



**Refrigerazione/Climatizzazione
Industriale
e
Commerciale**

LINEE GUIDA

**per la scelta del sistema di
rilevazione perdite
adatto all'applicazione**

SISTEMI DI RILEVAZIONE GAS PER L'INDUSTRIA DELLA REFRIGERAZIONE

Cari lettori,

L'obiettivo della presente guida è quello di offrire, laddove la rilevazione delle fughe di gas è essenziale, una serie di informazioni per la scelta della soluzione più affidabile, più conveniente e maggiormente adatta alla Vostra applicazione.

Grazie ad un'elevata competenza nel settore e conoscenze specialistiche in applicazioni di refrigerazione, siamo in grado di soddisfare le Vostre specifiche esigenze con un servizio professionale.

Contattateci a:

- Tel: +39 051 0361054
- Fax: +39 051 0361057
- Mail: info@tdm-sas.it

Saremo lieti di rispondere alle Vostre richieste.

TDM sas



Maurizio Roncoroni



Niccolò Roncoroni

Si ringrazia:

***Samon AB - Vellinge – Svezia,**
per la collaborazione nella stesura della presente documentazione.*

Contenuti

Introduzione	04
Rilevazione gas, perché?	05
Per la salute e la sicurezza del personale	05
Per la salvaguardia dell'ambiente	05
Per il rispetto delle norme	06-07
Per ragioni finanziarie	08
La scelta del sistema più adatto	09
La funzione dei vari livelli di allarme	09
Disturbi e falsi allarmi	09
Scopo dell'allarme	10
Allarmi per perdite di gas in aree non presidiate	10
Allarme per emergenza	10
Salute e sicurezza del personale	11
Normativa Europea F Gas 517/2014	12-13
EN378:2008 part 1-4 "Standard Europei per l'industria della Refrigerazione"	14-15-16
Rilevazione gas di vari refrigeranti	17
Generale	17
Ammoniaca (NH ₃)	17-18
Gas fluorurati - CFC, HCFC e HFC	19-20
Refrigeranti infiammabili	21
Anidride carbonica (CO ₂)	22
Tecniche di misura	23
Tecnologie per misurare o rilevare la presenza di gas	23
Campi di misura	24
Informazioni pratiche	25-26-27-28-29-30-31

Queste linee guida forniscono una panoramica della legislazione e delle norme attuali relative alla rilevazione di gas in impianti di refrigerazione. Non abbiamo la pretesa che siano complete, è sempre responsabilità di ciascuna azienda studiare la propria realtà e applicare quanto necessario per soddisfare le norme.

Le normative sono in vigore in tutti i paesi della Comunità Europea, ma con differenze nell'esposizione dei concetti. Si consiglia vivamente di leggere la presente documentazione in parallelo alla legislazione locale così da avere una panoramica completa e adeguata delle stesse nel paese in cui si opera.

Introduzione

Con i nostri Partner produttori e con la nostra esperienza nella fornitura di sistemi di rilevazione gas per applicazioni, in ambito marino e terrestre, nell'industria della refrigerazione, vogliamo essere il Vostro riferimento laddove abbiate la necessità di installare un sistema automatico di rilevazione fughe.

Grazie ad una vasta gamma di opzioni per la rilevazione dei refrigeranti più comuni, siamo in grado di offrire soluzioni affidabili e convenienti per applicazioni in cui la rilevazione di gas è fondamentale. Grazie ad un'elevata competenza nel settore e conoscenze specialistiche in applicazioni di refrigerazione, riusciamo a soddisfare la nostra clientela con un servizio professionale. La diagnosi precoce per le perdite di gas è essenziale per la sicurezza del personale, la redditività e l'ambiente.

Operiamo nel settore della refrigerazione commerciale, in cui le applicazioni tipiche sono sistemi di refrigerazione e condizionamento per supermercati, alberghi e uffici, della refrigerazione industriale e di quella marina.

L'obiettivo principale per tutti i sistemi di refrigerazione è la tenuta perfetta o perlomeno la migliore possibile. Non esiste un sistema senza perdite e l'uso dei sistemi di rilevazione gas mira a minimizzarle e controllarle. Sistemi di refrigerazione non a tenuta rappresentano una sfida per il settore della refrigerazione e richiedono un'azione risoluta. In caso contrario, oltre alle conseguenze ambientali, le industrie possono essere sottoposte a leggi ancora più restrittive ed a maggiori tassazioni.

L'attenzione prevalente sul clima ha portato l'UE ad emettere nuove norme che indicano chiaramente quando un sistema di rilevazione

di gas deve essere installato e, come questo, dovrebbe essere controllato e documentato.

Nuove norme e regolamenti creano sempre incertezze su come interpretarne ed applicarne le direttive e gli standard. Lo scopo di questa pubblicazione è quello di "tradurre" le direttive e le norme vigenti in soluzioni efficaci e, in secondo luogo, fornire una panoramica generale di quando, come e perché è necessario rilevare le perdite di gas.

L'opuscolo si rivolge a tutti coloro che sono coinvolti in vari modi con la pianificazione, installazione e manutenzione di impianti di refrigerazione commerciale e industriale.

Esso offre all'utente una panoramica completa di ciò che è richiesto per le diverse applicazioni e su come vengono implementati gli standard esistenti. In definitiva, si tratta di sicurezza del personale, di redditività e protezione dell'ambiente.

All'installatore fornisce consigli su come progettare il sistema in funzione dell'applicazione; cosa prendere in considerazione per l'installazione; quali tecniche di misura usare per la rilevazione di quello specifico gas.

Le Linee Guida forniscono una panoramica generale e non pretendono di essere complete. Statuti e regolamenti cambiano nel corso del tempo ed è sempre responsabilità del lettore scoprire le norme attualmente applicabili per ogni caso specifico.



Rilevazione gas, perché?

Ci sono tantissime ragioni per installare un sistema di rilevazione gas.

Le principali sono la sicurezza del personale e la salvaguardia dell'ambiente in linea con la legislazione vigente ed anche, da un punto di vista finanziario, il vantaggio di disporre di strutture affidabili con sistemi a perdita "zero".

Riassumendo, quattro sono le ragioni per le quali sarebbe necessario installare un sistema fisso di monitoraggio:

- Per la salute e la sicurezza del personale
- Per la cura dell'Ambiente
- Per adeguarsi alle normative
- Per ragioni finanziarie

Per la salute e la sicurezza del personale

La maggior parte dei gas usati nel campo della refrigerazione sono dannosi per l'uomo.

In basse concentrazioni l'ammoniaca può causare irritazione alle vie respiratorie e agli occhi mentre, in concentrazioni elevate, può portare a gravi lesioni e infine alla morte.

Gli HFC (HCFC) e l'anidride carbonica riducono la concentrazione di ossigeno nell'aria che può portare al soffocamento.

Gli HC, come propano e isobutano, sono un composto a base di idrocarburi contenenti carbonio e idrogeno. Questi composti non causano danni all'ambiente ma sono infiammabili e quindi, per ridurre al minimo i rischi, si devono prendere le adeguate precauzioni. Gli HC possono anche causare il soffocamento.

Per la salvaguardia dell'ambiente

La maggior parte dei gas degli impianti di refrigerazione hanno effetti negativi sull'ambiente. I cosiddetti gas fluorurati, cioè quelli ad effetto serra, sono i più discussi. Alcuni di questi, con contenuto di cloro, sono ora totalmente vietati all'interno della CE e possono essere utilizzati solo in forma riciclata.

❖ CFC/HCFC

- I CFC sono idrocarburi alogenati con contenuto di cloro, che hanno un forte impatto sullo strato di ozono.
- Gli HCFC sono degli idrocarburi alogenati (incompleti), con contenuto di cloro, che producono un indebolimento dello strato di ozono inferiore ai CFC.
- L'uso dei CFC e degli HCFC sono regolamentati dal Protocollo di Montreal.

❖ HFC

- Gli HFC sono degli idrocarburi alogenati (incompleti) che non contengono cloro e quindi non influiscono sullo strato di ozono. Gli HFC hanno però un impatto significativo sul riscaldamento globale e quindi le emissioni vanno ridotte al minimo.
- L'uso degli HFC è regolamentato dal Protocollo di Kyoto.

