

Manuale fluidi refrigeranti

Per specialisti RCV



Sommario

03	Fluidi refrigeranti – la linfa di ogni impianto del freddo
04	Sei tipici fluidi refrigeranti
05	I fluidi refrigeranti più importanti nel raffreddamento
07	Efficienza energetica nel raffreddamento
08	Sottoraffreddamento – la spinta in più per l'impianto di raffreddamento
09	Quale campo d'impiego per ciascun fluido?
10	Climatizzazione di edifici
12	Sistemi reversibili: utilizzo principale per il raffreddamento
13	Sistemi reversibili: utilizzo principale per il riscaldamento
14	Sistemi VRV-VRF
15	Diversi sistemi split
16	Misure costruttive
22	Sostituzione di fluidi
23	Informazioni
24	Impianti di refrigerazione efficienti

Premessa

Il manuale fluidi refrigeranti si occupa dei temi fluidi refrigeranti, energia ed ambiente, nel settore del raffreddamento, in modo facilmente comprensibile per specialisti RCV. Il tema dei fluidi refrigeranti per pompe di calore non è trattato nel presente opuscolo. Esso non sostituisce le vigenti raccomandazioni, aiuti e norme, ma si concentra su temi che coprono il 70% dei casi. In questo modo gli specialisti RCV hanno un accesso facilitato al tema fluidi refrigeranti. Il manuale è un aiuto per mettere in pratica le disposizioni dell'ORRPChim¹, le norme SN EN 378 (sicurezza) e SIA 382/1 (energia), nonché l'opuscolo tecnico SUVA 66139 (funzionamento in sicurezza) e la direttiva CFSL 6517 (sicurezza sul lavoro). In caso di dubbi devono essere utilizzati i testi originali.

Questo documento è stato elaborato nel quadro del programma SvizzeraEnergia con il supporto finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente.

Grazie ai nostri partner



¹ ORRPChim, allegato 2.10 (RS 814.81)

Fluidi refrigeranti – la linfa di ogni impianto del freddo

In un impianto di raffreddamento, il fluido refrigerante funge da vettore di trasporto del calore. Nell'evaporatore esso assorbe calore a bassa temperatura, nel compressore, riscaldandosi, assorbe altro calore che poi rilascia nel condensatore. Dalla progettazione all'esercizio di una climatizzazione vanno considerati alcuni aspetti: i fluidi possono influenzare l'efficienza energetica, possono essere infiammabili, tossici o dannosi per l'ambiente. L'autorizzazione d'impiego è definita legalmente nell'Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim).

Fluidi refrigeranti naturali

I fluidi refrigeranti naturali sono sostanze presenti anche in natura e hanno un impatto nullo o limitato sull'ambiente. Tuttavia molti sono infiammabili, esplosivi e/o tossici.

Fluidi refrigeranti sintetici, stabili nell'aria

I fluidi refrigeranti sintetici stabili nell'aria (HFC²) sono degli idrocarburi fluorurati. Sono detti stabili poiché si decompongono lentamente nell'aria (permanenza media superiore a 2 anni). Se liberati nell'aria (ad es. da una fuga), hanno un effetto nocivo per l'ambiente sul lungo termine. Permettono però un ampio spettro d'applicazione nella climatizzazione e non sono direttamente tossici o infiammabili.

Fluidi refrigeranti sintetici non stabili nell'aria

I nuovi fluidi refrigeranti HFO³ appartengono ai fluidi sintetici ma presentano alcune peculiarità positive. Al contrario di altri fluidi sintetici essi non sono stabili nell'aria. Questo significa che hanno una permanenza nell'atmosfera di pochi giorni e quindi un impatto ambientale nocivo ridotto.

Autorizzazione speciale necessaria

Per poter manipolare i fluidi refrigeranti a titolo commerciale o professionale è necessaria un'autorizzazione speciale.

Obbligo di notifica

Le macchine del freddo e le pompe di calore che funzionano con più di 3 kg di fluido refrigerante devono essere annunciate all'Ufficio svizzero di notifica: www.bafu.admin.ch/notifica-rp

Rispetto dell'efficienza energetica

La scelta del fluido refrigerante, dei componenti e del concetto influiscono sul consumo di energia dell'intero impianto di raffreddamento. La potenza di raffreddamento riferita alla portata volumetrica del fluido frigorifero è un'informazione di economicità dell'impianto di raffreddamento. La scelta del fluido può modificare l'efficienza globale del sistema fino al 10-15%.

² HFC: idrofluorocarburi (cfr. pagina 9)

³ HFO: idrofluoroolefine (cfr. pagina 9)

Sei tipici fluidi refrigeranti

Vantaggi e svantaggi di sei tipici fluidi refrigeranti utilizzati nell'impiantistica del freddo.

R513A	R290 (propano)	R32
Fluido refrigerante sintetico, stabile nell'aria + fluido collaudato + non infiammabile + bassa tossicità – GWP (631)	Fluido refrigerante naturale + fluido collaudato – alta infiammabilità + bassa tossicità + GWP basso (3)	Fluido refrigerante sintetico, stabile nell'aria + fluido collaudato – bassa infiammabilità + bassa tossicità – GWP (675) – alta pressione (da 27 a 35 bar)
R717 (ammoniaca)	R744 (CO ₂)	R1234ze, R1234yf
Fluido refrigerante naturale + fluido collaudato – bassa infiammabilità – elevata tossicità + GWP basso (0) – campo d'applicazione conveniente da 200 kW	Fluido refrigerante naturale + fluido collaudato + non infiammabile + bassa tossicità + GWP basso (1) – alta pressione (da 80 a 90 bar)	Fluidi refrigeranti sintetici, non stabili nell'aria – nessuna esperienza di lunga durata – bassa infiammabilità – prodotto di degradazione: acido trifluoroacetico ⁴ + bassa tossicità + GWP basso (<1)

4 L'acido trifluoroacetico può essere nocivo per le piante

Insegnamenti dalla storia dei fluidi refrigeranti

La tecnica industriale del freddo inizia con i fluidi naturali, come ad esempio l'ammoniaca, i quali, ad eccezione del CO₂, non sono innocui: alcuni sono esplosivi, altri tossici. In seguito alla richiesta di maggiore sicurezza, sono stati sviluppati i fluidi sintetici (CFC, HCFC, HFC), meno pericolosi da maneggiare. Solo in seguito si scopre che sono una minaccia per l'ambiente: i fluidi con cloro distruggono lo strato d'ozono e quelli contenenti fluoro incrementano il surriscaldamento globale. I fluidi che distruggono l'ozono (CFC, HCFC) sono oggi proibiti. L'uso dei fluidi con un elevato potenziale effetto serra (GWP) sarà fortemente limitato in futuro. Con i nuovi fluidi a basso impatto GWP (HFO) va raccolta ulteriore esperienza pratica e assicurato che sono esenti da potenziali ricadute dannose.

	Dal 1755	Dal 1929	Dal 1988	Dal 2000	Dal 2015
Tema	Fattibilità tecnica	Sicurezza Infiammabilità Tossicità	Buco nell'ozono Cloro (ODP, potenziale distruzione ozono)	Surriscaldamento GWP (Global Warming Potential)	Surriscaldamento GWP Rischi sconosciuti
Focus	Sostanze refrigeranti naturali	CFC	HCFC HFC	HFC, Sostanze refrigeranti naturali	HFO, Sostanze refrigeranti naturali
Sostanze refrigeranti	Etere Anidride solforosa Dicloroetilene CO ₂ Ammoniaca	R11 R12 Ammoniaca	R22 R124 R142b Ammoniaca	R134a R404A R410A R32 Ammoniaca, CO ₂	R1234ze R1234yf Propano Ammoniaca, CO ₂

I fluidi refrigeranti più importanti nel raffreddamento

Fluido refrigerante	GWP	Potenza frig. per portata volumetrica	Campo di temperatura per un utilizzo efficiente	Valore limite pratico	Classe di sicurezza	Tossicità	Infiammabilità
	[1]	kJ/m³ [2]	°C [3]	kg/m³ [4]	(pagina 16) [5]	(ATEL/ODL) [6]	(LFL) [7]

Fluido refrigerante sintetico stabile nell'aria

R32	675	5300	35–45 (max. 55)	0,061	A2L	poco tossico	bassa infiammabilità
R134a [9]	1430	2050	30–40 (max. 75)	0,25	A1	poco tossico	non infiammabile
R410A [9]	2090	4600	30–40 (max. 55)	0,44	A1	poco tossico	non infiammabile
R452B	698	4400	30–40 (max. 55)	0,062	A2L	poco tossico	bassa infiammabilità
R454B	466	4500	30–40 (max. 55)	0,039	A2L	poco tossico	bassa infiammabilità
R513A	631	2050	30–40 (max. 75)	0,35	A1	poco tossico	non infiammabile

Fluido refrigerante sintetico non stabile nell'aria

R1234ze	<1	1550	30–40 (max. 85)	0,061	A2L	poco tossico	bassa infiammabilità
R1234yf	<1	1900	30–40 (max. 75)	0,058	A2L	poco tossico	bassa infiammabilità

Fluido refrigerante naturale

R290 Propano	3	2750	30–40 (max. 60)	0,008	A3	poco tossico	alta infiammabilità
R717 Ammoniaca NH ₃	0	3650	30–40 (max. 90)	0,00035	B2L	molto tossico	bassa infiammabilità
R1270 Propene (propilene)	3	3350	30–40 (max. 55)	0,008	A3	poco tossico	alta infiammabilità
R744 CO ₂	1	8500	30–60 (max. 90) [8]	0,1	A1	poco tossico	non infiammabile

[1] GWP = Global Warming Potential (Potenziale di effetto serra)
Fonte: IPCC IV, 2007, e IPCC V, 2014 (per gli HFO)

[2] Valori validi per $t_0 = 0^\circ\text{C}$, $t_c = 40^\circ\text{C}$

[3] Valori indicativi di riferimento per la temperatura di cessione del calore per i quali l'energia termica può venir estratta a un costo inferiore a 2 ct./kWh. A dipendenza del tipo di compressore e concetto d'impianto sono possibili recuperi di calore ad alta temperatura. La temperatura massima del corrispondente fluido è indicata tra parentesi. In ogni caso va considerato il rendimento (maggior costi e utili superiori). Con un desurriscaldatore la prestazione può aumentare del 10–15% senza abbassamento della temperatura di condensazione. Il calore così recuperato è gratuito (cfr. anche: documento di base della garanzia di prestazione di impianti del freddo, pagina 3: utilizzo di calore residuo, SvizzeraEnergia/SVK 2015).

