibratore idraulico.
In precedenza l'equilibratore idraulico era indispensabile per garantire la portata minima di acqua in circolazione nel generatore di calore, mentre per le caldaie a condensazione moderne non è più necessario.

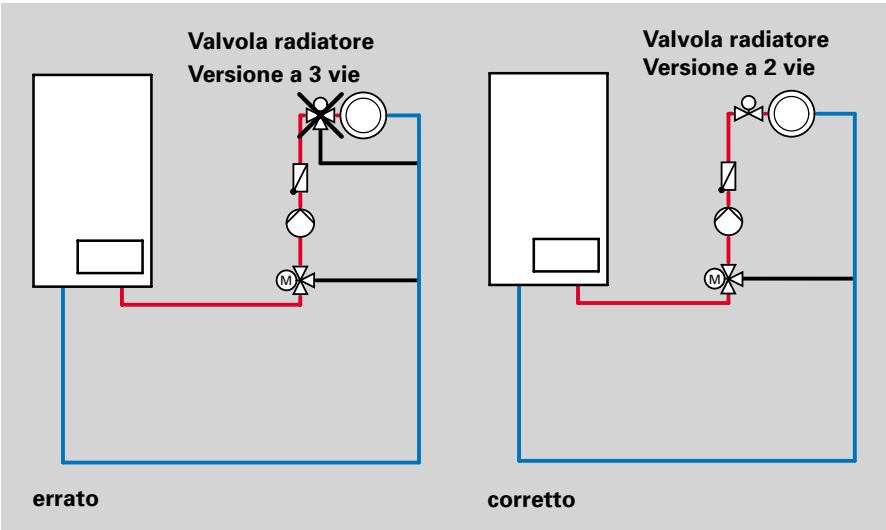


Figura 28: Requisiti del sistema idraulico per la tecnica della condensazione

Può però accadere che la portata massima ammessa del generatore di calore sia minore della portata di circolazione nel circuito di riscaldamento, ad es. per gli impianti di riscaldamento a pavimento. In questo caso la portata del circuito di riscaldamento, maggiore rispetto alla portata volumetrica del circuito di caldaia, deve essere compensata mediante l'equilibratore idraulico. La temperatura del ritorno non subisce così nessun aumento.

Le portate della pompa circuito di caldaia e della pompa circuito di riscaldamento devono essere regolate in modo che nel circuito di riscaldamento circoli la portata volumetrica maggiore, al fine di impedire la miscelazione dell'acqua calda del circuito di mandata nel ritorno del generatore di calore. Il sensore temperatura di mandata deve essere montato a valle dell'equilibratore idraulico, per rilevare la temperatura di sistema dopo la miscelazione dell'acqua fredda del ritorno.
Se non si può evitare l'impiego di un equilibratore idraulico, per ottenere il massimo effetto di condensazione sono necessari un dimensionamento e una taratura accurati.

Regole per la progettazione di caldaie murali:

- Per gli impianti con più generatori di calore in sequenza, è quasi sempre necessario un equilibratore idraulico.
- Per la taratura dell'equilibratore idraulico, la portata volumetrica lato caldaia deve essere inferiore del 10-30% alla portata volumetrica lato impianto (temperatura del ritorno bassa).
- L'equilibratore idraulico deve essere dimensionato sulla max. portata volumetrica dell'intero sistema.

Se si integra un bollitore nel sistema, è necessario allacciarlo a monte dell'equilibratore idraulico poiché in questo punto vi sono le massime temperature di sistema nella mandata ed è dunque possibile ridurre il tempo di carico. L'allacciamento a valle dell'equilibratore consentirebbe, senza l'impiego di un miscelatore, il riscaldamento diretto dei circuiti di riscaldamento. L'utilizzo della tecnica della condensazione viene anche influenzato dal dimensionamento delle portate e del differenziale di temperatura.
Questo concetto è illustrato chiaramente nella figura 31: se per un impianto esistente ($\dot{Q}$ = cost.) si dimezza la portata ($\dot{V}$), aumenta il differenziale di temperatura ($\Delta\vartheta$), ma diminuisce immediatamente la temperatura media dei radiatori.

$$\dot{V} = \dot{Q} / \Delta\vartheta$$

Se si aumenta la mandata finché, durante la cessione di calore, non si ripristinano le condizioni di temperatura originarie, alla stessa temperatura media si ha un differenziale di temperatura doppio e la temperatura del ritorno diminuisce di conseguenza. In questo modo si ha un notevole miglioramento dell'effetto della condensazione.
Le grandi portate, invece, diminuiscono il differenziale di temperatura, contrastando così l'effetto di condensazione (fig. 31).