E' quindi interesse comune mantenere gli impianti perché siano il più a tenuta possibile.

Per il rispetto delle norme

Ci sono una serie di norme e regolamenti da seguire, a seconda del tipo di applicazione e refrigerante interessato. Alcuni dei più importanti sono riportati qui di seguito.

Regolamento F Gas (effettivo dal Luglio 2006)

Il Regolamento del Parlamento e del Consiglio Europeo (CE) n 842/2006 e successivo 517/2014 è applicabile agli HFC ed agli altri gas fluorurati ad effetto serra ma non all'ammoniaca e all'anidride carbonica. Sono coinvolti tutti gli impianti, vecchi e nuovi, che rientrano nella regolamentazione. Giuridicamente vincolante: tutti i paesi della CE e dell'EFTA sono tenuti a rispettare il regolamento e devono stabilire le regole per le sanzioni in caso di violazione.

EN378: 2008, Part 1-4 (effettivo dal Febbraio 2008)

Si applica a tutti i tipi di refrigeranti e, tra le altre cose, si occupa di rilevamento delle perdite nelle sale macchine, nei locali pompe e in tutti gli altri locali (noti anche come spazi occupati) dove le persone si possono raggruppare. Esempio di tali spazi sono: negozi, impianti di produzione, celle frigorifere, ecc.

Il limite, oltre il quale un sistema di rilevamento gas deve essere installato, è, per l'ammoniaca > 50 kg mentre per tutti gli altri refrigeranti > 25kg. Il rilevamento di gas può essere richiesto anche per quantitativi inferiori se vengono raggiunti dei limiti di pericolo (vedere tabella a pag. 16). Si applica a tutti i nuovi impianti e le installazioni in cui sono stati fatti notevoli lavori di ristrutturazione. Effettivo in tutti i paesi della Comunità Europea e dell'EFTA.

Legislazione e standard Nazionali

In generale, la maggior parte dei Paesi ha uno statuto specifico per la progettazione, l'installazione e il controllo dei sistemi di refrigerazione. Per i paesi della CE e dell'EFTA sono armonizzati nella EN 378, che può essere vista come uno standard europeo per la refrigerazione.

La normativa nazionale per la progettazione dei luoghi di lavoro

In generale tutti i paesi della Comunità Europea e dell'EFTA hanno una vasta legislazione in materia di sicurezza del personale, affermando, tra l'altro, che gli edifici e i luoghi di lavoro in cui esiste un rischio di incendio, perdite di gas, carenza di ossigeno o simili, con rischio di lesioni personali, devono essere progettati in modo da evitare e diminuire l'esito negativo di un incidente. Una delle precauzioni raccomandate spesso è che sia installato un sistema di rilevazione gas.

La normativa nazionale sui gas

Tutti i paesi della CE e dell'EFTA hanno delle leggi in materia di gas tossici e le conseguenti misure specifiche da adottare. L'ammoniaca è tipicamente un gas tossico. La legislazione di solito raccomanda un'analisi del rischio al fine di evitare o ridurre le condizioni di pericolo. In genere si raccomanda di installare apparecchiature di rilevamento gas.

La normativa nazionale sui limiti di esposizione

In generale tutti i paesi della CE e dell'EFTA hanno una legislazione relativa alla massima esposizione degli esseri umani a gas pericolosi. Di solito, certi tempi massimi di esposizione, per determinate concentrazioni di gas, rientrano nella regolamentazione.

Direttiva ATEX (effettiva dal Maggio 2003)

La Direttiva ATEX riguarda le aree classificate a rischio di esplosione. Il regolamento ATEX è valido per l'ambiente in cui un sistema di refrigerazione è installato e non per il refrigerante caricato nel sistema. Quando si lavora con sistemi contenenti gas infiammabili è richiesta la massima competenza dei tecnici.

Il proprietario dell'edificio o dell'impianto è responsabile per la classificazione ATEX del locale in questione. La classificazione è suddivisa in zone: dove l'atmosfera esplosiva è costituita da gas, vapori o aerosol (Zona 0, Zona 1 e Zona 2), oppure dove l'ambiente esplosivo è costituito da polveri combustibili (Zona 20, Zona 21 e Zona 22).

Marino

Diverse sono le norme che vengono applicate dalle varie organizzazioni di classificazione, tra queste, maggiori sono quelle richieste per le navi classificate come Pulite, Super Pulite, Verde ecc. Le organizzazioni di classificazione sono Det Norske Veritas, Lloyds Register of Shipping, Germanischer Lloyd, American Bureau of Shipping e Bureau Veritas.



Per ragioni finanziarie

Un sistema a tenuta permette di risparmiare soldi!

Le varie miscele di HFC sono notevolmente aumentate di prezzo ed è probabile che verranno aggiunte ulteriori nuove tasse. L'eventuale ricarica dell'impianto, a causa di perdite, diventa dunque costosa.

Un sistema di rilevazione gas poco mantenuto e mal controllato può dare falsi allarmi con inutili costi di intervento del personale. Un rilevatore posizionato in maniera errata (ad esempio un rilevatore di ammoniaca installato vicino al pavimento oppure uno di HFC posizionato a soffitto)

può compromettere il funzionamento in quanto, non essendo in grado di rilevare la perdita, non può dare l'allarme in tempo. Ciò può causare: perdita di prezioso gas, un aumento dei costi di manutenzione, un aumento dei tempi di inattività e perdita di produttività. Una perdita trascurata può, ad esempio, causare un aumento della temperatura in una cella frigorifera con conseguente deterioramento dei prodotti immagazzinati.

Avere un sistema che non rispetta le regole e le normative può portare a multe e altre sanzioni.

Riassumendo:

Un sistema di rilevazione gas efficace equivale ad una polizza di assicurazione contro innumerevoli rischi.



La scelta del sistema più adatto

La rilevazione di una perdita di gas consiste in una catena di eventi - dalla scoperta del rischio all'azione correttiva. E' importante pensare alle misure da adottare per ogni livello di allerta, e pianificare come informare il personale interessato: ad esempio, il direttore dello stabilimento e il manutentore.

1. Qual è lo scopo dell'allarme?
2. Quali gas devono essere rilevati?
3. Quale principio di misura è il più appropriato? Quanti sensori sono necessari, dove e come devono essere posizionati?
4. Quali norme e regolamenti si applicano per il refrigerante in uso?
5. Qual è la densità del refrigerante in relazione all'aria?
6. In che modo la ventilazione influisce sull'area sottoposta a monitoraggio?
7. Cosa si deve fare in caso di allarme?

La funzione dei vari livelli di allarme

Gli allarmi in genere possono essere suddivisi in A, B o C, definiti anche: pre-allarme, allarme medio e allarme di blocco. Ogni livello di allarme richiede un intervento diverso:

- C= Allarme per lo staff di manutenzione
- B = Allarme urgente per lo staff di manutenzione, viene attivata una lampada lampeggiante
- A = Allarme di emergenza
 - ✓ come B oltre all'attivazione di una sirena, all'invio di un segnale ai servizi di soccorso, allo spegnimento dell'impianto e di stacco dell'alimentazione elettrica.

Disturbi e falsi allarmi

I falsi allarmi generalmente sono molto rari. Quando un rivelatore dà un falso allarme con una certa frequenza, nella maggior parte dei casi è dovuto ad una delle seguenti cause:

- Presenza di una bassa concentrazione di gas nel locale
- Posizionamento scorretto del sensore
- Apparecchiatura scalibrata
- Apparecchiatura non mantenuta e controllata correttamente
- Apparecchiatura non adeguata all'applicazione
- Presenza di altri gas nel locale, es:
 - ✚ Solventi
 - ✚ Prodotti per la pulizia
 - ✚ Gas di scarico
 - ✚ Fumo di sigarette
 - ✚ Alcuni tipi di frutta
 - ✚ Nebbia da scongelamento
 - ✚ Olio del compressore dopo un intervento di manutenzione, ecc.