[4] Il valore limite pratico è il valore massimo della concentrazione ammessa in un'area occupata da persone ed è utilizzato per il calcolo del quantitativo massimo di riempimento. Dal valore più basso tra tossicità e infiammabilità viene determinato il valore limite pratico (cfr. allegato C, SN EN 378-1). In caso di disposizioni più restrittive a livello nazionale o regionale, queste sono prioritarie rispetto alla norma e ai valori limite in essa esposti.

[5] Vedi anche il capitolo sulle misure costruttive (pagina 16 segg.)

[6] Lieve modifica per una migliore comprensione: le indicazioni corrispondono alla classificazione secondo SN EN 387-1, allegato E, come segue:

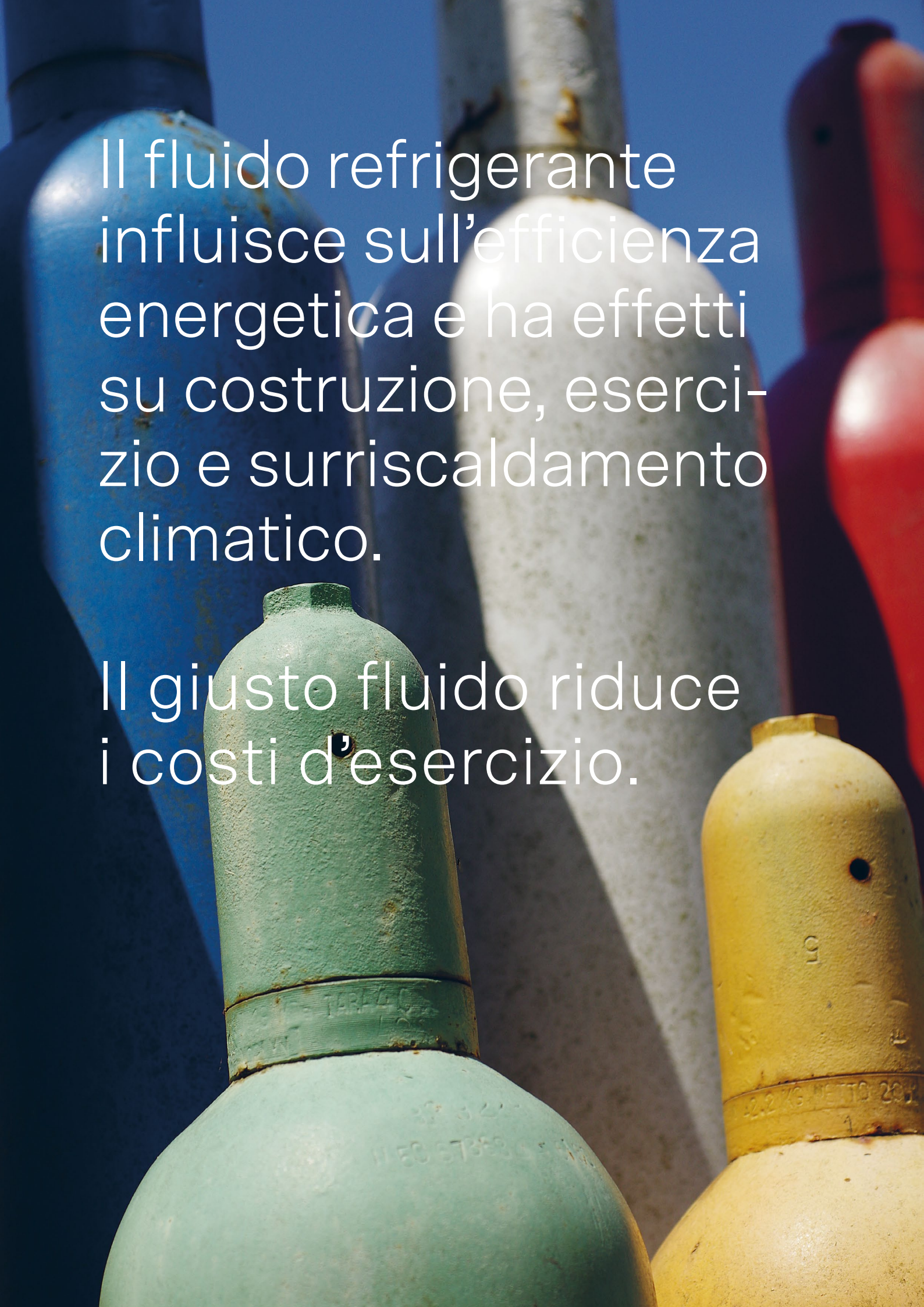
poco tossico = Classe A (bassa tossicità)
 molto tossico = Classe B (elevata tossicità)

[7] Le indicazioni corrispondono alla classificazione secondo ISO 817 e ASHRAE 34:

non infiammabile = Classe 1
 bassa infiammabilità = Classe 2L
 infiammabile = Classe 2
 alta infiammabilità = Classe 3

[8] Per il CO₂ è determinante la temperatura di ritorno (temperatura d'entrata nel raffreddatore/condensatore). Questa deve essere sufficientemente bassa (regola empirica sempre inferiore a 35°C).

[9] L'immissione sul mercato di impianti che utilizzano questi prodotti refrigeranti sarà probabilmente soggetta a ulteriori limitazioni; la disponibilità di tali refrigeranti non è garantita.



Il fluido refrigerante
influisce sull'efficienza
energetica e ha effetti
su costruzione, eserci-
zio e surriscaldamento
climatico.

Il giusto fluido riduce
i costi d'esercizio.

Efficienza energetica nel raffreddamento

La scelta del fluido refrigerante influisce sull'efficienza energetica dal 10 al 15%. I seguenti grafici mostrano la situazione con una temperatura costante e media di condensazione (situazione reale e non di dimensionamento).

Efficienza energetica e potenza di raffreddamento riferita alla portata volumetrica

La potenza di raffreddamento riferita alla portata volumetrica di un fluido refrigerante è solo significativa per la grandezza del compressore. Un fluido con una elevata potenza di raffreddamento riferita alla portata volumetrica non è necessariamente più efficiente di uno con potenza inferiore.

La scelta del fluido refrigerante influisce

- in modo essenziale sulla dimensione risp. sui costi d'investimento del compressore (più grande è la potenza di raffreddamento riferita alla portata volumetrica, più piccolo sarà il compressore);
- in modo marcato sulle misure costruttive risp. sui costi di costruzione (vedi capitolo sulle misure costruttive, pagina 16);
- in modo marcato sul contributo al surriscaldamento ambientale.

Per l'efficienza energetica sono importanti la temperatura dell'acqua fredda e quella di condensazione.

Mezzi per una maggiore efficienza energetica

La corretta conduzione dell'impianto di raffreddamento è la leva per una maggiore efficienza energetica. L'opportuna scelta del fluido permette un miglioramento dell'efficienza da 10 a 15% (fascia chiara nei grafici 2 e 3) il quale, assieme a un corretto dimensionamento (ad es. temperatura acqua fredda 14 °C anziché 6 °C e temperatura di condensazione 30 °C anziché 45 °C), può portare a un incremento dell'efficienza anche del 100%.

* Basi di calcolo: temperatura di condensazione (t_c) 35 °C e differenza tra temperatura acqua fredda in uscita e temperatura d'evaporazione (t_0) < 5 K. (ad es. per una temperatura dell'acqua fredda di 14 °C una temperatura d'evaporazione di 9 °C).

Efficienza energetica dei diversi fluidi refrigeranti
EER ($t_c = 35\text{ °C}$)*

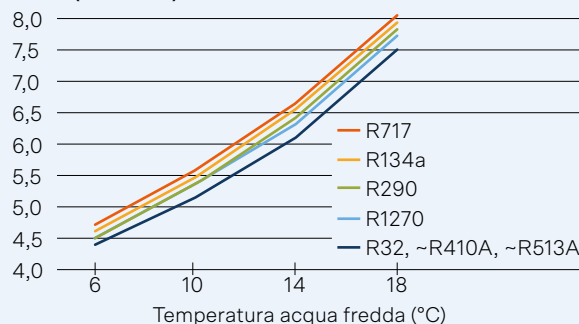


Grafico 1: Efficienza energetica EER (solo compressore) con diversi fluidi e temperature dell'acqua fredda.

Efficienza energetica del compressore con refrigeratori d'acqua

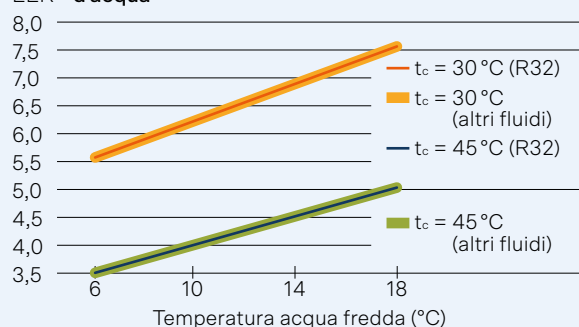


Grafico 2: Efficienza energetica EER (solo compressore) di un refrigeratore con differenti temperature dell'acqua. Più piccolo è il salto, maggiore è l'efficienza dell'impianto del freddo.