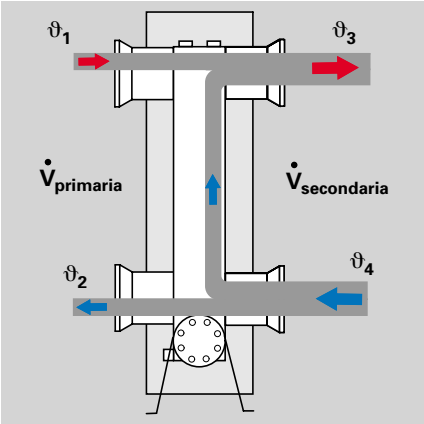
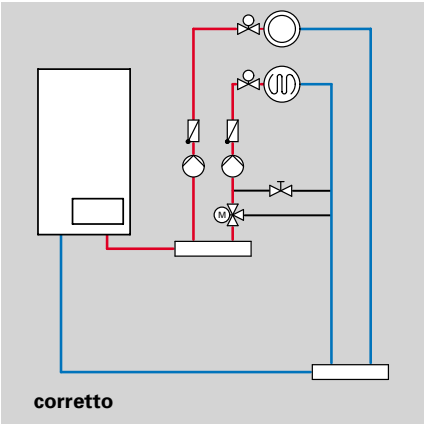


Figura 29: Principio di funzionamento di un equilibratore idraulico



Legenda

$\dot{V}_{primaria}$	Portata acqua di riscaldamento circuito generatore di calore
$\dot{V}_{secondaria}$	Portata acqua di riscaldamento circuito di riscaldamento
ϑ_1	Temperatura di mandata circuito per la produzione di calore
ϑ_2	Temperatura del ritorno circuito per la produzione di calore
ϑ_3	Temperatura di mandata circuito di riscaldamento
ϑ_4	Temperatura del ritorno circuito di riscaldamento
$\dot{Q}_{primaria}$	Quantità di calore addotta del generatore di calore
$\dot{Q}_{secondaria}$	Quantità di calore espulsa del circuito di riscaldamento

$\dot{V}_{primaria} < \dot{V}_{secondaria}$

$\vartheta_1 > \vartheta_3$

$\vartheta_2 \approx \vartheta_4$

$\dot{Q}_{primaria} = \dot{Q}_{secondaria}$

Figura 30: Requisiti del sistema idraulico per la tecnica della condensazione

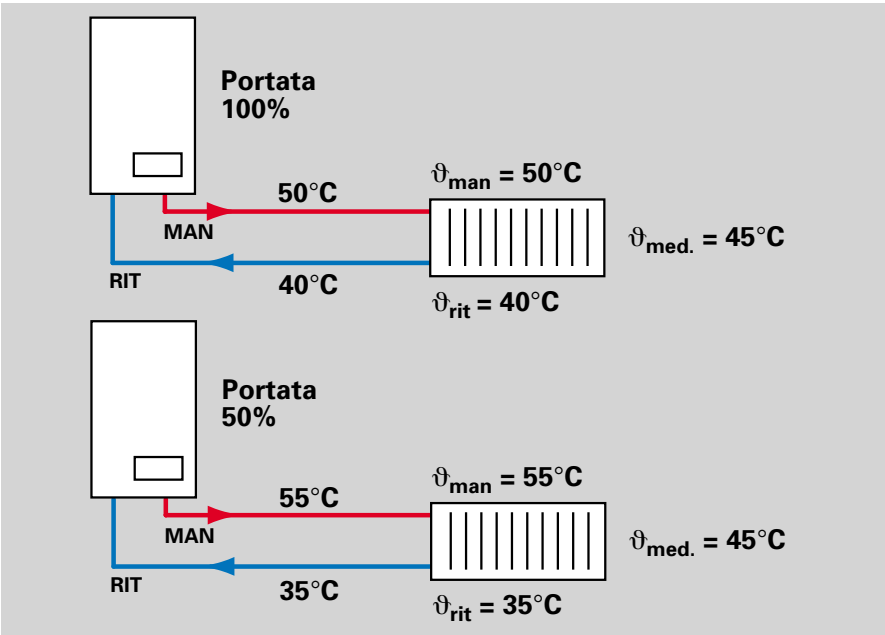


Figura 31: Influsso del dimensionamento delle portate (scostamento)

Trattamento dell'acqua di condensa

Trattamento dell'acqua di condensa

L'acqua di condensa che si accumula nel generatore di calore e nei condotti per lo scarico fumi durante il programma di riscaldamento deve essere smaltita. Con un consumo di gas di 3000 m³ /a in una casa monofamiliare media, possono accumularsi da 3000 a 3500 l/a di acqua di condensa.

In funzione della temperatura del ritorno viene impostata una determinata temperatura fumi ϑA, che influenza nuovamente l'indice di condensazione α. α equivale a 1 quando si genera la quantità di acqua di condensa teoricamente possibile (fig. 32). Si ha così la condensazione completa. Poiché il valore pH è spostato in direzione "acido" e nell'acqua di condensa potrebbero essere contenute le sostanze indicate nella tabella 3, l'associazione tedesca che si occupa delle acque di scarico (Abwassertechnische Vereinigung) ha pubblicato il foglio di lavoro ATV A 251, le cui regole sono alla base della maggior parte degli ordinamenti comunali tedeschi relativi alle acque di scarico.