I falsi allarmi possono verificarsi in tutti i sistemi di misura. I sistemi di misura IR, grazie alla loro selettività, sono a rischio minore.



Scopo dell'allarme

Per selezionare un sistema corretto devono essere presi in considerazione diversi parametri che vanno dalla scelta del prodotto, alla sua collocazione ed ai livelli di allerta.

Gli obiettivi principali di un sistema di allarme gas sono:

- Allarme per una perdita
- Allarme di emergenza
- Salute e sicurezza del personale
- Segnalazione di pericolo di incendio e di esplosione
- Protezione dei prodotti immagazzinati

Allarmi per perdite di gas in aree non presidiate

Monitorare perdite accidentali per evitare tempi di inattività; proteggere l'ambiente e minimizzare le perdite di refrigerante. Non ci sono limiti di allarme prestabiliti, il loro livello di intervento deve essere adattato a ciascun impianto di refrigerazione. L'esperienza pratica dimostra che i livelli di allarme basati sui limiti sanitari in genere sono troppo bassi per gli impianti industriali. I limiti sanitari a loro volta sono diversi a seconda del tipo di gas. Sugeriamo di adeguare i livelli di allarme come da tabella seguente:

Livello di allarme	Ammoniaca	HFC (HCFC)	CO2	Gas Combustibile (% LIE)
Pre-allarme	50-150 ppm	100-300 ppm	-	5%
Allarme	200-500 ppm	1000 ppm	2000 ppm	10%
Blocco	> 2000 ppm	> 2000 ppm	5000 ppm	20%

Sugeriamo di impostare gli allarmi al disotto dei livelli prescritti dalle EN 378

Allarme di emergenza

Un allarme di emergenza si riferisce solitamente ad impianti di ammoniaca e gas esplosivi. Un allarme di emergenza inizierà con l'evacuazione di edifici, quartieri, ecc e comporta il monitoraggio di elevate concentrazioni di gas pericolosi per la salute e la vita. La normativa nazionale impone generalmente l'effettuazione di un'analisi di valutazione dei rischi che deve essere effettuata in tutti gli impianti con ammoniaca. Un piano d'azione deve essere predisposto per avvertire e consentire al personale di mettersi al sicuro. Nelle strutture più grandi, in cui vi è un rischio di perdita nell'ambiente circostante, deve essere previsto un piano per allarmare la cittadinanza che vive nelle aree limitrofe.

Salute e sicurezza del personale

L'OEL (Occupational exposure limit), ovvero il limite di esposizione professionale, è la concentrazione massima ammissibile (media ponderata nel tempo) di inquinanti presenti nell'aria inalata, dove, le sostanze inquinanti, possono essere una oppure delle miscele.

I valori limite sono fissati in tutta l'UE, ma ogni Stato membro stabilisce i propri, spesso andando al di là della legislazione dell'UE. Il tempo medio di esposizione, OEL, è normalmente di otto ore al giorno (spesso definito come TWA-8h oppure Media ponderata - 8h). Gli OEL sono generalmente basati sull'ipotesi che un lavoratore possa essere esposto ad una sostanza in una vita lavorativa di 40 anni per 200 giorni lavorativi all'anno. Può anche essere chiamato PEL (Permissible exposure limit), limite ammissibile di esposizione.

STEL (Short term exposure limit) è la massima concentrazione a cui i lavoratori possono

essere esposti ad una sostanza chimica continuativamente, fino a 15 minuti, senza subire danni alla salute o perdita di efficienza e sicurezza sul lavoro.

Il "Ceiling Limit" è la concentrazione massima di una sostanza contaminante volatile a cui un lavoratore può essere esposto in qualsiasi momento. Il "Ceiling Limit" è uno, non può essere superato e riguarda sostanze irritanti e altri materiali che hanno effetti immediati.

Esempi di monitoraggio dei limiti di esposizione in spazi occupati sono: la ventilazione regolabile, su richiesta, in un garage (monossido di carbonio e biossido di azoto); il monitoraggio degli ambienti di lavoro con presenza di gas tossici o dove si possono formare; il monitoraggio di ossigeno, ecc. Il monitoraggio dei limiti di esposizione per i refrigeranti è inusuale poiché la maggior parte dei sistemi è installata in locali non occupati (es: una sala macchine).

OEL - Time Weighted Average (TWA): Media Ponderata	Limite di esposizione durante la giornata lavorativa (8ore)
Short-term Exposure Limit (STEL): Nel breve termine	Il valore raccomandato è il TWA per un periodo di riferimento di 15 min



Per maggiori informazioni consultare le normative nazionali.

Leggi e normative Europee

I requisiti per la rilevazione di perdite di gas in impianti di refrigerazione differiscono tra i vari Paesi del mondo; ci sono però alcuni standard che sono validi per tutta Europa. Di seguito presentiamo le due più importanti normative Europee relative al settore della refrigerazione. Come descritto in precedenza per la salute e la sicurezza del personale ogni Paese ha la propria legislazione.

Normativa Europea F Gas EC 517/2014

L'obiettivo della normativa è quello di contenere, prevenire e quindi ridurre le emissioni di gas fluorurati ad effetto serra contemplati dal protocollo di Kyoto.

Il rispetto della normativa F gas è obbligatorio per tutti i membri della CE e dell'EFTA. Gli Stati membri della CE stabiliscono le sanzioni applicabili in caso di violazione del presente regolamento e garantiscono che tali norme siano applicate.

Il regolamento è entrato in vigore nel luglio del 2006 con una serie di misure da adottare prima del luglio 2007; è stato poi modificato nel 2014 con validità a partire dal 1 Gennaio 2015

Il regolamento sugli F gas è retroattivo e si applica a tutte le apparecchiature fisse contenenti gas fluorurati ad effetto serra. Ciò significa che gli impianti esistenti devono essere adattati per conformarsi al regolamento.

Il regolamento riguarda tutti i tipi di gas fluorurati ad effetto serra, per esempio, gli idrofluorocarburi (HFC), i fluorocarburi (PFC) e l'esfluoruro di zolfo (SF6) per tutti i tipi di applicazioni, ad esclusione di unità di refrigerazione mobili MAC. (MAC è disciplinata dalla direttiva 2006/40/CE e 70/156/CE). La direttiva non riguarda ammoniaca e anidride carbonica.

Le aziende che hanno impianti di refrigerazione, condizionamento d'aria o pompe di calore contenenti gas fluorurati ad effetto serra devono eseguire le seguenti operazioni:

1. prevenire perdite di gas;
2. riparare la sorgente di una perdita di gas nel più breve tempo possibile.

Tutti i sistemi contenenti più di 3 kg di gas fluorurati ad effetto serra devono essere controllati regolarmente per individuare eventuali perdite.

I controlli delle perdite e l'eventuale ricarica dell'impianto devono essere effettuati da aziende qualificate che garantiscono che il proprio personale sia in possesso della necessaria certificazione. Come effettuare il riempimento del circuito è descritto nelle specifiche del circuito frigorifero.



Il contenuto della carica di refrigerante determina la frequenza con cui devono essere effettuati i controlli sulle perdite:

- a) Applicazioni contenenti gas fluorurati ad effetto serra equivalenti a > 5 Ton CO₂ devono essere controllate, per individuare eventuali perdite, almeno una volta ogni 12 mesi; se l'impianto è dotato di un sistema fisso di monitoraggio il controllo viene esteso a 24 mesi.
- b) Applicazioni contenenti gas fluorurati ad effetto serra equivalenti a > 50 Ton CO₂ devono essere controllate, per individuare eventuali perdite, almeno una volta ogni 6 mesi. Questo periodo può essere esteso a 12 mesi se è stato installato un sistema fisso di rilevazione di gas ben funzionante e adeguato.
- c) Applicazioni contenenti gas fluorurati ad effetto serra equivalenti a > 500 Ton CO₂ devono essere dotate di un sistema fisso di rilevazione di gas ben funzionante e adeguato e controllate, per individuare eventuali perdite almeno una volta ogni 6 mesi.

A seguito della riparazione di una perdita, bisogna effettuare un controllo entro un mese per verificare la tenuta dell'impianto.