Efficienza energetica del compressore in sistemi ad evaporazione diretta

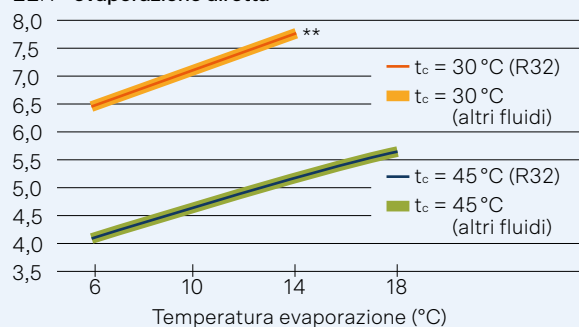


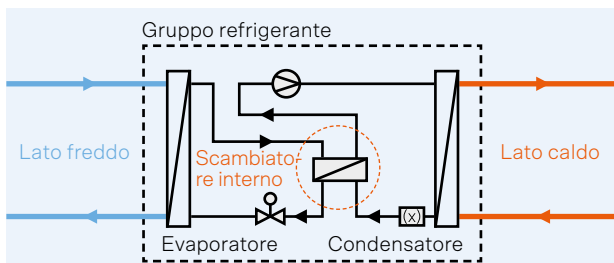
Grafico 3: Efficienza energetica EER (solo compressore) in sistemi ad evaporazione diretta con differenti temperature d'evaporazione. Più piccolo è il salto, maggiore è l'efficienza dell'impianto del freddo.

** Con una temperatura di condensazione di 30 °C ($t_c = 30\text{ °C}$) e una di evaporazione di 16 °C ($t_0 = 16\text{ °C}$), il compressore arriva al limite di funzionamento (rapporto di compressione).

Sottoraffreddamento – la spinta in più per l'impianto di raffreddamento

Nelle macchine frigorifere a compressione il fluido deve essere di principio sottoraffreddato in modo che non contenga bolle di gas in entrata alla valvola di espansione. Con questo «normale» sottoraffreddamento si migliora automaticamente l'efficienza energetica dell'1,5 fino al 2,5%. I costruttori di macchine e i progettisti più attenti applicano un ulteriore raffreddamento del fluido. Questo consente di aumentare la capacità frigorifera (e perciò di scegliere un compressore più piccolo), di migliorare l'efficienza energetica e di utilizzare un minore quantitativo di fluido refrigerante. Un sottoraffreddamento mirato incrementa inoltre la sicurezza di funzionamento. Il sottoraffreddamento aggiuntivo risulta tuttavia efficace soltanto se avviene a valle del raccogliatore di liquido (X).

1. Scambiatore di calore interno

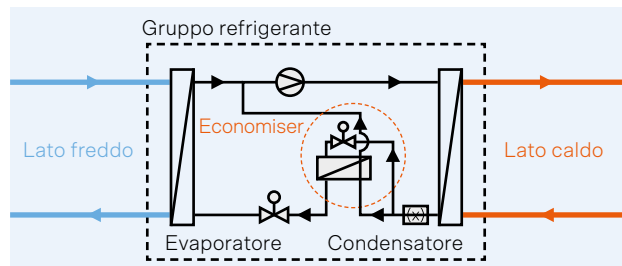


Il coefficiente adiabatico indica in che misura un fluido si presta al sottoraffreddamento tramite uno scambiatore interno. Più alto è il coefficiente, più alta sarà la temperatura finale della compressione e meno idoneo a tale scopo risulta il fluido. Secondo una regola generale, i fluidi particolarmente adatti al sottoraffreddamento presentano un coefficiente adiabatico prossimo a 1,0. Molti dei fluidi refrigeranti utilizzati oggi nella climatizzazione hanno purtroppo dei coefficienti adiabatici⁵ notevolmente superiori: 1,10 (R134a) o 1,30 (CO₂). Le proprietà termiche di questi fluidi li rendono solo limitatamente adatti al sottoraffreddamento tramite uno scambiatore interno.

L'opportunità o meno di uno scambiatore interno dipende dal fluido refrigerante utilizzato.

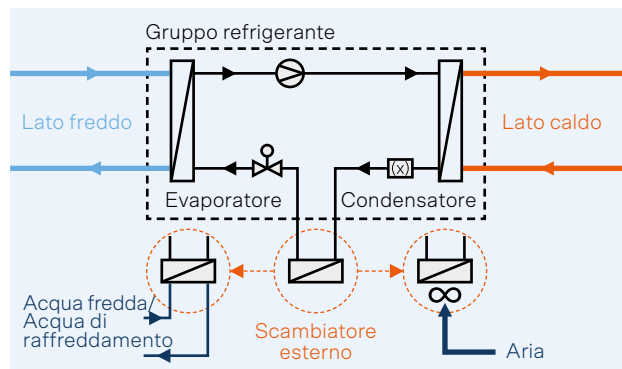
5 Dati con T = 0 °C

2. Circuito economizzatore



I circuiti economizzatori rappresentano delle buone soluzioni per il sottoraffreddamento nella climatizzazione.

3. Scambiatore di calore esterno



Quello che spesso si dimentica nella climatizzazione è il sottoraffreddamento tramite uno scambiatore di calore esterno. Il fluido può così essere sottoraffreddato mediante acqua fredda o di raffreddamento (ad es. preriscaldamento dell'acqua). In alternativa, lo scambiatore esterno può essere posizionato direttamente sotto il condensatore (dissipatore) per surraffreddare il fluido con l'aria esterna.

Il sottoraffreddamento migliora l'efficienza

Un sottoraffreddamento tramite uno scambiatore di calore interno permette di aumentare l'efficienza dell'impianto del 2,5 al 5%. Con un sottoraffreddamento esterno fino al 23%.

Esempio con fluido R513A

Un sottoraffreddamento di 5 K con una temperatura di condensazione di 45 °C e una temperatura di evaporazione di 7 °C migliora del 5% il valore EER.

Quale campo d'impiego per ciascun fluido?

L'Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim) stabilisce come possono essere utilizzati i fluidi refrigeranti. Il fornitore di un impianto di raffreddamento è tenuto di principio ad assicurare il rispetto delle disposizioni di legge. È quindi necessario, già nelle prime fasi della progettazione di un impianto di raffreddamento, di climatizzazione o con termopompe, considerare la scelta del fluido refrigerante al fine di poter da subito tener conto delle conseguenti esigenze tecniche e organizzative.

Classificazione dei fluidi refrigeranti

La ORRPChim fa una distinzione tra fluidi stabili e non stabili nell'aria (fluidi naturali e HFO). Quelli stabili nell'aria sono poi suddivisi per il raffreddamento degli edifici in ulteriori tre gruppi: con GWP inferiore a 1900, compreso tra 1900 e 2100 e con GWP superiore a 2100. Nel presente documento la delimitazione tra fluidi stabili e non stabili è rappresentata dal punto «P_(NS-S)». ⁶ Il grafico sottostante

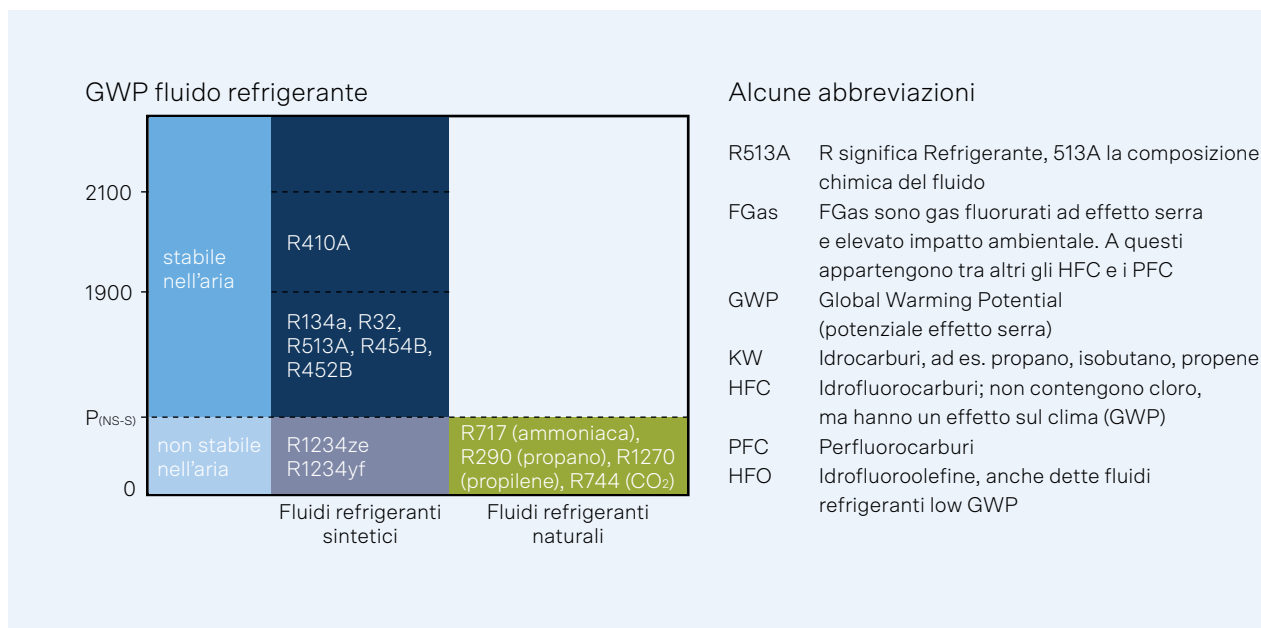
illustra la delimitazione delle citate categorie. Nelle pagine seguenti i limiti di impiego dei fluidi refrigeranti sono rappresentati graficamente in modo chiaro per le diverse applicazioni.

Deroghe dell'UFAM

Se le vigenti norme di sicurezza per impianti di raffreddamento (SN EN 378) possono essere garantite unicamente con un fluido refrigerante stabile nell'aria, eccezionalmente e con una domanda motivata, l'Ufficio federale dell'ambiente può concedere una deroga per l'installazione del relativo impianto (vedi altre informazioni, pagina 23).

Nota importante: Dal 1° gennaio 2020 non sono più concesse deroghe per i sistemi di climatizzazione VRV-VRF.