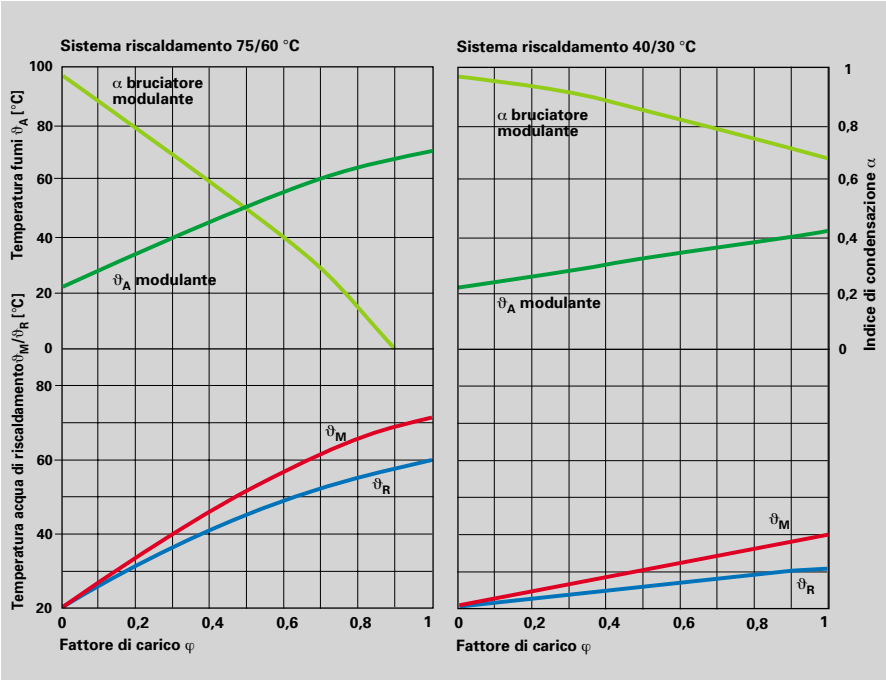


Figura 32 Produzione condensa

Per le caldaie a gas a condensazione con potenzialità inferiore a 25 kW, l'immissione diretta è fuor di dubbio. La percentuale di condensa dell'intera formazione delle acque di scarico è così bassa da garantire una diluizione sufficiente attraverso l'acqua di scarico domestica. Anche per potenzialità utili superiori, fino a 200 kW, l'acqua di condensa degli impianti a gas a condensazione può essere immessa senza neutralizzazione, se vengono soddisfatte le condizioni marginali indicate nella tabella 4.

In base a queste condizioni deve essere raggiunta almeno una diluizione con acque di scarico normali, nel rapporto 1 : 25.
Per tutte le caldaie a condensazione, l'autorizzazione all'immissione deve essere richiesta alle autorità competenti, che decideranno in base alle normative locali.

Se dall'immissione fino a un centro di raccolta viene utilizzata una tubazione esclusivamente per l'acqua di condensa e la diluizione non avviene nemmeno saltuariamente, si dovrebbero scegliere materiali particolari.
In base al foglio di lavoro ATV A 251, i materiali idonei sono:
- tubi in grès
- tubi rigidi in PVC
- tubi in PVC
- tubi in PE-HD
- tubi in PP
- tubi in ABS/ASA
- tubi in acciaio inossidabile
- tubi in borosilicato

Tab.3: Sostanze ammesse in base a ATV A 251

Sostanze contenute nell'acqua di condensa	Valori orientativi in base al foglio di lavoro ATV A 251 (2) in mg/litro	Valori rilevati in mg/litro			
		Vitodens 100	Vitodens 200	Vitodens 300	Vitoplus
Piombo	0,2	< 0,01	< 0,01	≤ 0,01	< 0,01
Cadmio	0,01	< 0,005	< 0,005	≤ 0,001	< 0,005
Cromo	0,15	0,01	< 0,01	0,08	< 0,01
Rame	0,25	< 0,01	< 0,01	≤ 0,01	< 0,01
Nichel	0,25	< 0,01	< 0,01	0,04	< 0,01
Zinco	0,5	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05
Stagno	0,5	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05

Lo scarico acqua di condensa verso la canalizzazione deve essere visibile e dovrebbe essere provvisto di un sifone.

Se è previsto un impianto di neutralizzazione, avviene una correzione del valore pH dell'acqua di condensa in direzione "neutro". L'acqua di condensa viene quindi convogliata dall'impianto di neutralizzazione, composto essenzialmente da un serbatoio pieno di granulato. Una parte del granulato (idrolito di magnesio) si scioglie nell'acqua di condensa e fa reazione principalmente con acido carbonico, formando un sale neutro, stando dunque il valore pH nel campo da 6,5 a 9.

È importante che l'impianto sia azionato con circolazione continua, per evitare che nelle fasi di inattività eccessive quantità di granulato si fissino nella soluzione. Il volume del serbatoio deve essere sufficiente a contenere la quantità acqua condensa prevista e un riempimento deve durare almeno per l'intero periodo di riscaldamento. Nei primi successivi all'installazione del sistema si dovrebbe effettuare per prima un controllo. È inoltre [illegible] manutenzione annuale.

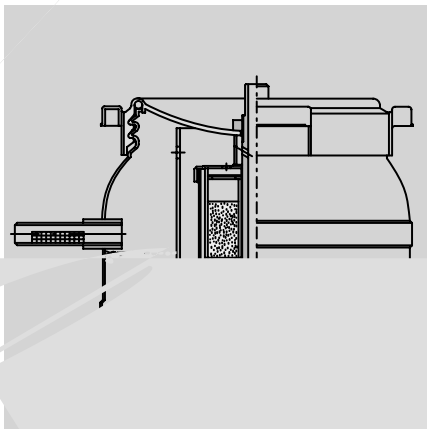
[illegible] caldaie a gasolio [illegible] sempre [illegible] neutralizzazione [illegible] deve essere [illegible] di una camera di sedimentazione collegata a monte e di un filtro a carbone attivo per il legame dei derivati dell'olio. Il granulato per l'aumento del valore pH è costituito [illegible] idrato di magnesio (figura 35).