Per sistema di rilevamento delle perdite si intende un'apparecchiatura meccanica, elettrica o elettronica calibrata per rilevare fuoriuscite di gas fluorurati e che, dopo aver rilevato tale perdita, avvisa l'operatore.

Se viene installato un sistema ben funzionante e appropriato per il rilevamento di perdite, la frequenza delle ispezioni richieste dal paragrafo a) e b) può essere dimezzata.

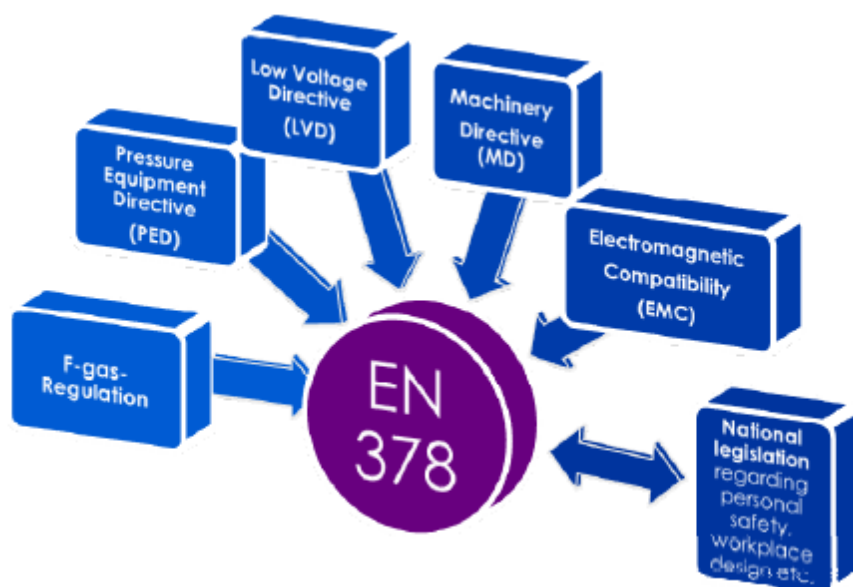
Installare un sistema fisso di rilevazione perdite su un impianto di medie dimensioni è da considerarsi, quindi, un buon investimento.



EN378:2008 part 1-4 “Standard Europei per l'Industria della Refrigerazione”

L'EN 378:2008 è in vigore dal febbraio 2008 e influisce direttamente sulla progettazione, l'installazione e la manutenzione di impianti di refrigerazione in Europa. La norma stabilisce chiaramente che i sistemi di rilevamento di gas devono essere installati su impianti aventi un determinato contenuto di gas. L'EN 378 si compone di quattro parti e si occupa principalmente di sicurezza del personale e sicurezza dell'impianto ma riguarda anche le questioni ambientali.

EN378 è uno standard abbastanza completo che interpreta una serie di direttive in applicazioni pratiche per l'industria della refrigerazione.



Gli standard coinvolgono sia le nuove costruzioni sia le ristrutturazioni. Dal momento che taluni gas fluorurati ad effetto serra sono vietati, alcuni impianti esistenti devono essere riprogettati in conformità alle EN378.

In breve:

- Gli standard si applicano a tutti i refrigeranti.
- Sistemi con una carica di gas > 500 Ton CO₂ equivalente devono essere dotati di un sistema fisso di rilevazione fughe gas. (ad eccezione dell'ammoniaca, vedere tabella sotto riportata).
- Sistemi con carica > 50 Kg di ammoniaca devono essere dotati di un sistema fisso di rilevazione fughe gas. (In alcuni casi le leggi Nazionali, in relazione alla salvaguardia del personale, possono applicare norme più restringenti)
- Se c'è il rischio di raggiungimento di un limite critico (Limite di Rischio), deve essere installato un sistema fisso anche se l'impianto è di piccole dimensioni (vedere la tabella sotto riportata).
- I Limiti di Rischio prescrivono i massimi livelli di allerta
- L'allarme deve essere innescato e il sistema di ventilazione attivato come minimo al 25% del LIE (Limite inferiore di esplosività) oppure al 50% dell'ATEL / ODL (vedere tabella 2). Tuttavia, nel caso di refrigeranti con un odore caratteristico o concentrazioni inferiori all'ATEL / IAD (es R717), i rivelatori per la tossicità non sono richiesti. (vedi pag 17)
- Per sistemi indiretti che utilizzano ammoniaca con una carica di 500 Kg, la rilevazione deve avvenire anche nel circuito secondario.
- I sistemi di allarme devono essere controllati almeno una volta all'anno da parte di personale competente. Tali ispezioni devono essere documentate nel registro dell'impianto.

Requisiti degli allarmi

1. La segnalazione d'allarme con luci lampeggianti e sirene, deve essere data sia all'interno sia all'esterno della sala macchine.
2. L'alimentazione del sistema di allarme deve essere indipendente dall'alimentazione della ventilazione.
3. Sistemi di allarme indipendenti richiedono attrezzature classificate ATEX che possono rimanere in funzione durante l'allarme; se così non è devono essere disattivati. Se l'impianto di ventilazione e il rivelatore sono classificati ATEX, possono entrambi rimanere in funzione e non è richiesta alimentazione indipendente.
4. Almeno un rivelatore deve essere installato in ogni sala macchine e in altre aree in cui possono essere raggiunti i Limiti di Rischio.

Gas infiammabili e / o tossici sono classificati secondo la seguente tabella:

Tabella 1: Sistema di classificazione

INFIAMMABILITA'		TOSSICITA'	
		<i>Basso</i>	<i>Alto</i>
	Nessuna propagazione	A1	B1
	Bassa infiammabilità	A2	B2
	Alta infiammabilità	A3	B3

Limiti di rischio

La tabella mostra i livelli massimi di legge dei più comuni gas refrigeranti.

Tabella 2: Limiti di Rischio

Refrigerante	Gruppo sic.zza	Limite (Kg/m ³)	Limite (ppm)	ATEL/ODL (Kg/m ³)	ODP	GWP
R134a	A1	0,25	60.000	0,25	0	1.300
R404a	A1	0,48	120.000	0,48	0	3.260
R410a	A1	0,44	148.000	0,44	0	1.830
R407a	A1	0,33	89.000	0,33	0	1.770
R407c	A1	0,31	84.000	0,31	0	1.420
R717 Ammoniaca	B2	0,00035	500	0,00035	0	0
R290 Propano	A3	0,008	4.500	0,09	0	3
R744 Anidride Carbonica	A1	0,1	55.500	0,036	0	1

Legenda:

ATEL	=	Acute Toxicity Exposure Limit (Limite di esposizione)
ODL	=	Oxygen Deprivation Limit (Limite di riduzione di ossigeno)
ODP	=	Ozone Depletion Potential (Potenziale di riduzione dell'ozono)
GWP	=	Global Warming Potential – CO ₂ related (Potenziale di riscaldamento globale riferito a CO ₂)



Rilevazione dei diversi gas refrigeranti

Generale

Quando si parla di monitoraggio di gas pericolosi, è fondamentale per l'utente, adottare misure che mettano in sicurezza il personale e l'ambiente. Un adeguato controllo e la supervisione dei locali sono quindi essenziali.

Ammoniaca (NH₃)

L'ammoniaca è un refrigerante comunemente utilizzato nei grandi impianti; poiché alte concentrazioni di questo gas possono essere letali per gli esseri umani, l'ammoniaca è trattata con grande rispetto. Nella maggior parte dei casi il principale scopo di un sistema di rilevazione gas è quello di attivare un allarme di emergenza. L'allarme deve portare ad azioni che garantiscano l'incolumità delle persone all'interno della struttura e nei suoi dintorni.