6 Punto «P_(NS-S)»: NS = non stabile, S = stabile

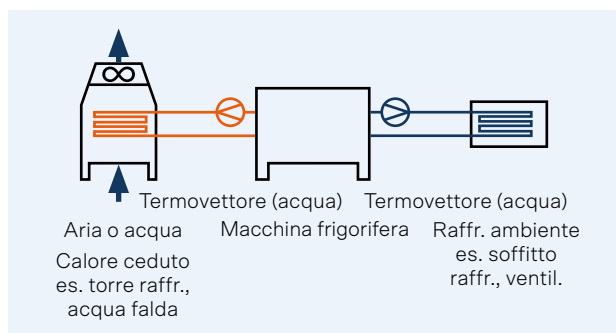


Fluidi refrigeranti per la climatizzazione di edifici

Gli impianti di climatizzazione per il raffrescamento di ambienti creano il benessere termico in edifici abitativi, commerciali e amministrativi, teatri, cinema, ospedali e via di seguito. In questo ambito di impiego rientra anche il condizionamento degli ambienti come magazzini, laboratori, data center, ecc.

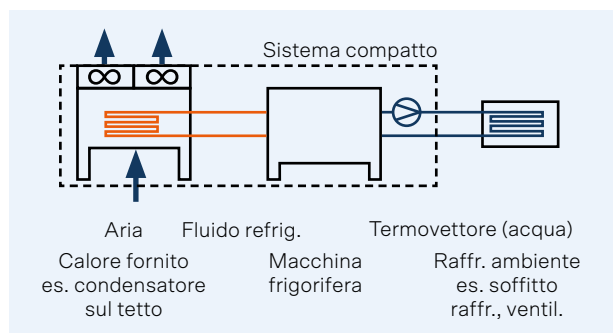
Impianti raffreddati ad acqua

In un impianto raffreddato ad acqua, il calore (residuo) è ceduto tramite un circuito idraulico ad una torre di raffreddamento o all'acqua di falda, fiume, lago, industriale.

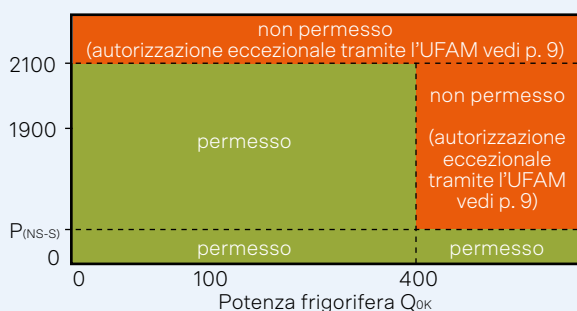


Impianti raffreddati ad aria

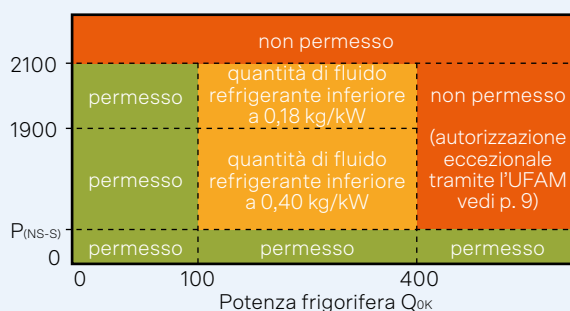
In un impianto raffreddato ad aria (gruppo refrigerante, Rooftop ecc.) il calore (residuo) è ceduto direttamente all'ambiente tramite uno scambiatore di calore lamellare con ventilatore (ad es. sul tetto).



Senza recupero del calore (residuo)
GWP fluido refrigerante



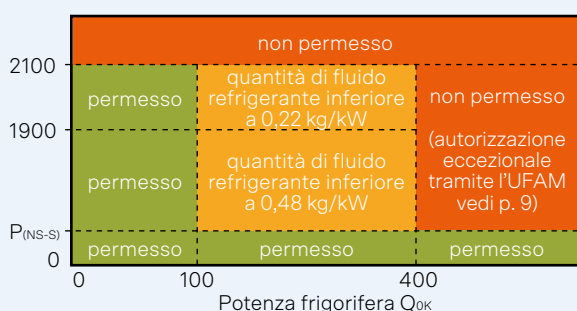
Senza recupero del calore (residuo)
GWP fluido refrigerante



Con recupero del calore (residuo) tramite
scambiatore ad aria

Scambiatore di calore ad aria per deumidificazione o post-riscaldamento. In impianti con recupero del calore (residuo) una parte di questo è utilizzato per il riscaldamento o per i processi.

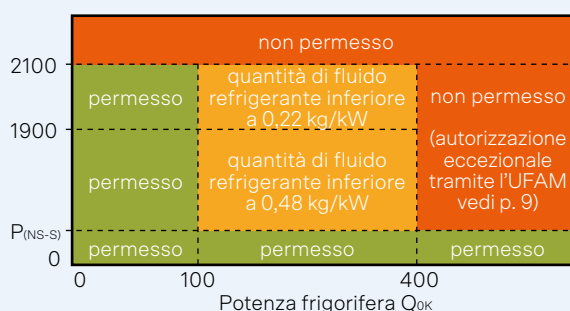
GWP fluido refrigerante



Con recupero del calore (residuo)

Negli impianti con recupero del calore (residuo) tramite scambiatore a liquidi una parte di questo è utilizzato per il riscaldamento o per i processi.

GWP fluido refrigerante



Nota: questi impianti hanno quantitativi di riempimento maggiori rispetto a quelli senza recupero del calore e devono perciò soddisfare requisiti superiori.

Impianti di raffreddamento ad evaporazione diretta

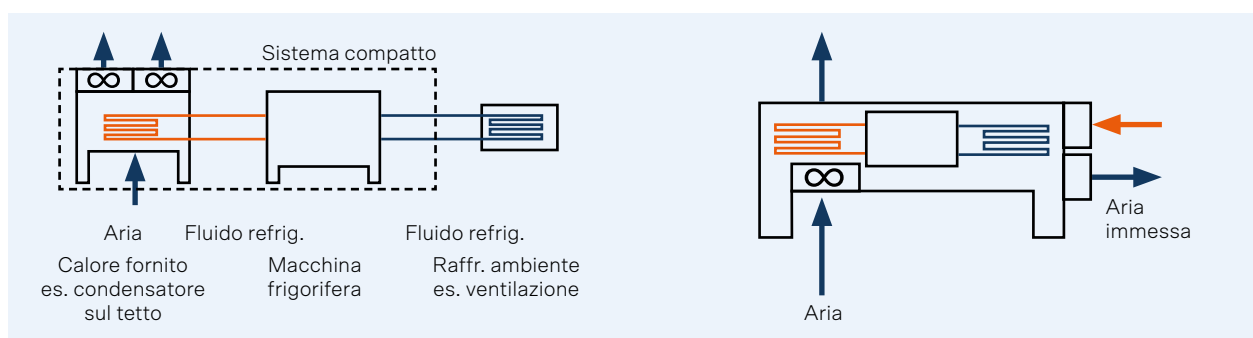
Gli impianti di raffreddamento ad evaporazione diretta non possiedono un circuito con fluido termovettore. Ciò vale indipendentemente se il calore (residuo) è ceduto all'aria esterna o ad un fluido termovettore. Nella pratica questo si ritrova in particolare nei sistemi compatti.

Nuovi impianti di raffreddamento ad evaporazione diretta sono ammessi solo se:

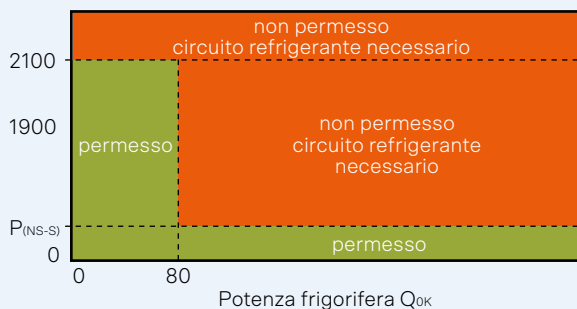
- la potenza di raffreddamento non è superiore a 80 kW o
- l'impianto comprende meno di tre unità di evaporazione (raffreddatori ad aria).

Importante!

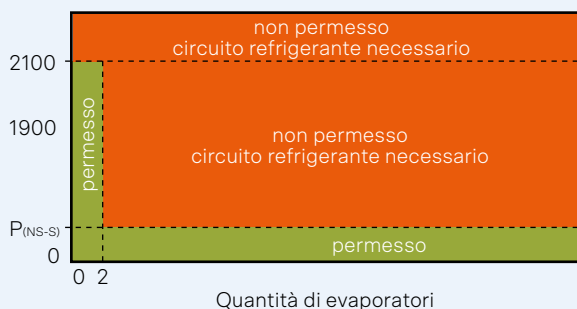
Questa pagina non vale per sistemi VRV-VRF. I sistemi VRV-VRF sono descritti a pagina 14.



Limiti secondo la potenza di raffreddamento
GWP fluido refrigerante



Limiti secondo il numero di evaporatori
GWP fluido refrigerante

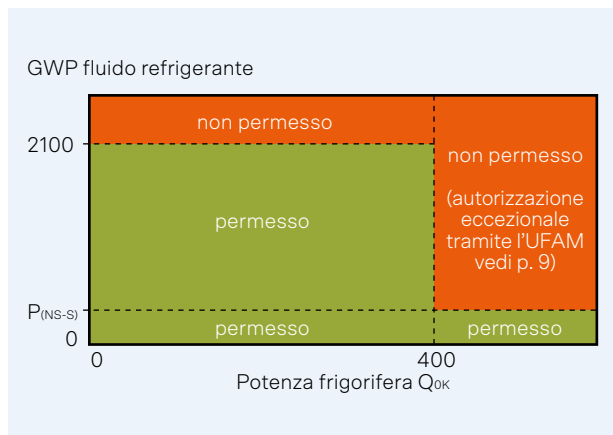
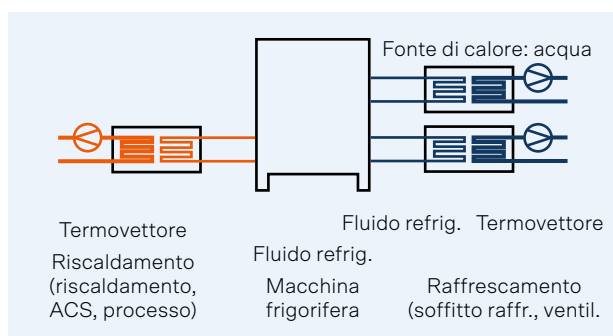


Fluidi refrigeranti nei sistemi reversibili: utilizzo principale per il raffreddamento

Sistemi utilizzati prevalentemente per il raffreddamento con i quali è anche possibile riscaldare (i cosiddetti sistemi reversibili). Producono acqua fredda per la climatizzazione e acqua calda per il riscaldamento. Se non può essere utilizzato, il calore prodotto derivante dal funzionamento per il freddo viene evacuato attraverso un condensatore raffreddato ad aria o ad acqua (p.es. di falda).