In Italia, secondo la norma UNI 7071 del luglio 2003 sono esentati da neutralizzazione gli scarichi delle condense dei generatori fino a 35 kW installati [illegible] ad uso abitativo o locali [illegible] almeno 10 utenti [illegible] dalla norma.

	Potenzialità [kW]	25	50	100	150	< 200
Edifici abitativi	Max. quantità annua acqua di condensa [m³/a]	7	14	28	42	56
	Numero minimo degli appartamenti	1	2	4	6	
Edifici commerciali	Max. quantità annua acqua di condensa [m³/a]	6	12	24	[illegible]	
	Numero minimo degli impiegati (ufficio)	10	20	40	[illegible]	

Tab. 4: Condizioni per l'immissione dell'acqua di condensa con caldaie [illegible]

Fig. 33: Impianto [illegible] a base [illegible] qu[illegible]



Legenda

A Afflusso (DN 20)
B Scarico (DN 20)
C Filtro a carbone attivo
D Indicatore colore
E Granulato di neutralizzazione

Emissioni e sistema scarico fumi

Grazie alla combustione con ridotte emissioni inquinanti, effettuata con i moderni bruciatori ad irraggiamento MatriX, le caldaie a condensazione Viessmann rientrano ampiamente nei valori limite di tutte le normative.
Le emissioni inquinanti sono a volte al di sotto dei limiti rilevabili dagli strumenti.

Le emissioni inquinanti estremamente ridotte del bruciatore ad irraggiamento MatriX, sono dovute alla premiscelazione completa gas/aria e alla temperatura di combustione particolarmente bassa, dovuta alla vasta superficie di reazione semisferica.
Una grande percentuale del calore generato viene espulsa dalla zona di reazione mediante la radiazione termica a infrarossi, riducendo considerevolmente la formazione di NO_X.
Per le caldaie a gasolio a condensazione, si dovrebbero impiegare i bruciatori a “fiamma blu” che producono emissioni particolarmente ridotte.
A causa della bassa temperatura fumi (<85°C) e del rischio della condensazione
dell'umidità residua nell'impianto gas di scarico, un camino convenzionale senza intercapedine non è idoneo per il montaggio di una caldaia a condensazione.

La temperatura fumi ridotta non sempre è sufficiente a garantire una spinta termica nell'impianto gas di scarico, perciò le caldaie a condensazione spesso devono essere provviste di una ventola e devono essere azionate con sovrappressione.
Rispetto ai camini convenzionali, i requisiti sono dunque ben diversi:
- Durante il funzionamento non è necessaria una particolare resistenza alla fuliggine ecc.
- Si verifica soltanto un carico di temperatura ridotto.
- Il funzionamento può avvenire sia in sovrappressione, sia in depressione
- Bisogna tenere in considerazione la produzione di acqua di condensa corrosiva.

Queste condizioni possono essere soddisfatte con semplici tubi per lo scarico fumi in materiale sintetico, acciaio inossidabile ceramica o vetro.

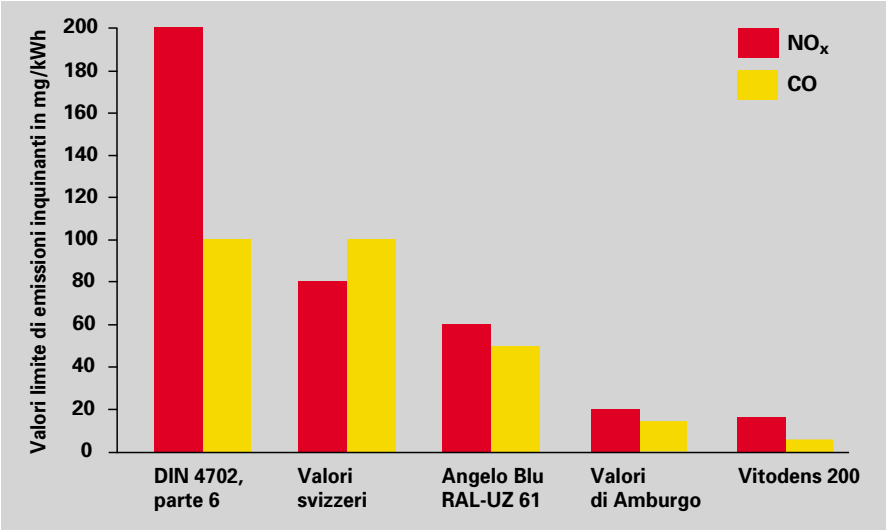


Figura 36: Emissioni della caldaia a gas a condensazione Vitodens 200, rispetto a diverse normative e marchi di qualità

Prima di effettuare i lavori sull'impianto gas di scarico la ditta installatrice dovrebbe accordarsi con il progettista per decidere se la caldaia deve essere installata
- in un locale abitativo
  (locale di abitazione)

oppure
- in un locale non abitativo
  (locale caldaia).