L'uso di ammoniaca in impianti di refrigerazione è regolato dalla norma Europea (EN378:2008) che richiede che, tutti gli impianti con carica > 50Kg, debbano avere sistemi di rilevamento di gas installati nelle sale macchine e nelle altre aree in cui vi è il rischio di raggiungere i limiti di rischio per la sicurezza del personale. La EN378-3

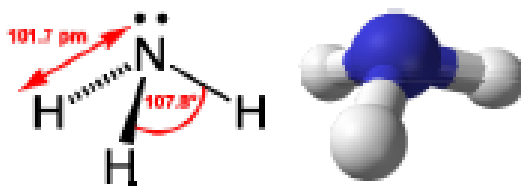
stabilisce che un rivelatore di R717 deve essere in grado di segnalare una concentrazione non superiore a:

- 350 mg/m³ (500 ppm) in sala macchine (pre-allarme)
- 21.200 mg/m³ (30.000 ppm) (allarme principale)

L'ammoniaca ha un odore caratteristico già a concentrazioni inferiori all'ATEL / ODL, nessun livello di allarme è richiesto per il Limite Pratico.

Il livello dell'allarme principale in relazione all'EN378 è fissato al 20 % del LIE.

L'ammoniaca è più leggera dell'aria e quindi tende a salire verso l'alto.



Gas	OEL (TWA-8h)	Breve periodo (STEL)
NH ₃	20 ppm	50 ppm

Basato sulla normativa italiana

Livello di allarme suggerito	Ammoniaca
Pre-allarme - C	50-150 ppm
Allarme - B	200-500 ppm
Blocco - A	> 2000 ppm

Concentrazione Gas in ppm	Impatto sull'uomo privo di protezioni	Tempo di esposizione
5	Dipende dalla temperatura, più facile da rilevare a basse temperature e in ambienti asciutti	
20	La maggior parte sente l'odore	Esposizione illimitata in certi Paesi
50	L'odore è molto forte, chi non ne è abituato cerca di andarsene.	Limite di 8h/giorno è permesso in molti Paesi
100	Nessun effetto negativo su persone sane, può provocare panico tra la gente non abituata all'ammoniaca	Non stare più del necessario
300	Personale esperto lascia l'area	
400-700	Irritazione immediata degli occhi e delle vie respiratorie	In circostanze normali nessun danno ad un'esposizione fino a 30 min.
1.700	Tosse, spasmi alle corde vocali, irritazione al naso, agli occhi e alle vie respiratorie.	1/2 ora di esposizione porta a lesioni che richiedono cure adeguate
2.000-5.000	Tosse, spasmi alle corde vocali, irritazione al naso, agli occhi e alle vie respiratorie.	1/2 ora o anche meno può essere letale
7.000	Perdita di conoscenza e stress respiratorio	Letale in pochi minuti

Ammoniaca (NH₃) impatto sull'uomo (fonte: Ammonia Partnership)

Concentrazioni inferiori alla tabella precedente, cioè < 5 ppm, si possono trovare facilmente a basse temperature (sotto gli 0° C). Il vantaggio della percettibilità anche a bassi livelli permette alle persone di lasciare immediatamente la zona di pericolo. Tuttavia, a causa della sua natura irritante può provocare il panico tra la folla.

Gas fluorurati ad effetto serra - CFC, HCFC e HFC

I gas fluorurati ad effetto serra sono conosciuti anche con il nome di Freons (Freon® è il nome originale dato da DuPont a questa categoria di gas refrigeranti). Il loro impatto negativo sullo strato di ozono è stato scoperto negli anni '70 e da allora i CFC sono stati banditi.

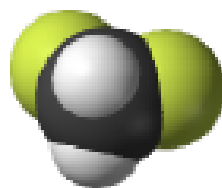
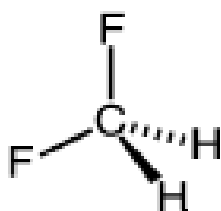
I gas fluorurati ad effetto serra si possono trovare in molte miscele con caratteristiche diverse, ma sono tutti più pesanti dell'aria e in concentrazioni elevate possono indurre all'asfissia. I gas generalmente non sono tossici, tranne R123a, ma hanno un impatto negativo sull'ambiente: i CFC e gli HCFC sullo strato di ozono e gli HFC sull'effetto serra.

L'uso degli HFC negli impianti di refrigerazione è regolato dalla EN378 standard europeo: 2008, che

richiede che tutti gli impianti con una carica > 25kg debbano avere sistemi di rilevamento di gas installati nelle sale macchine e altre aree in cui vi è il rischio di raggiungere i limiti pratici o per la sicurezza del personale.

Gas fluorurati ad effetto serra sono disciplinati anche dal regolamento FGas (CE 517/2014), che impone un sistema fisso di rilevazione delle perdite su impianti con una carica > 500 ton CO2 equivalente.

Dato che i gas fluorurati "spostano" l'ossigeno nell'aria, le applicazioni sono generalmente regolate anche da leggi nazionali inerenti, ad es, la progettazione dei luoghi di lavoro.



Gas	OEL (TWA-8h)	STEL
CFC, HCFC	1.000 ppm	750 ppm
HFC	1.000 ppm	750 ppm

Basato sugli standard internazionali

Livello di allarme suggerito	HFC (HCFC)
Pre-allarme - C	100 ppm
Allarme Medio- B	1.000 ppm
Allarme Principale - A	2.000 ppm

Tutti i tipi di gas fluorurati ad effetto serra riducono la presenza di ossigeno nell'aria e, dal momento che sono inodore, sono difficili da individuare. Di seguito sono riportati alcuni esempi di ciò che accade in un ambiente non ventilato di circa 50m³ con una fuoriuscita di R134a.

l'R134 influisce sulla concentrazione di ossigeno nell'aria. La % di ossigeno nell'aria è il 20,95%

Perdita Kg	Concentrazione ppm	Concentrazione % Vol	Ossigeno %	Effetti sull'uomo
21	100.465	10	Circa 19	L'ossigeno si sta riducendo Attenzione: Pericolo di Ipossia
42	201.290	20	Circa 17	Pericolo: Allarme Ipossia
63	301.936	30	Circa 15	Pericolo immediato. E' necessario applicare l'ossigeno
84	402.581	40	Circa 13	 È come respirare acqua

Nota! L'HFC è pesante e riempie il volume del locale a partire dal pavimento. Concentrazioni di gas possono inizialmente essere molto più alte vicino al pavimento. Ad esempio, 21 kg possono, a breve termine, provocare la stessa concentrazione a 0,5 m dal pavimento come 84 kg (esempio nella precedente tabella) completamente miscelati nella stanza.

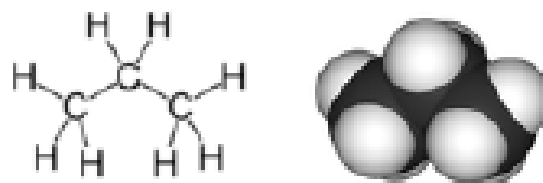


Refrigeranti infiammabili

Gli Idrocarburi (HC) e il propano, in particolare, sono diventati i refrigeranti più adatti in applicazioni di raffreddamento.

L'uso di refrigeranti infiammabili in impianti di refrigerazione come propano, butano ecc è regolato dalla Direttiva ATEX e dagli standard europei (EN378 : 2008). Per tutti gli impianti con carica di gas > 25kg, dove sussista il pericolo di raggiungere i limiti di rischio, è necessario installare un sistema di rilevazione gas.

Bisogna tener presente che alcune aree con presenza di refrigeranti infiammabili, sottoposte a classificazione ATEX, a volte necessitano di apparecchiature di rilevamento di gas esplosivi.



I livelli di allarme dipenderanno dal posizionamento del rivelatore oppure "dall'oggetto/soggetto" che dovranno proteggere. I seguenti livelli possono essere considerati come parametri di riferimento per diverse applicazioni:

Pre-allarme - C	5% LEL
Allarme Medio- B	10% LEL
Allarme Principale - A	20% LEL

Si noti che il propano, il butano e l'isobutano sono indicati come leggermente narcotici e quindi possono essere soporiferi.

Dato che i refrigeranti infiammabili riducono l'ossigeno nell'aria, le applicazioni sono generalmente disciplinate da leggi nazionali che regolamentano ad esempio la progettazione dei luoghi di lavoro e l'uso di gas pericolosi.