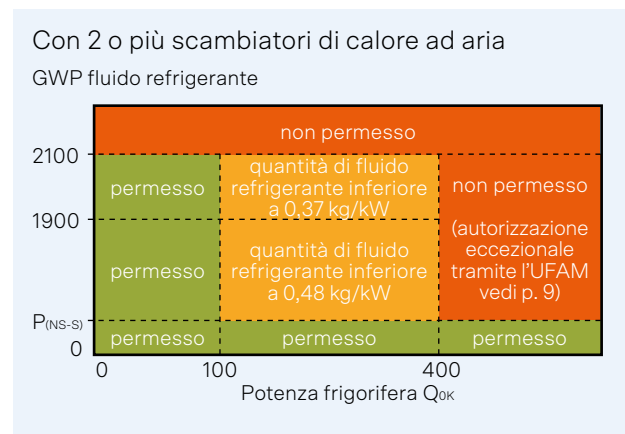
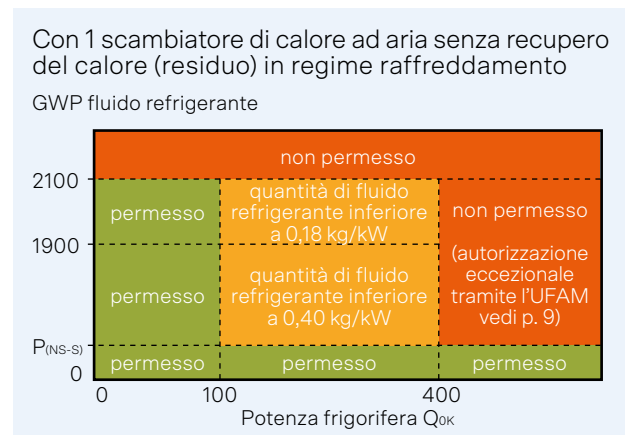
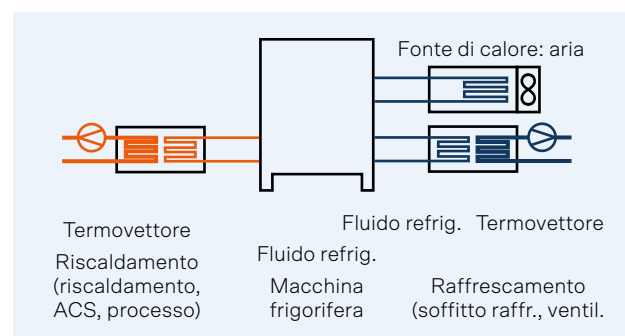
Sistemi di raffreddamento reversibili: con acqua quale fonte di calore

In questi sistemi l'acqua serve come fonte di calore (di falda, di lago, industriale ecc.).



Sistemi di raffreddamento reversibili: con aria quale fonte di calore

In questi sistemi l'aria serve come fonte di calore in inverno (aria esterna, aria d'espulsione) e in estate come riduzione di calore (condensatore).

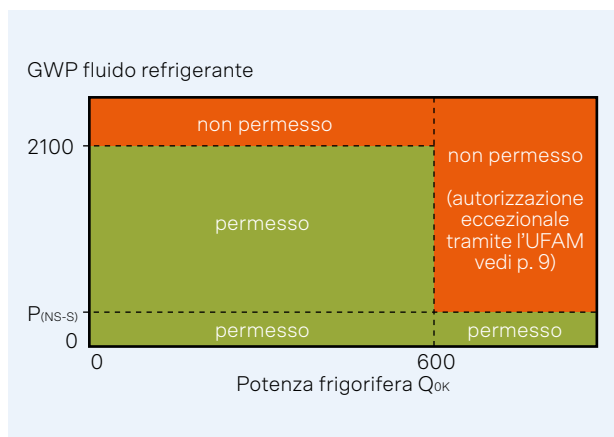
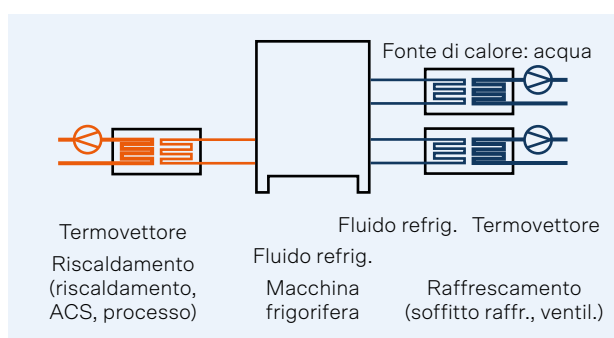


Fluidi refrigeranti nei sistemi reversibili: utilizzo principale per il riscaldamento

Sistemi utilizzati prevalentemente per il riscaldamento con i quali è anche possibile raffreddare (i cosiddetti sistemi reversibili). Producono acqua calda per il riscaldamento e acqua fredda per la climatizzazione. Se non può essere utilizzato, il calore prodotto derivante dal funzionamento per il freddo viene evacuato attraverso un condensatore raffreddato ad aria o ad acqua (p.es. di falda).

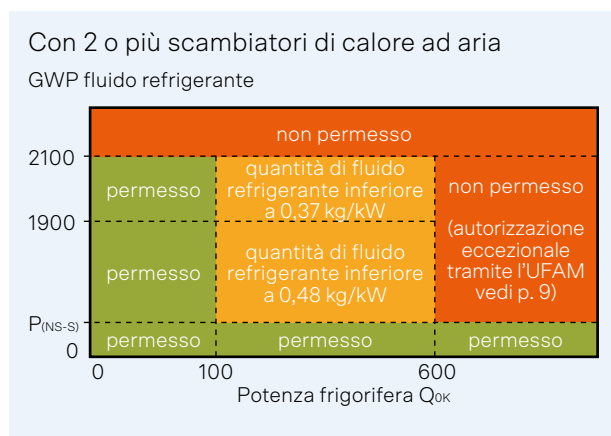
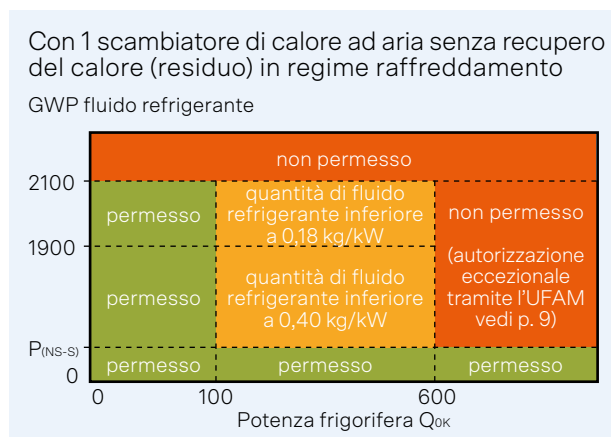
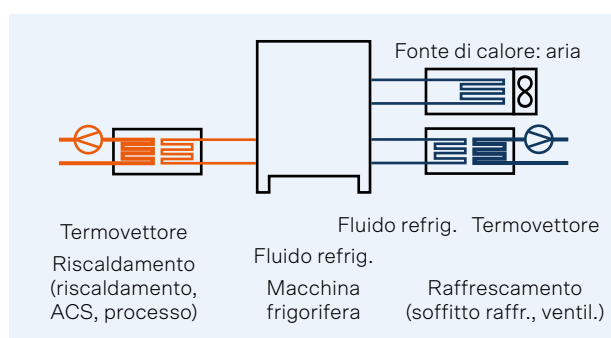
Sistemi di riscaldamento reversibili: con acqua quale fonte di calore

In questi sistemi l'acqua serve come fonte di calore (di falda, di lago, industriale ecc.).



Sistemi di riscaldamento reversibili: con aria quale fonte di calore

In questi sistemi l'aria serve come fonte di calore in inverno (aria esterna, aria d'espulsione) e in estate come riduzione di calore (condensatore).



Fluidi refrigeranti permessi nei sistemi VRV-VRF

All'interno dello stesso edificio i sistemi di climatizzazione VRV-VRF possono riscaldare e raffreddare le diverse zone secondo necessità o recuperare il calore prodotto. L'apparecchio esterno (unità compressore-condensatore) fornisce caldo o freddo agli apparecchi montati nei locali, attraverso un sistema di condotte di trasporto del fluido refrigerante. Un'«unità di controllo» è preposta alla gestione dei flussi caldo e freddo.

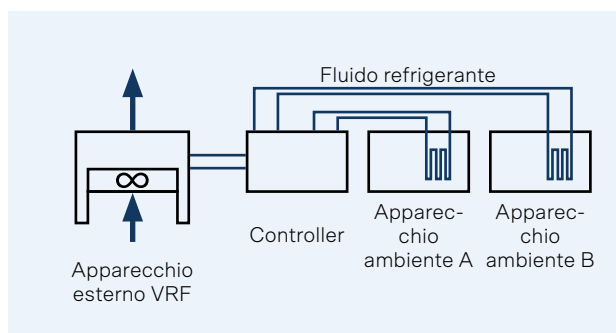
Sistemi di climatizzazione VRV-VRF

I sistemi di climatizzazione VRV-VRF climatizzano in modo differenziato gli spazi interi di un edificio.