L'installazione nel locale abitativo può essere effettuata se i tubi per lo scarico fumi vengono inseriti in tubo di protezione in cui circola l'aria (sistema AZ, funzionamento a camera stagna). Con un raccordo a ventilazione coassiale che arriva fino al cavedio (funzionamento con aria ambiente continua), l'installazione nel locale abitativo può essere effettuata eccezionalmente anche con il funzionamento a camera aperta.
In un locale non abitativo, i tubi per lo scarico fumi possono essere posati all'interno del locale caldaia anche senza ventilazione coassiale. Il locale caldaia deve avere un'apertura di immissione aria dall’esterno sufficiente (salvo diverse prescrizioni e/o normative).

Se si sceglie un'apparecchiatura a camera aperta (di tipo B), l'aria di combustione viene aspirata dal locale in cui viene montata la caldaia. Per i locali abitativi sono necessarie particolari precauzioni per garantire una portata d'aria sufficiente per la combustione, senza peggiorare il clima della stanza (aria ambiente continua).
Il tubo fumi coassiale deve essere condotto fino all'ingresso nel cavedio ventilato.
L'alimentazione dell'aria di combustione avviene attraverso il tubo di rivestimento. In questo modo i gas di combustione che potrebbero fuoriuscire vengono ricondotti nel generatore di calore (salvo diverse prescrizioni e/o normative).

I generatori di calore con funzionamento a camera stagna (tipo apparecchiatura C) aspirano l'aria di combustione all'esterno del rivestimento edificio. A questo scopo viene sfruttata o la sezione libera del cavedio in cui vengono posati i tubi per lo scarico fumi, oppure viene utilizzato un tubo coassiale al cui interno defluisce il flusso del gas di scarico, mentre nel tubo di rivestimento scorre l'aria di combustione. Il tubo gas di scarico posato nel locale caldaia (raccordo gas di scarico) è rivestito da un altro tubo e al suo interno circola l'aria di combustione.

Di regola è possibile allacciare anche più caldaie a condensazione a un condotto per lo scarico fumi. La posa può essere effettuata ad es. in locale di abitazione, in ripostigli non aerati, in armadi o nicchie senza distanza da componenti infiammabili, ma anche in soffitte con passaggio diretto della tubazione di adduzione aria e scarico fumi attraverso il tetto.

Nel locale caldaia si deve prevedere uno scarico per l'acqua di condensa e la tubazione di scarico della valvola di sicurezza.

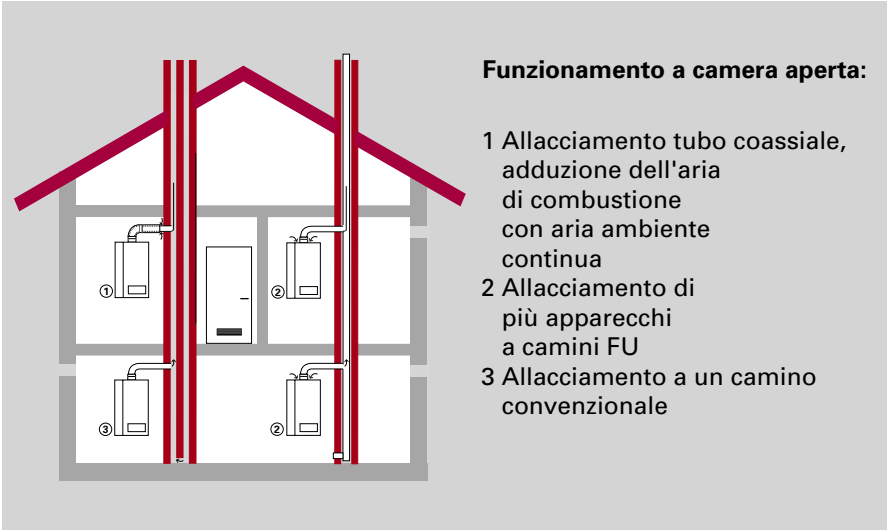


Figura 37: Sistemi scarico fumi per funzionamento a camera aperta

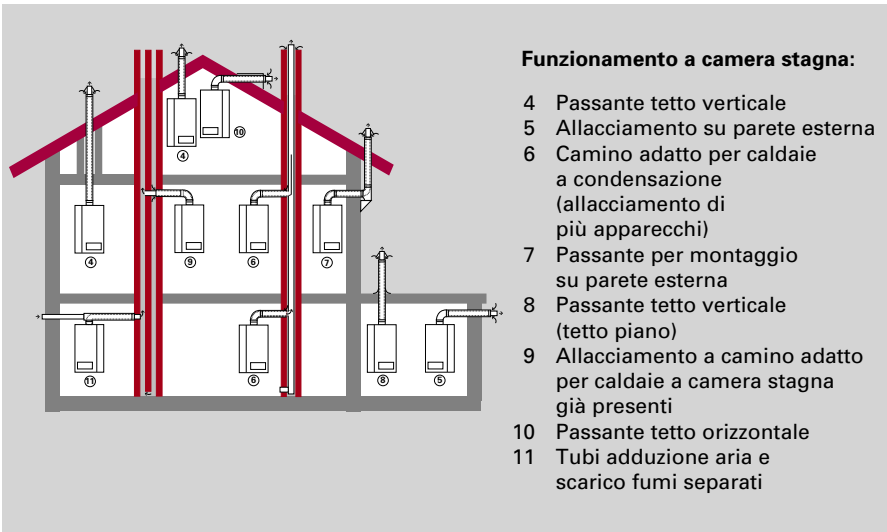


Figura 38: Sistemi scarico fumi per funzionamento a camera stagna

Guida alla scelta

Guida alla scelta

Viessmann offre il sistema integrato a condensazione adatto a ogni esigenza.