Anidride Carbonica (CO₂)

L'utilizzo dell'anidride carbonica, come refrigerante, è diventato sempre più comune negli ultimi anni e il suo uso è destinato ad aumentare costantemente in futuro poiché è un refrigerante naturale. L'anidride carbonica è un gas inodore e, di solito, non velenoso, però ha due caratteristiche che la rendono pericolosa per l'uomo:

- Più pesante dell'aria - "riduce" l'ossigeno
- Influisce sulla respirazione (capacità respiratoria)

L'utilizzo di anidride carbonica negli impianti di refrigerazione è regolata dalla norma europea (EN378 : 2008). Tale norma richiede che tutti gli impianti con carica > 25kg debbano essere dotati di sistemi di rilevazione gas installati nelle sale macchine e altre aree in cui sussista la possibilità di raggiungere il limiti di rischio per la sicurezza del personale

Il rilevamento delle perdite dovrebbe essere effettuato in celle frigorifere per evitare il rischio di lesioni al personale e per evitare aumenti di temperatura che possano distruggere "preziosi" prodotti alimentari.



L'anidride carbonica è un gas "speciale" perché è presente naturalmente nell'aria ed è pericolosa solo in alte concentrazioni.

L'anidride carbonica riduce la concentrazione di ossigeno nell'aria. Le sue applicazioni sono generalmente regolate da leggi nazionali riguardanti, ad esempio la progettazione dei luoghi di lavoro.

Gas	OEL (TWA-8h)	STEL
CO ₂	5.000 ppm	10.000 ppm

Basato sugli standard internazionali

Pre-allarme - C	-
Allarme Medio- B	2.000 ppm
Allarme Principale - A	5.000 ppm

Concentrazione ppm	Concentrazione % Vol	Effetti sull'uomo
300-400	0,03-0,04	Tipico nell'aria ambiente esterna
1.000	0,1	Max livello raccomandato per la qualità dell'aria in ambiente
5.000	0,5	Livello limite, ancora nessun sintomo
10.000	1	Livello limite. Può causare disturbi fisiologici minori
20.000	2	Il ritmo respiratorio aumenta del 50%
> 20.000	> 2	Palpitazioni, sudore, mal di testa, vertigini e nausea
70 - 100.000	7-10	Incoscienza
ca 200.000	ca 20	Morte

Fonte: Work Environmental Authority (Ventilation 2009-08-17)

Tecniche di misura

Tecnologie per misurare o rilevare la presenza di gas

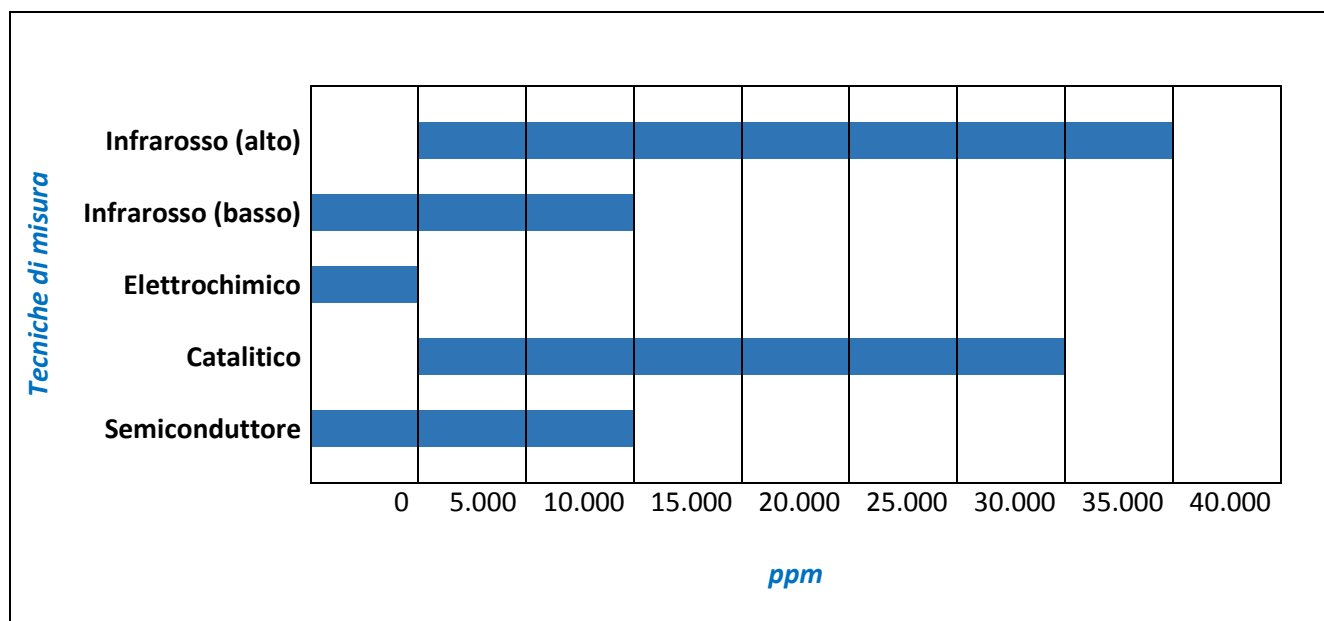
I sistemi di misura più comunemente utilizzati per il rilevamento di gas sono i sensori a semiconduttore, elettrochimici, catalitici e a raggi infrarossi. I vari sistemi hanno differenti vantaggi e svantaggi sia di carattere tecnico sia economico.

Metodologia	Refrigerante	Vantaggi	Svantaggi
Semiconduttore	HFC (HCFC)	Lunga durata > 5 anni Basso costo iniziale Bassi costi di manutenzione	Selettività limitata
	Ammoniaca (NH ₃) <i>Tossicità (ppm)</i>	Stabilità di zero	Range limitati Selettività limitata
	Idrocarburi (HC)	Basso costo iniziale Bassi costi di manutenzione	Selettività limitata
Elettrochimico	Ammoniaca (NH ₃) <i>Tossicità (ppm)</i>	Selettivo Costo medio	Bassa durata (18-36 mesi) Richiede calibrazioni frequenti Alti costi di manutenzione
Catalitico	Ammoniaca (NH ₃) <i>Esplosività (% LIE)</i>	Prezzo adeguato all'applicazione	Richiede calibrazioni frequenti
	Idrocarburi (HC)	Misura % LIE per alte concentrazioni	Durata 4-5 anni Alti costi di manutenzione Non adatto per basse concentrazioni
Infrarosso	HFC (HCFC)	Lunga durata	Non economico
	Ammonica (NH ₃) <i>Tossicità e alte concentrazioni</i>	Selettivo e polivalente Un unico sistema per doppia funzione (basse e alte concentrazioni)	Non economico
	Anidride carbonica (CO ₂)	Misura precisa	Non economico nella versione ad aspirazione



Campi di misura

Il seguente grafico fornisce una sintesi delle varie tecniche di misurazione per le varie concentrazioni di gas.



Sommario:

La scelta della tecnologia di misura dipende da diversi aspetti. La tabella e il grafico qui sopra forniscono alcuni consigli generali basati sulla gamma di prodotti presenti sul mercato. La scelta del sistema dipende sostanzialmente dall'applicazione e dal rapporto qualità/prezzo che deve essere adeguato al fine: dimensioni, tipologia, pericolosità dell'impianto, ecc ecc. Ogni applicazione deve essere valutata con cura tenendo in considerazione tutti gli aspetti che abbiamo descritto nella Linea Guida. Ricordiamo che la responsabilità dell'impianto è sempre del proprietario ma diventa doveroso per lo specialista (tecnico frigorista e del condizionamento) informare il proprio cliente sugli sviluppi delle normative e sugli obblighi che ne derivano.

Informazioni pratiche

Nelle pagine successive abbiamo inserito una serie di informazioni pratiche che aiuteranno il lettore a meglio comprendere:

- perché adottare un sistema di rilevazione fughe gas refrigerante,
- come sceglierlo,
- come dimensionarlo,
- dove installarlo,
- come installarlo,
- come gestirlo.