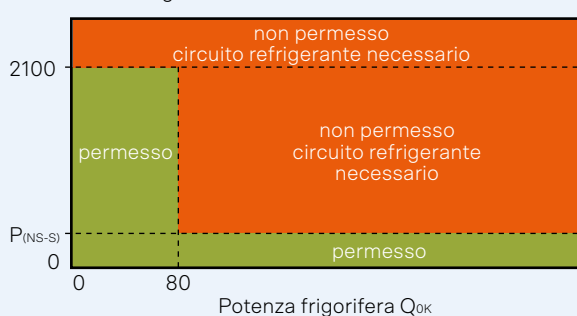
- VRF: Variable Refrigerant Flow
= flusso refrigerante variabile
- VRV: Variable Refrigerant Volume
= volume refrigerante variabile

Nota importante: nei sistemi di climatizzazione VRV-VRF che utilizzano più di 40 unità di evaporazione o che hanno una potenza di raffreddamento superiore a 80 kW, la distribuzione del freddo deve avvenire tramite un termovettore.

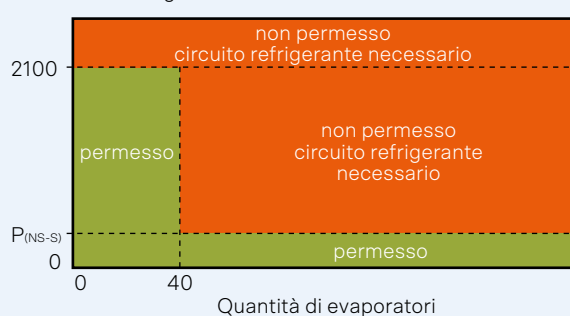
Dal 1° gennaio 2020 per i sistemi di climatizzazione VRV-VRF ad evaporazione diretta non viene più concessa alcuna deroga.



Limiti secondo potenza di raffreddamento e secondo numero di evaporatori
GWP fluido refrigerante



GWP fluido refrigerante



Diversi sistemi split

Sistemi Split (riscaldare/raffreddare)

Gli impianti split comprendono componenti per il trasporto del fluido frigorifero che assorbe o cede calore. Il fluido frigorifero può essere presente anche in ambienti con presenza di persone (vedi pagina 16).

Vantaggi

- Soluzione efficiente energeticamente se dotato di centralina inverter
- Economico

Svantaggi

- Elevata quantità di fluido refrigerante
- Necessaria eventuale sorveglianza del fluido refrigerante nelle zone accessibili a persone (tossicità, infiammabilità)

Sistemi Combi-Split (acqua calda/fredda)

In questi sistemi l'energia è trasportata con un fluido refrigerante da un apparecchio esterno a un box (controller). Il box può riscaldare e raffreddare contemporaneamente, utilizzando anche il calore residuo. Il trasporto del calore dal box ai locali avviene con un fluido termovettore (ad es. miscela di acqua e glicole).

Vantaggi

- Soluzione efficiente energeticamente
- Ridotta quantità di fluido refrigerante
- Sorveglianza della presenza di fluido refrigerante nelle zone con persone non necessaria

Svantaggio

- Costi elevati

Potenza di raffreddamento Q_{0K}

La potenza di raffreddamento Q_{0K} indicata nella ORRPChim corrisponde a quella massima che un impianto può erogare. La potenza di raffreddamento si riferisce alla produzione del freddo e non alla potenza complessiva dei distributori di freddo installati. Si presuppone inoltre che l'impianto sia configurato secondo lo stato della tecnica. Più sistemi (macchine del freddo e circuiti refrigeranti) sono considerati come un unico impianto se:

1. sono gestiti dallo stesso proprietario e
2. lavorano a livelli di temperatura simili
 - vettore del freddo: differenza ≤ 4 K,
 - vettore del caldo in sistemi reversibili utilizzati principalmente per il riscaldamento: differenza ≤ 15 K e
3. possono essere installati nello stesso locale macchine o in uno adiacente, oppure le cui utenze del freddo si trovano nello stesso edificio o fanno capo allo stesso circuito refrigerante (fino a 200 metri di distanza e 25 metri di dislivello)

Sistemi ridondanti

I sistemi ridondanti (macchine frigorifere e circuiti refrigeranti) servono esclusivamente per l'utilizzo temporaneo. Entrano in funzione soltanto in caso di guasti tecnici. La loro capacità frigorigena Q_{0K} non deve essere sommata nel calcolo della potenza utile di raffreddamento. Non sono considerati ridondanti, e dunque la loro Q_{0K} va sommata, i sistemi che

- sono utilizzati esclusivamente per la climatizzazione comfort, perché non risultano indispensabili per mantenere un livello minimo di comfort e/o
- hanno una capacità frigorifera superiore a quella della macchina frigorifera più potente.

La definizione completa con esempi esplicativi può essere consultata nell'aiuto all'esecuzione dell'UFAM.



Misure costruttive

Nella progettazione e realizzazione del locale tecnico destinato alle macchine di un impianto di climatizzazione vanno rispettate le direttive di sicurezza, dipendenti dal tipo e dal quantitativo di fluido refrigerante. A dipendenza della classe di sicurezza (cfr. tabella a pagina 5) sono necessarie differenti misure. I dettagli di queste misure costruttive sono descritti nella norma SN EN 378, parti da 1 a 3, nell'opuscolo tecnico SUVA 66139 e nell'aiuto all'esecuzione dell'UFAM al punto 3.4.

Le misure di sicurezza che devono essere considerate dipendono dall'ubicazione dei componenti di refrigerazione.

Si distinguono i seguenti luoghi di installazione:

- All'esterno;
- In un locale macchine;
- In locali con presenza di persone;
- In un (qualsiasi) locale senza presenza di persone;
- In contenitori ventilati.

Le SN EN 378 descrivono tra l'altro i diversi requisiti di sicurezza per impianti del freddo:

- Ermeticità del locale in cui si trova l'impianto;
- Aereazione (ventilazione ambiente, di sicurezza/d'emergenza):
 - cfr. dettagli nella SN EN 378-2, punti 6.2.14 e 6.2.15;
 - cfr. dettagli nella SN EN 378-3, punto 5.13.4;
- Installazioni d'allarme (ad es. allarme gas) e rilevatori:
 - cfr. dettagli nella SN EN 378-3, punti 8 e 9;
- Interruttore d'emergenza, sirena;
- Vie di fuga, porte, tavole informative, illuminazione d'emergenza:
 - cfr. dettagli nella SN EN 378-3, punti 5.1, 10.2 e 7.3.

Per determinate tipologie di locale e di fluido refrigerante, l'opuscolo tecnico SUVA 66139 prevede requisiti di sicurezza più severi. Questi riguardano tra l'altro i rilevatori di gas (cfr. anche pagina 17).

Excursus recipienti a pressione a valvole di sicurezza.

Chi «immette sul mercato» un impianto di refrigerazione deve garantire il rispetto di tutte le prescrizioni di sicurezza secondo l'Ordinanza sulle attrezzature a pressione (OSAP). Gli impianti di raffreddamento sono formati da più attrezzature a pressione, per cui sono degli «insiemi» ai sensi dell'OSAP. A partire da una determinata «grandezza»⁷, gli impianti di refrigerazione sono considerati recipienti a pressione. Gli impianti con recipienti a pressione più di 3000 bar litri¹ devono inoltre essere notificati alla SUVA (cfr. tra l'altro la direttiva CFSL 6516).

I recipienti a pressione negli impianti di refrigerazione devono essere protetti contro le sovrappressioni tramite valvole di sicurezza. Lo scarico del refrigerante nell'atmosfera attraverso questi dispositivi avviene solo quando tutte le misure di sicurezza predisposte a monte (ad es. spegnimento per alta pressione) non sono riuscite contrastare l'aumento della pressione.

Lo scarico dei dispositivi per l'eccesso di pressione deve avvenire secondo la norma SN EN 378 parti 1-4. È inoltre imperativo rispettare le prescrizioni locali (CFSL, SUVA, AICAA, OPIR, ecc.). In caso di dubbio, vogliate consultare le autorità competenti.