Per le case monofamiliari si può impiegare una caldaia a parete con bollitore oppure uno scambiatore istantaneo per produzione d'acqua calda integrato.

Per le case plurifamiliari si può scegliere una soluzione per il riscaldamento centrale o autonomo.

Per la produzione di calore autonoma, di regola viene collocata una caldaia a parete in ogni abitazione. L'approvvigionamento di acqua calda avviene poi mediante un bollitore laterale a parete, inferiore o laterale a basamento, oppure mediante uno scambiatore di calore a piastre integrato nella caldaia a condensazione.

Fig. 39: Caldaie a gas a condensazione da parete Vitodens 100, 200, 300 da 4,5 a 66,3 kW. La Vitodens 200 in sequenza è disponibile fino a 265 kW.

Per la soluzione di riscaldamento centrale in edifici di grandi dimensioni, si possono anche utilizzare caldaie a parete che possono essere collegate in sequenza.
È anche possibile utilizzare una caldaia a gas a condensazione a basamento.

Il programma Vitotec per caldaie a condensazione a basamento spazia dalla Vitocrossal 300 con potenzialità utili da 9 a 978 kW (fig. 41), allo scambiatore di calore fumi/acqua in acciaio inossidabile Vitotrans 333 da 80 a 6600 kW (fig. 42).

In particolare per campi di potenzialità maggiori, per l'utilizzo della tecnica della condensazione a valle delle caldaie vengono inseriti scambiatori di calore fumi/acqua.

Nello scambiatore di calore fumi/acqua Vitotrans 333 la temperatura fumi si abbassa drasticamente ed è superiore di soli 10-25 K alla temperatura del ritorno dell'acqua di riscaldamento. Già così il rendimento stagionale aumenta del 5% ca. L'ulteriore risparmio di energia e il vero vantaggio degli scambiatori di calore fumi a condensazione risiede nell'utilizzo del calore che, durante la condensazione dei gas di combustione, viene liberato sulle superfici di scambio termico fredde. In funzione della temperatura acqua di riscaldamento, nello scambiatore di calore fumi si ha un ulteriore ricavo di energia dovuto alla condensazione pari al 7%.
Il rendimento stagionale delle caldaie può essere quindi aumentato fino al 12%, collegando a valle lo scambiatore di calore fumi. Il consumo di combustibile si riduce di conseguenza.

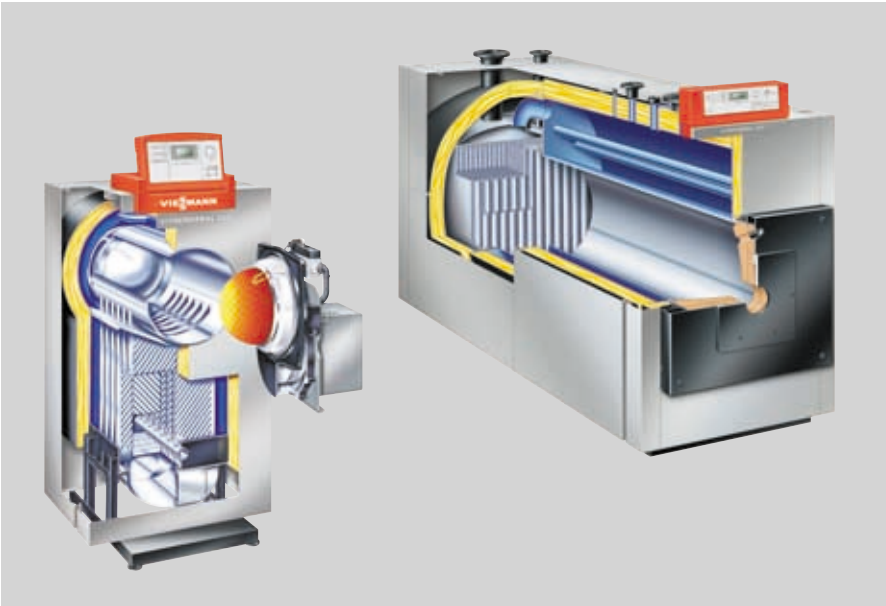


Fig. 41: Caldaia a gas a condensazione a basamento Vitocrossal 300 con potenzialità utili da 9 a 978 kW

Fig. 42: Scambiatori di calore fumi/acqua Vitotrans 333 per caldaie da da 80 a 6600 kW

Tabella di selezione caldaia con produzione d'acqua calda integrata o solo riscaldamento in considerazione della produzione d'acqua calda sanitaria

Le caldaie a parete Viessmann sono particolarmente semplici da utilizzare grazie al facile sistema di comando e alla confortevole produzione d'acqua calda sanitaria con sistema integrato Quick-System.
L'acqua calda viene immediatamente fornita da scambiatori di calore a piastre, senza inutili consumi di energia.