Oggi non basta dimostrare la propria capacità nella progettazione, manutenzione e installazione dell'impianto, bisogna diventare consulenti del proprio Cliente a 360°:

- sulla gestione dell'impianto stesso,
- per il rispetto delle norme,
- per un piano di risparmio energetico,
- per risparmiare denaro .., una perdita di gas equivale ad un costo per la conseguente ricarica!

Lo sapevate che ...



- ✓ *L'impatto sull'ambiente di 1kg di R404A liberato in atmosfera equivale agli scarichi di un autovettura che percorre oltre 15.000 km.*
- ✓ *Il 15% di perdita di gas refrigerante equivale ad un incremento del 100% dei consumi di energia dell'impianto stesso.*



- ✓ *La normativa F-Gas stabilisce che chiunque gestisca un impianto di refrigerazione o di condizionamento d'aria è legalmente obbligato a prevenire perdite di gas in atmosfera.*
- ✓ *Un impianto con carica di gas > 500 ton equivalenti di CO₂ necessita di visite periodiche ogni 6 mesi e di un Sistema Fisso di Rilevazione Perdite (obbligatorio).*

Estratto dalla Norma F-Gas 517/2014

Informazioni destinate al personale tecnico e agli utenti di apparecchiature di refrigerazione, condizionamento d'aria e pompe di calore contenenti gas fluorurati a effetto serra - (Gennaio 2015)

5.4. Contenimento con i sistemi di rilevamento delle perdite

Con "sistema di rilevamento delle perdite" si intende un dispositivo tarato meccanico, elettrico o elettronico per il rilevamento delle perdite di gas fluorurati a effetto serra che avverte l'operatore in caso di perdita.

Le apparecchiature contenenti gas fluorurati in quantità pari o superiori a 500 tonnellate di CO₂ equivalente devono essere dotate di un sistema di rilevamento delle perdite di questo tipo.

I sistemi di rilevamento delle perdite devono essere controllati almeno una volta ogni dodici mesi per accertarne il corretto funzionamento.

I sistemi di rilevamento delle perdite non sono obbligatori per le apparecchiature di refrigerazione installate su impianti mobili, quali gli autocarri e i rimorchi o per i sistemi mobili di condizionamento d'aria.

Nel selezionare la tecnologia appropriata e il punto in cui installare il sistema di rilevamento, l'operatore deve tenere conto di tutti i parametri che potrebbero influire sull'efficacia del sistema, al fine di garantire che il sistema installato rilevi le perdite e avverta l'operatore. Tra detti parametri possono rientrare il tipo di apparecchiatura, il punto in cui è installato e l'eventuale presenza di altri agenti contaminanti nel locale.

A titolo di orientamento generale è opportuno installare, se del caso, nella sala macchine o, qualora non ve ne sia una, il più vicino possibile al compressore o alle valvole di sicurezza, sistemi di rilevamento delle perdite che verifichino la presenza di gas fluorurati nell'aria e che abbiano una sensibilità tale da permettere un rilevamento efficace delle perdite.

Se del caso, possono essere utilizzati anche altri sistemi, tra cui sistemi di rilevamento delle perdite mediante l'analisi elettronica del livello dei liquidi o di altri dati.

Si devono prendere in considerazione, in particolare, la norma EN 378, le altre norme cui questa ultima fa riferimento, nonché i regolamenti nazionali.

Ogni presunzione di perdita di gas fluorurati indicata dal sistema fisso di rilevamento delle perdite viene verificata con un controllo del sistema (sezione 5.3), al fine di individuare e, se del caso, riparare la perdita.

Anche gli operatori di applicazioni che contengono gas fluorurati in quantità inferiori a 500 tonnellate di CO₂ equivalente possono installare un sistema di rilevamento delle perdite. Le apparecchiature dotate di sistemi di rilevamento delle perdite, correttamente in funzione, devono essere sottoposte a controlli delle perdite a una frequenza inferiore.

Regolamento F-Gas :

Il Consiglio Europeo approva regole più stringenti a partire dal 1 Gennaio 2015

Modifica delle soglie di obbligatorietà relative a:

- 1) Visite periodiche per la compilazione del libretto di impianto
- 2) Installazione di un Sistema fisso di Rilevamento delle Perdite

Refrigerante	GWP	> 5 ton equivalenti di CO ₂ (kg) <u>Visite periodiche:-</u> - Ogni 12 mesi (senza SRP*) - Ogni 24 mesi (con SRP*)	> 50 ton equivalenti di CO ₂ (kg) <u>Visite periodiche:-</u> - Ogni 6 mesi (senza SRP*) - Ogni 12 mesi (con SRP*)	> 500 ton equivalenti di CO ₂ (kg) <u>Visite periodiche:-</u> - Ogni 6 mesi (l'SRP* è obbligatorio)
R32	675	>7.4	>74	>740.7
R134a	1430	>3.5	>34.96	>349.6
R245fa	1030	>4.85	>48.5	>485
R404a	3922	>1.27	>12.7	>127
R407A	2107	>2.37	>23.7	>237
R407C	1774	>2.8	>28	>281.8
R407F	1850	>2.7	>27	>270
R410A	2088	>2.39	>23.9	>239
R422D	2729	>1.8	>18.3	>183
R437A	2550	>1.96	>19.6	>196
R507A	3985	>1.25	>12.5	>125
R1234yf	4	>1250	>12.500	>125.000
R1234ze	7	>714	>7.142,8	>71.428

SRP* = Sistema fisso di Rilevamento delle Perdite

Ad esempio, un sistema contenente:

- a) 2kg di R404A (cioè più di 5 tonnellate equivalenti di CO₂) deve essere verificato ogni 12 mesi senza SRP o ogni 24 mesi se l'SRP è presente
- b) 15kg di R404A (cioè più di 50 tonnellate equivalenti di CO₂) deve essere verificato ogni 6 mesi senza SRP o ogni 12 mesi se l'SRP è presente
- c) 130kg di R404A (cioè più di 500 tonnellate equivalenti di CO₂) deve essere verificato ogni 6 mesi e l'SRP è obbligatorio

Formula per il calcolo della CO₂ equivalente

Esempio:

Refrigerante: R404A

GWP: 3922

Carica dell'impianto: 130 Kg

CO₂ equiv. : $130 \times 3922 / 1000 = 509,86$ Ton

L'impianto necessita di un sistema fisso di monitoraggio perdite oltre al controllo semestrale!