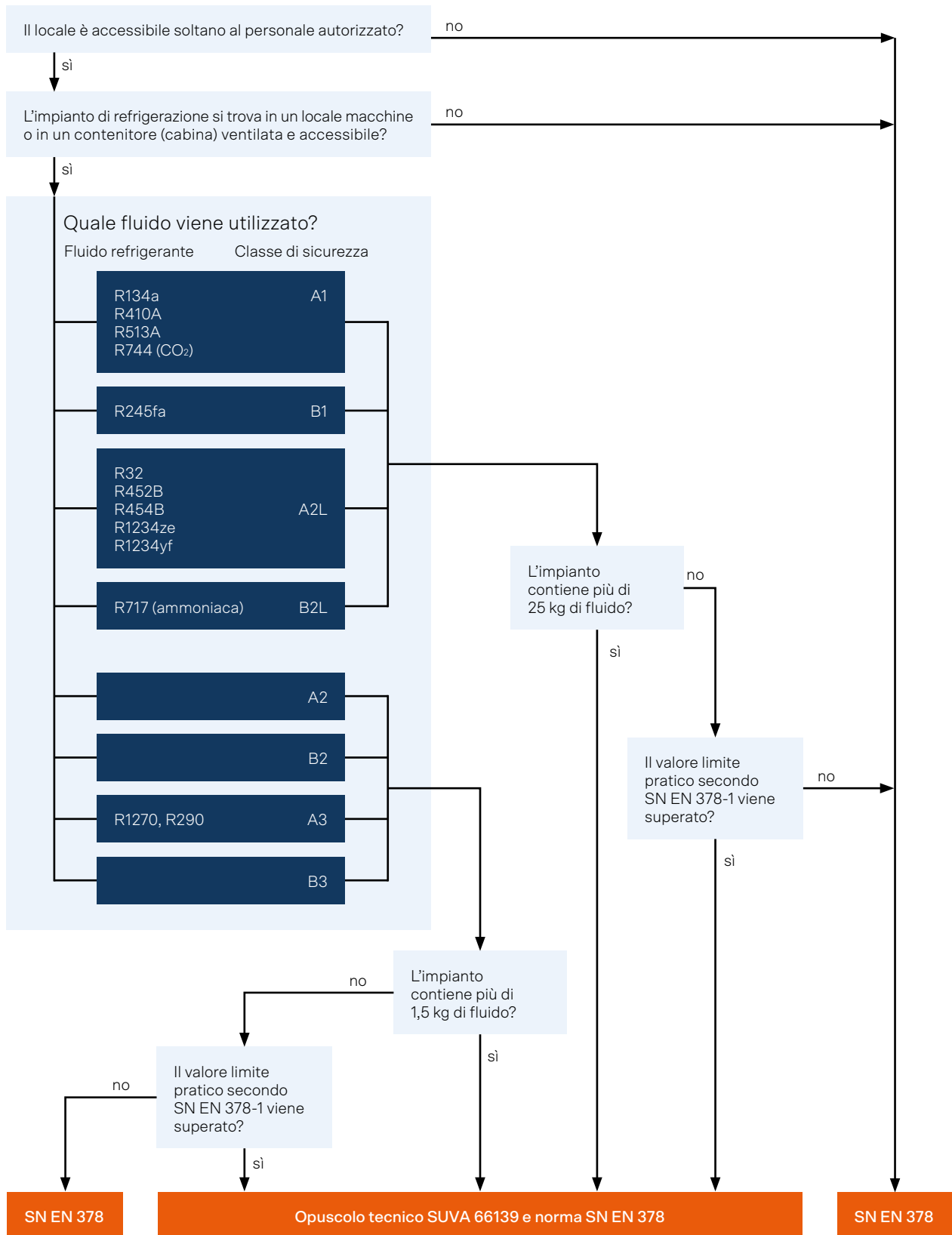
Conformemente alle direttive CFSL e alle prescrizioni ASIT, le valvole di sicurezza devono essere controllate a intervalli regolari o sostituire (SN EN 378-4, allegato D.7 ed SN EN 378-4 5.3.7).

A dipendenza della configurazione dell'impianto, lo smontaggio e il controllo delle valvole di sicurezza possono risultare molto onerosi in termini di tempo e di denaro. Durante la progettazione dell'impianto di refrigerazione vale perciò la pena considerare la manutenzione (ad es. prevedendo una combinazione di due valvole di sicurezza intercambiabili).

⁷ Prodotto tra pressione e volume = bar × litri

Cosa vale? La norma SN EN 378 o l'opuscolo tecnico SUVA 66139?

A dipendenza della tipologia del locale e del fluido, i requisiti per la sicurezza della norma SN EN 378 vengono inaspriti da quelli della SUVA (sicurezza sul lavoro). L'albero decisionale serve a stabilire quali requisiti devono essere considerati nei diversi casi.



Alcuni principi costruttivi per l'esempio di un locale macchine

Qui di seguito sono elencate in modo semplificato come primo aiuto le principali misure costruttive per i fluidi refrigeranti delle classi di sicurezza A1 e A2L.⁸ Tra parentesi sono citati i paragrafi di riferimento della SN EN 387-3. Da notare che per i fluidi di altre classi valgono requisiti più restrittivi e che è opportuno consultare un progettista con esperienza. Devono inoltre essere rispettati i documenti nazionali citati nella prefazione della SN EN 378 (ad es. opuscolo tecnico SUVA 66139).

Aria ed aereazione

Ci devono essere almeno 4 ricambi d'aria all'ora quando la sala macchine è occupata. (5.13.2)

Un'aereazione meccanica d'emergenza è necessaria se la concentrazione del fluido di classe A1 supera o il valore pratico limite o il limite di tossicità. (5.13)

Per i fluidi della classe A2L deve inoltre essere valutata la soglia inferiore d'esplosione LFL. (5.14)

Se fuoriesce un fluido, questo deve essere convogliato all'esterno. (5.13.1)

Se nello stesso locale macchine sono presenti altri apparecchi (caldaia, compressore aria ecc.), questi non devono aspirare vapori del fluido refrigerante. L'apporto d'aria dall'esterno deve avvenire attraverso un canale separato. (5.3)

Indicazioni relative ai rilevatori d'incendio. Non sono permessi rilevatori che reagiscono ai vapori del fluido. La priorità d'attivazione va chiarita con le autorità competenti o con l'assicuratore dello stabile.

Ermeticità

Tutti i passaggi per le tubazioni e per i canali d'aereazione in pareti, pavimenti e soffitti devono essere ermetici. (5.8)

I locali macchine devono essere ermetici («a tenuta di fumo»). I fluidi fuoriuscenti non devono poter penetrare in altri locali. (5.2)

Pareti, pavimento, soffitto

Pareti, pavimenti e soffitti devono essere realizzati in modo che abbiano una resistenza al fuoco di almeno 60 minuti (EI60).

Misure di emergenza

I locali macchine devono essere dotati di rilevatori di fluidi che reagiscono al superamento del valore limite pratico. Essi devono avere un sistema d'allarme che attiva la ventilazione meccanica d'emergenza. (9.1)

Interruttore d'emergenza 1: nel locale deve esser presente un int. d'emergenza per l'arresto della macchina. (5.6)

Un'uscita d'emergenza porta all'esterno o a un corridoio d'emergenza. (5.12.2)

Interruttore d'emergenza 2: all'esterno del locale – in prossimità della porta – prevedere un disinserimento a distanza. (5.6)

Porte

Le porte devono aprirsi verso l'esterno e avere una resistenza al fuoco di 30 minuti (EI30). (CFSL 6517 e AICAA 24-15)

Se il quantitativo di riempimento di un fluido della classe A2L supera quello definito con il valore limite pratico (kg/m^3), il locale deve avere in alternativa una porta:

- diretta verso l'esterno o
- verso un'anticamera con porta a chiusura automatica e una porta direttamente verso l'esterno. (secondo SN EN 378, parte 1, 5.14.5)

⁸ In caso di dubbi si applicano sempre i testi originali della norma SN EN 378 o dell'opuscolo tecnico SUVA 66139.

Impianti in contenitori (cabine)

Negli impianti di raffreddamento in cabine ventilate si distingue tra contenitori non accessibili e accessibili. Per gli impianti in contenitore ventilato bisogna inoltre considerare i seguenti punti:

- Impianti con fluido infiammabile (ad es. A2L) necessitano di un'aereazione verso l'esterno.
- Impianti all'esterno (vedi colonna destra)

Inoltre bisogna considerare:

1. Contenitori non accessibili e ventilati

Durante il lavoro il contenitore è aperto e il fluido può fuoriuscire nel locale.

- Posizionamento in locali macchine
 - osservare requisiti d'aereazione di un locale macchine (SN EN 378-2, punti 6.2.15 e 6.2.14)
- Posizionamento in settori con presenza di persone
 - possono solo essere utilizzati quando il quantitativo massimo permesso non è superato (cfr. pagina 21)
 - osservare requisiti d'aereazione (SN EN 378-2, punti 6.2.15 e 6.2.14)

2. Contenitori accessibili e ventilati

Durante il lavoro il contenitore è chiuso e il fluido non può fuoriuscire nel locale.

- Posizionamento in locali macchine
 - da trattare come in un locale macchine
- Posizionamento in settori con presenza di persone
 - da trattare come in un locale macchine

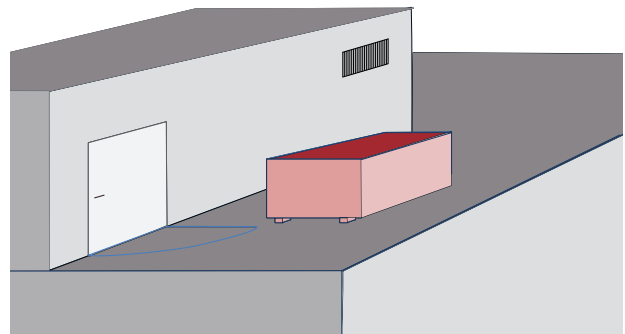
Impianti all'esterno

Se l'impianto di raffreddamento è installato all'esterno bisogna tra l'altro considerare i seguenti punti:

- In caso di perdite il fluido non deve poter penetrare nell'edificio attraverso scarichi d'acqua, aperture di ventilazione (ad es. canali dell'aria), porte o aperture a tetto. (4.2)
- Nel caso in cui il fluido fuoriuscente può accumularsi, ad es. in un affossamento accessibile, devono essere predisposti adeguati accorgimenti quali l'aereazione, i rilevatori di gas ecc. (4.2)
- Per gli impianti con più di 25 kg di fluido (con fluidi refrigeranti stabili nell'aria) devono essere presenti rilevatori e un sistema d'allarme (UFAM, Aiuto all'esecuzione, 4.4.3)

Per i dettagli, cfr. SN EN 378-3, 4.2

Impianti all'esterno



Installazioni elettriche in locali in cui sono presenti prodotti refrigeranti infiammabili (A2L)

È necessario assicurarsi che all'installazione elettrica venga tolta la corrente quando il fluido fuoriesce.

Per gli impianti realizzati

- secondo la norma SN EN 378 vale:
 - l'alimentazione di corrente deve essere disinserita non appena la concentrazione del fluido nell'ambiente supera il 25% del limite inferiore di esplosione (valore LFL).
- secondo l'opuscolo tecnico SUVA 66139 vale:
 - l'alimentazione di corrente deve essere disinserita non appena la concentrazione del fluido nell'ambiente supera il 20% del limite inferiore di esplosione (valore LFL).

Gli apparecchi elettrici che rimangono sotto tensione (ad es. luci di emergenza o ventilatori) devono essere antideflagranti. Questo va considerato in modo particolare anche nella climatizzazione delle camere d'albergo raffreddate con sistemi VRV-VRF con fluidi infiammabili.