Per un maggiore fabbisogno di acqua calda è disponibile la gamma di bollitori Vitocell da 80 a 300 litri.
Nelle versioni a parete, inferiore o laterale, tutti i bollitori si adattano perfettamente in quanto a forma e colore alle caldaie a parete Viessmann.
Il collegamento avviene in modo semplice e veloce, grazie agli appositi kit di collegamento.

La tabella 5 costituisce un valido aiuto per la scelta tra caldaie con produzione d'acqua calda integrata a parete (con scambiatore istantaneo per produzione d'acqua calda) e apparecchi di riscaldamento con apposito bollitore, in considerazione della produzione d'acqua calda sanitaria.

Per il rammodernamento degli edifici, la tecnica della condensazione offre particolari vantaggi poiché sul lato fumi possono essere adottate soluzioni semplici e convenienti.
Per il camino non sono necessari costosi interventi di risanamento, che implicano lavori di muratura, poiché di regola vengono semplicemente introdotti tubi per lo scarico fumi in materiale sintetico, direttamente nei cavedi esistenti, oppure vengono praticate piccole perforazioni sulla parete per l'accesso all'aria esterna.

Tab. 5: Tabella di selezione - guida alla scelta tra caldaie con produzione d'acqua calda integrata con scambiatore istantaneo oppure apparecchi di riscaldamento con apposito bollitore

		Caldaia con produzione d'acqua integrata con scambiatore istantaneo	Caldaia solo riscaldamento con apposito bollitore
Fabbisogno di acqua calda, comfort	Fabbisogno di acqua calda per un'abitazione	+	+
	Fabbisogno di acqua calda per una casa monofamiliare	0	+
	Fabbisogno di acqua calda centrale per una casa plurifamiliare	–	+
	Fabbisogno di acqua calda autonomo per una casa plurifamiliare	+	+
Utilizzo dei diversi punti di erogazione collegati	Un punto di erogazione	+	0
	Più punti di erogazione, utilizzo non contemporaneo	+	0
	Più punti di erogazione, utilizzo contemporaneo	–	+
Distanza dei punti di erogazione dalla caldaia	Flno a 7 m (senza tubazione di ricircolo)	+	–
	Con tubazione di ricircolo	–	+
Rammodernamento	Bollitore disponibile	–	+
	Sostituzione di una caldaia con produzione d'acqua calda integrata esistente	+	– / 0
Ingombro	Ingombro ridotto (montaggio in una nicchia)	+	0
	Disponibilità di spazio (locale caldaia)	+	+

+ = consigliato
0 = consigliato con riserva
– = non consigliato

La tecnica modulare Viessmann

Le caldaie a condensazione da parete Vitodens per gas metano seguono la strategia delle piattaforme armonizzate Vitotec, in quanto a similarità di struttura, dimensioni e componenti. Il programma di caldaie a parete Vitotec è costituito da pochi componenti base, con cui vengono assemblati i diversi tipi di apparecchiature: un telaio base, quattro celle termiche, tre Aqua-Platine, due tipi di regolazione e il sistema ad innesto multiplo.
In questo modo il montaggio, la messa in funzione e la manutenzione sono più semplici e diminuisce la scorta di accessori e parti di ricambio.

Il nucleo della tecnica modulare per le caldaie a parete è costituito dall'Aqua-Platine, grazie a cui il passaggio lato acqua avviene dietro la parete posteriore. Per questa ragione tutti i componenti sono facilmente accessibili ed estraibili frontalmente. Il sistema ad innesto multiplo, inoltre, semplifica ulteriormente manutenzione e assistenza. Anche il rammodernamento avviene all'insegna del comfort: grazie ad appositi set di adattatori, le vecchie caldaie possono essere sostituite senza problemi.