Applicazioni



Centrali frigorifere a terra o bordo nave

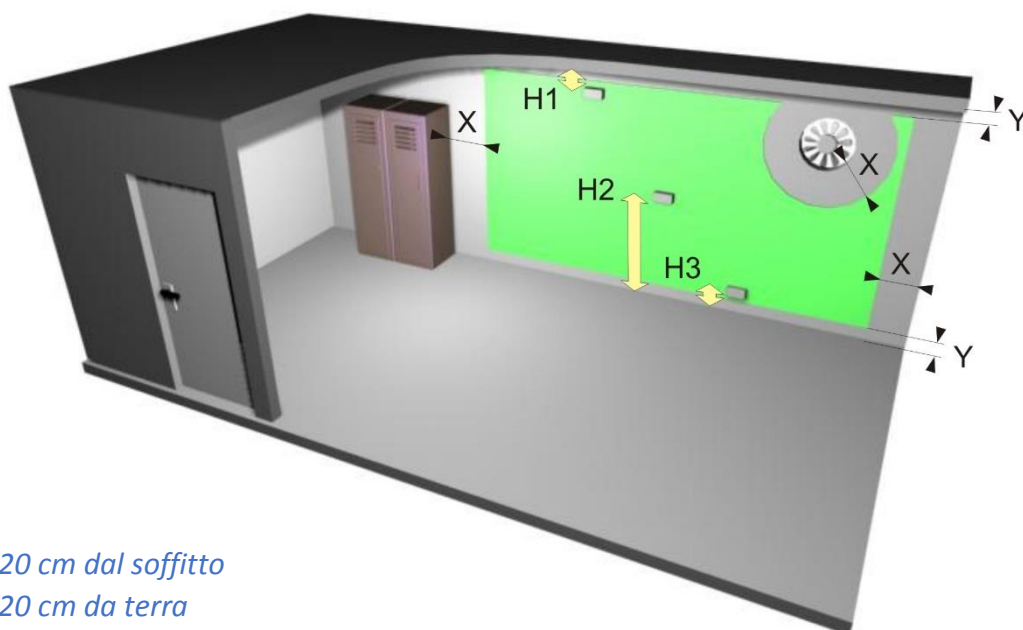


Palazzetti del ghiaccio e magazzini stoccaggio frutta



Condizionamento aria e banchi frigo nei supermercati

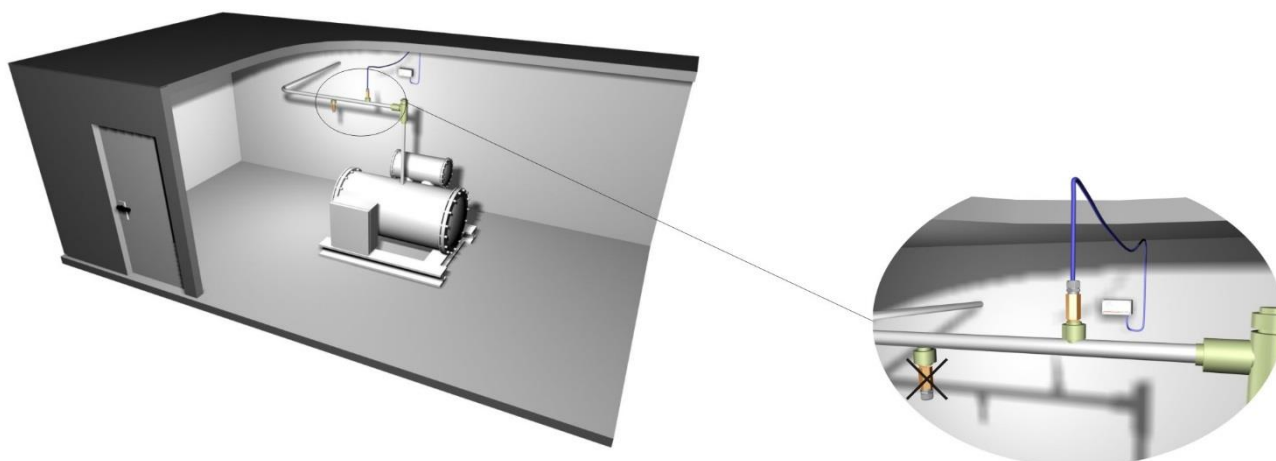
Installazione



NH_3 : H1 = 20 cm dal soffitto

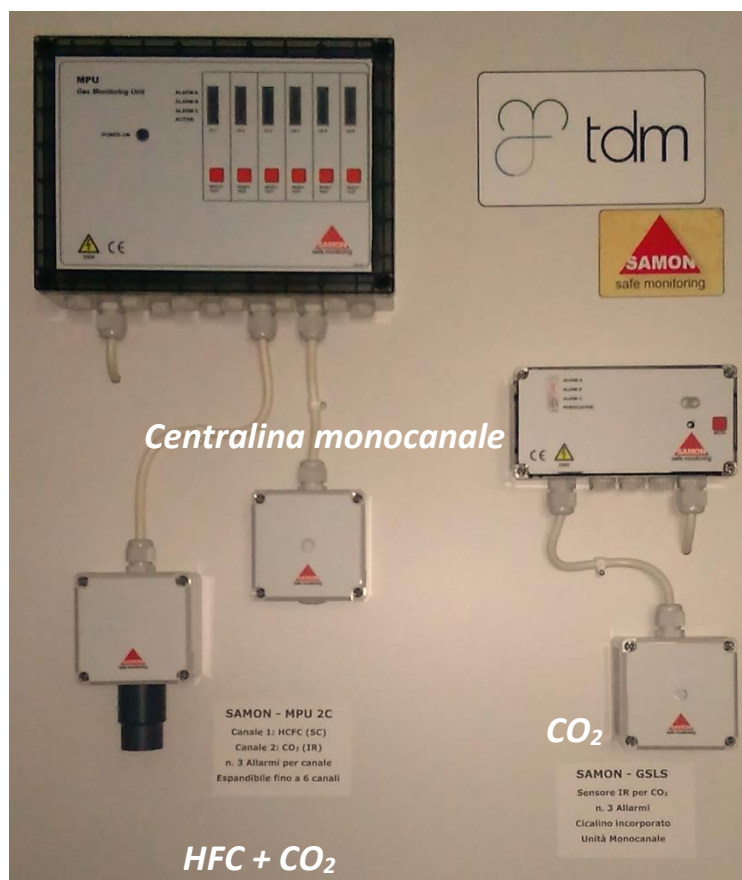
HFC : H3 = 20 cm da terra

Centrale frigorifera, installazione in ambiente e su valvola di sfianto



Sistema di rilevazione con Centralina di controllo e sensori remoti a semiconduttore per HCFC oppure IR per CO₂

Centralina multigas da 2 a 6 canali



Sistema di rilevazione con sensori remoti Atex di tipo elettrochimico per tossicità NH₃ oppure catalitico per esplosività HC e NH₃

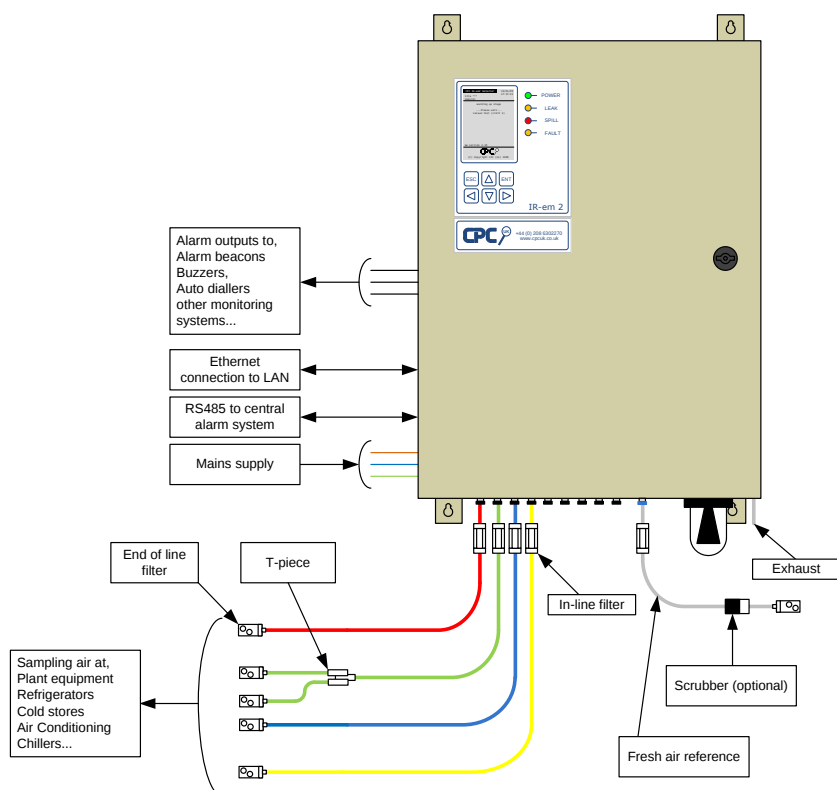


Sensori con trasmettitore elettronico incorporato. Non necessitano di unità di controllo a quadro.

Sistema di rilevazione con Centralina multicanale (fino a 16 punti di prelievo) di tipo aspirato con sensore IR per NH₃, HCFC, HC e CO₂



Centrale di rilevazione di tipo aspirato con sensore IR – tipico di installazione





TDM sas

Via F. Filzi, 3
20822 Seveso (MB)

Via Abruzzo, 8
40060 Osteria Grande (BO)

tel +39 051 0361054
fax +39 051 0361057
mail: info@tdm-sas.it
web: www.tdm-sas.it

È vietata qualsiasi utilizzazione, totale o parziale, dei contenuti inseriti nella presente pubblicazione, ivi inclusa la memorizzazione, riproduzione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualsiasi mezzo di comunicazione senza l'autorizzazione scritta da parte di TDM sas.