Come determinare il quantitativo di riempimento massimo autorizzato di fluido

A dipendenza dell'utilizzo dell'edificio e dell'ubicazione dei circuiti di distribuzione del refrigerante, il quantitativo di riempimento può essere limitato per motivi di sicurezza (tossicità e infiammabilità). Nei seguenti cinque punti è indicato come determinare il quantitativo di riempimento massimo autorizzato.

1. A che classe di sicurezza appartiene il fluido?

La classe di sicurezza (cfr. pagina 5) indica la tossicità (A o B) e l'infiammabilità (1, 2L, 2 o 3) del fluido.



2. A chi è accessibile l'edificio?

La SN EN 378-1 (capitolo 4.2.5) distingue tre zone di posizionamento/accesso (locali, parti d'edificio, edificio).

Categoria a) Accesso libero: il numero di persone che ha accesso a queste zone non è controllabile. Le persone non conoscono le disposizioni riguardo alla sicurezza. Esempio: ospedali, supermercati, scuole, hotel, ristoranti, abitazioni ecc.

Categoria b) Accesso limitato: il numero di persone che ha accesso a queste zone è limitato. Almeno un utente conosce le disposizioni riguardo alla sicurezza. Esempio: uffici, negozi, laboratori ecc.

Categoria c) Accesso controllato: solo persone autorizzate hanno accesso a queste zone. Esse conoscono le misure di sicurezza. Esempio: centri di produzione (alimentare, chimica, latterie, macelli), zone chiuse al pubblico di supermercati ecc.



3. Dove sono posizionate le componenti con fluido refrigerante?

La SN EN 378-1 definisce le seguenti quattro categorie riguardo al posizionamento dell'impianto risp. del circuito frigorifero:

Classe I, tutte le componenti in ambienti con persone: gli impianti o i circuiti frigoriferi si trovano in zone accessibili al pubblico.

Classe II, i compressori e i serbatoi in pressione sono posizionati in **un locale macchine o all'esterno**.

Tubazioni, evaporatore e valvole possono trovarsi in locali con presenza di persone.

Classe III, tutto in locali macchine o all'esterno: tutte le componenti con il fluido frigorifero si trovano in locali macchine o all'esterno.

Klasse IV, contenitore ventilato: tutte le componenti con fluido frigorifero si trovano in un contenitore ventilato.



4. Quanto è grande il locale?

Fa stato il volume netto del locale più piccolo in cui si trovano componenti con il fluido frigorifero e possono essere presenti persone. (SN EN 378-1, capitolo 7)



5. Determinazione del quantitativo massimo di riempimento

Le condizioni per il limite di riempimento possono essere ricavate dalle tabelle nella SN EN 378-1:

1. In base alla tossicità cfr. tabella C1

2. In base all'infiammabilità cfr. tabella C2

Il valore inferiore tra i due determina il quantitativo massimo di riempimento.

Importante: il quantitativo di riempimento massimo è un dato tecnico di sicurezza che può essere inasprito da normative ambientali quali la ORRPChim.

Sostituzione di fluidi

Sostituzione di fluidi non più autorizzati

Impianti che utilizzano fluidi non più autorizzati (ad es. R22) possono essere utilizzati finché sono a tenuta stagna. Se subentrano perdite di fluido, il rimanente deve essere recuperato completamente e sostituito con uno consentito (Retrofit). L'età dell'impianto e le prevedibili riparazioni determinano l'opportunità di un Retrofit o di una sostituzione completa.

Regola generale

- Per refrigeratori d'acqua con più di 10 anni valutare sempre la sostituzione.
- Per climatizzatori con meno di 80 kW valutare sempre una sostituzione.

Sostituzione d'impianti

È consigliabile programmare con il dovuto anticipo la prevedibile sostituzione di un impianto per evitare interruzioni indesiderate. Un'accurata progettazione (v. anche garanzia di prestazione per gli impianti di refrigerazione, SvizzeraEnergia) permetterà di avere un impianto di raffreddamento sicuro, economico e ben dimensionato.

Retrofit con un fluido sostitutivo

In caso di Retrofit con un fluido idoneo vanno apportate anche le necessarie modifiche al circuito frigorifero, nonché la sostituzione dell'olio del refrigeratore e della valvola d'espansione. Il sistema di raffreddamento va inoltre accuratamente lavato. Nel peggiore dei casi anche il compressore deve essere sostituito.

Trasformazione dell'impianto

In caso di sostituzione del compressore è necessario chiarire se l'impianto ricadrà sotto la categoria impianti nuovi o esistenti e quindi osservare le specifiche direttive applicabili. Le seguenti modifiche non comportano di regola una nuova valutazione:

- le riparazioni, compresa la sostituzione 1:1 di componenti esistenti difettosi;
- la sostituzione 1:1 dell'intero impianto a titolo di garanzia;
- lo spostamento di pochi metri di un impianto dal luogo in cui è ubicato; e
- la sostituzione del prodotto refrigerante con un altro refrigerante, compresa la sola sostituzione di piccole parti come le guarnizioni o le valvole di espansione, se non vengono modificati né il compressore, né il condensatore, né l'evaporatore dell'impianto.

I dettagli sono riportati nell'aiuto all'esecuzione UFAM (punto 2.3.6).

Eccezioni in caso di trasformazioni volte ad aumentare l'efficienza energetica

Le modifiche dell'impianto che permettono di ottenere un incremento significativo dell'efficienza energetica non comportano una nuova valutazione dell'impianto di refrigerazione. Nello specifico:

- l'integrazione di un compressore con convertitore di frequenza;
- l'implementazione successiva di un sistema di recupero del calore nel circuito secondario;
- l'integrazione di un surraffreddatore del fluido
- la sostituzione dell'evaporatore o del condensatore con componenti più efficienti;
- l'integrazione di una valvola di espansione elettronica.

Attenzione: questa regolamentazione non si applica agli impianti che utilizzano fluidi con GWP superiore a 1500 (ad es. R410A o R407C). I dettagli sono riportati nell'aiuto all'esecuzione UFAM (punto 2.3.6).

Informazioni

Norme, raccomandazioni, direttive

- Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim), RS 814.81, allegato 2.10
- Impianti con prodotti refrigeranti: dal progetto all'immissione sul mercato, aiuto all'esecuzione per prodotti refrigeranti, UFAM 2020
- Deroga tramite UFAM «Domanda di deroga per impianti di refrigerazione», www.bafu.admin.ch
- Legge sull'energia – Modello di prescrizioni energetiche dei Cantoni (MoPEC)
- Direttive sull'immagazzinamento e il trattamento di ammoniaca (CFSL n. 6507), Direttiva CFSL n. 6517 «Gas liquefatti»
- Manutenzione degli impianti di condizionamento dell'aria, Commissione federale di coordinamento per la sicurezza sul lavoro (CFSL)
- Funzionamento in sicurezza dei sistemi di refrigerazione e delle pompe di calore (SUVA 66139)
- Impianti di refrigerazione e pompe di calore. Requisiti di sicurezza e ambientali (F, D, E) SN EN 378 da 1 a 3, e da SN EN 378.4 parte manutenzione
- Ordinanza sulla sicurezza delle attrezzature a pressione (Ordinanza sulle attrezzature a pressione), RS 819.121 (1.7.2015)
- Manutenzione: articolo 58 CO (responsabilità del proprietario di un'opera)

Informazioni approfondite

- Bitzer, Kältemittelrapport 20
- Assicurazione contro gli infortuni ai sensi della LAINF (SUVA)

Link

- Ufficio federale dell'ambiente UFAM: tema prodotti chimici, www.bafu.admin.ch → Temi → Prodotti chimici → prodotti refrigeranti
- Ufficio svizzero di notifica per installazioni di impianti frigoriferi e pompe di calore: www.bafu.admin.ch/notifica-rp
- Programma d'incentivazione Freddo climacompatibile Fondazione KLIK: www.klik.ch/freddo
- Freddo efficiente:
 - ottimizzare gli impianti di refrigerazione
 - costruzione di nuovi impianti di raffreddamento
 - ausili per la progettazione di impianti di refrigerazione: www.freddoefficiente.ch



Impianti di refrigerazione efficienti

Efficienza energetica ed economica

Come possono i gestori e gli specialisti del freddo ottimizzare i loro impianti di refrigerazione, nonché progettare e realizzare in modo sostenibile nuovi impianti? Tutti coloro che vogliono approfondire la propria conoscenza e competenza in merito all'efficienza energetica degli impianti di refrigerazione trovano numerose documentazioni e informazioni sul sito: www.freddoefficiente.ch

Ottimizzazione di impianti di raffreddamento

Freddo efficiente: ridurre i costi è semplice!

- Manuale e misure per ottimizzare impianti di refrigerazione
- Il check annuale del raffreddamento



Costruzione di nuovi impianti di raffreddamento

- Garanzia di prestazione come documentazione di base
- Ausili per la progettazione di impianti di refrigerazione: www.freddoefficiente.ch



Sostituzione dell'impianto di climatizzazione

Tutto quello che i committenti devono sapere per sostituire in modo conveniente l'impianto di climatizzazione. Con supporto decisionale su come procedere in caso di guasto e lista di controllo per la sostituzione dell'impianto.



Guida climatizzazione: manutenzione ed energia

Come i gestori possono aumentare la sicurezza di funzionamento.



Fonti

Kältemittelrapport 18, 19 e 20, Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH, Sindelfingen
ORRPChim, UFAM, Berna, 2020
Der Kälteanlagenbauer, Karl Breidenbach, Verlag C. F. Müller, 2002
Taschenbuch der Kältetechnik, Pohlmann, VDE-Verlag, 2014
Foto: 123rf.com

SvizzeraEnergia

Ufficio federale dell'energia UFE
Pulverstrasse 13
CH-3063 Ittigen
Indirizzo postale: CH-3003 Berna

Infoline 0848 444 444
infoline.svizzeraenergia.ch

svizzeraenergia.ch
energieschweiz@bfe.admin.ch
ch.linkedin.com/company/energieschweiz

Ordinazione:

pubblicazionifederali.admin.ch
Numero articolo 805.405.I