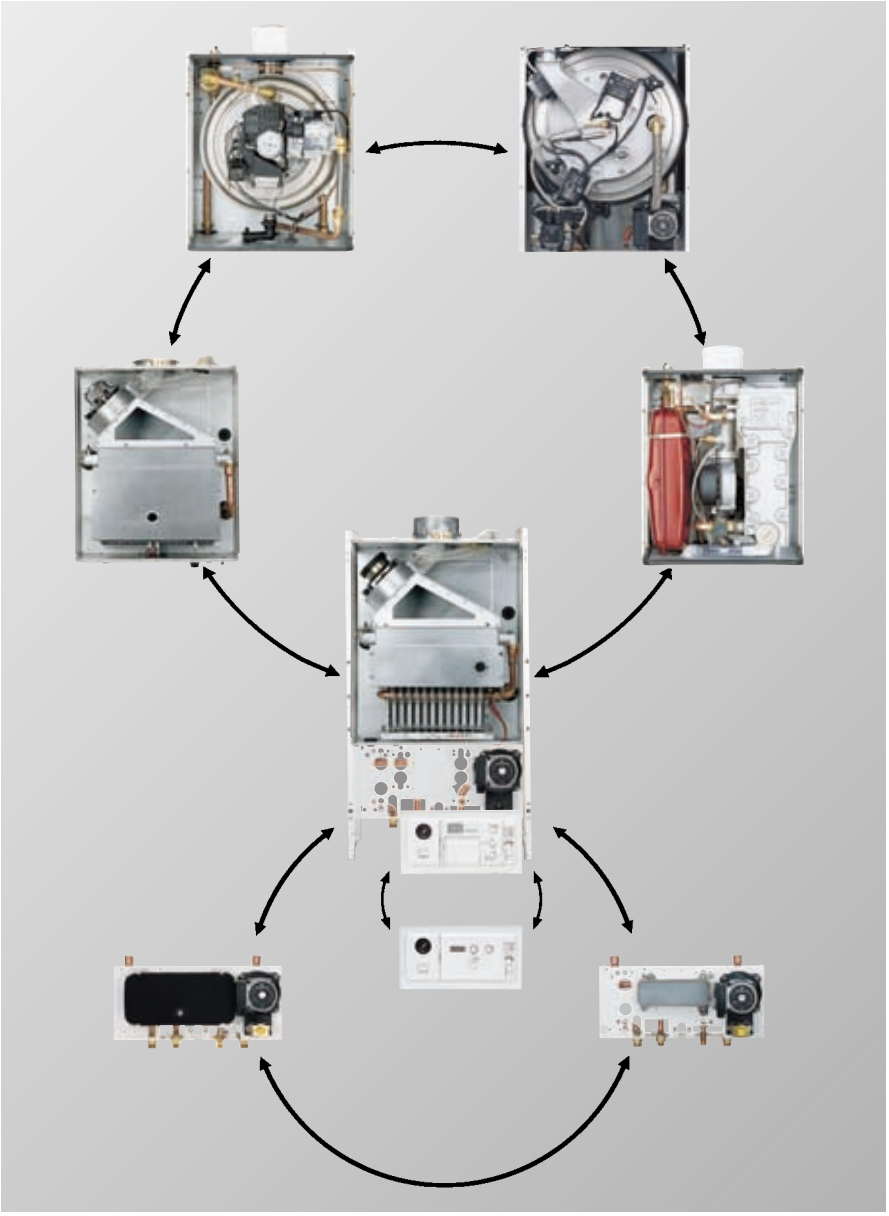
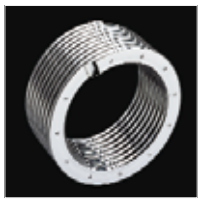
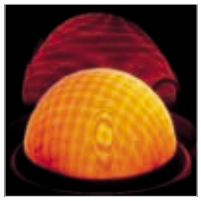


**Figura 43: La tecnica modulare Viessmann consente l'assemblaggio di telai base e gruppi funzionali con struttura modulare, per diversi modelli di apparecchiature.
Il risultato: molti componenti uguali e fasi di montaggio uniformi e semplici da seguire.**

Viessmann offre un ampio programma di prodotti integrati tra loro per qualsiasi fabbisogno e esigenza





Stabilimenti Viessmann

Il gruppo Viessmann, con ca. 6800 collaboratori, è una delle aziende leader nel mondo nella produzione di caldaie e componenti per la tecnica del riscaldamento. Il nome Viessmann è sinonimo di competenza ed innovazione.
Il gruppo Viessmann offre un programma completo di componenti tecnologicamente avanzati oltre ad un sistema integrato di componenti adatti ad essi. La molteplicità dei nostri prodotti ha molte cose in comune: standard qualitativo elevato in tutti i settori, che si esplica nella sicurezza di funzionamento, risparmio di energia, rispetto dell'ambiente e l'utilizzo all'insegna del comfort.

I risultati delle nostre ricerche hanno indicato la direzione da seguire per tutto il settore riscaldamento non solo per le caldaie convenzionali ma anche nel campo delle energie rinnovabili come le pompe di calore e gli impianti a pannelli solari.

Tutti i nostri prodotti sono conformi alla nostra filosofia. Raggiungere il massimo rendimento in qualsiasi condizione: per i nostri clienti, per l'ambiente, per i nostri partner installatori.

Viessmann Stabilimenti
35107 Allendorf (Eder) - Germania

Viessmann S.r.l.
Via Brennero 56
37026 Balconi di Pescantina (VR)
Tel. 045 6768999
Fax. 045 6700412
www.viessmann.com

Le filiali Viessmann in Italia:

Filiale Verona
Via Brennero, 56
37026 Balconi di Pescantina (VR)
Tel. 045 6768999 - Fax. 045 6700412
Filiale Padova
Galleria Urbani, 13
Piazzale Regione Veneto, 14/5
35027 Noventa Padovana (PD)
Tel. 049 8935665 - Fax. 049 8935043
Filiale Milano
Viale del Lavoro, 54
20010 Casorezzo (MI)
Tel. 02 90356311 - Fax. 02 90381125
Filiale Torino
Via Bologna, 220
10154 Torino
Tel. 011 2481335 - Fax. 011 2485490
Filiale Firenze
Via Ponte Nuovo, 61
50056 Montelupo Fiorentino (FI)
Tel. 0571 911045 - Fax. 0571 911046
Filiale Bolzano
Via Adige, 6
39040 Cortaccia (BZ)
Tel. 0471 809888 - Fax. 0471 818190
Filiale Roma
Via Ada Negri, 56
00137 Roma
Tel. 06 82097777 - Fax. 06 82097690

VIESSMANN

Salvo modifiche tecniche!
9446 659 IT 01/2004