

Utilizzo di prodotti refrigeranti



Principi per l'ottenimento di un'autorizzazione speciale

Premessa

Agli inizi della frigotecnica, anzitutto era necessario individuare "contenitori di trasporto" idonei per la merce da trasportare, il "calore". Infatti il compito di qualsiasi impianto di refrigerazione o pompa di calore è sostanzialmente il trasporto di calore. È chiaro che la qualità del trasporto dipende molto da come la merce da trasportare è "confezionata". Nell'impianto di refrigerazione questa funzione è svolta dal refrigerante. Tuttavia è stato necessario dapprima sviluppare sostanze idonee per poter soddisfare tutti i requisiti.

- **Requisiti relativi alle pressioni di esercizio**

Una pressione di condensazione elevata rappresenta un rischio legato alla sicurezza, aumentando inoltre notevolmente le prerogative dei materiali. Una pressione di evaporazione troppo bassa fa aumentare le dimensioni di condotti e componenti, se l'impianto funziona persino in condizioni di vuoto il controllo si fa più complesso e la messa a tenuta diventa più difficile.

- **Requisiti relativi alla stabilità**

Sebbene per definizione nell'impianto di refrigerazione possano essere presenti solo refrigerante e olio per refrigerante, deve essere garantita una sufficiente stabilità di questi materiali di esercizio, in modo da evitare reazioni chimiche tra di loro o con i materiali utilizzati nell'impianto. Nel caso ideale i materiali di esercizio devono avere la stessa durata dell'intero impianto.

- **Requisiti relativi all'energetica**

Fin dagli inizi della frigotecnica si è cercato di raggiungere elevati coefficienti di prestazione tramite refrigeranti idonei, ovvero realizzare un elevato trasporto di calore con piccoli assorbimenti di energia del compressore.

- **Requisiti relativi al comportamento ambientale**

Guardando indietro, si potrebbe dire che i requisiti relativi alla stabilità nello sviluppo di refrigeranti sintetici è stata data una priorità troppo elevata. Proprio per questo motivo, a partire dal 1990, si è dovuto tenere maggiormente in considerazione gli aspetti ecologici. La stabilità del refrigerante CFC resta a lungo anche dopo l'emissione nell'atmosfera. I problemi che insorgono come effetti secondari sono da un lato un maggiore **effetto serra** dovuto all'elevato potenziale serra, dall'altro un assottigliamento dello **strato di ozono**, fondamentale per la nostra sopravvivenza, dovuto al contenuto di cloro, che viene trasportato dalle molecole del refrigerante fino alla stratosfera. Le rivendicazioni internazionali richiedono una riduzione di questi effetti secondari mediante lo sviluppo di refrigeranti alternativi senza contenuto di cloro e un minore potenziale serra, oltre a un trattamento professionale e responsabile di queste sostanze. Quest'ultimo può essere conseguito attraverso la sensibilizzazione e la formazione delle categorie di persone coinvolte. In Svizzera l'**autorizzazione speciale per l'utilizzo di prodotti refrigeranti per la frigotecnica** è la risposta a queste esigenze.

Autorizzazione speciale per l'utilizzo di prodotti refrigeranti:

Fornisce le conoscenze sull'interazione tra ambiente e frigotecnica in relazione ai refrigeranti utilizzati.

Ogni persona che lavora autonomamente con queste sostanze deve disporre di un'autorizzazione speciale.

Egli deve essere motivata a limitare le emissioni di prodotti refrigeranti a un minimo non evitabile.



Prefazione

Utilizzazione di prodotti refrigeranti:	Principi per l'ottenimento di un'autorizzazione speciale Versione luglio 2021-63 basata sull' ORRPChim
Homepage:	www.svk.ch/fachbewilligung
Contatto:	fachbewilligung@svk.ch
Redattore:	Patrick Goetz / Visconsil AG 3176 Neueneegg
Committente:	Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Editore / fonte di riferimento:	Schweizerischer Verband für Kältetechnik SVK Eichstrasse 1 6055 Alpnach Dorf
Prezzo:	Fr. 25.- oltre ad affrancatura, confezionamento e IVA

Note relative al materiale didattico

Tutti i diritti riservati, l'acquisizione di parti di questo materiale didattico richiede la previa autorizzazione scritta dell'editore.

In tutto il materiale didattico viene utilizzata la forma maschile. Questo per facilitare la lettura e non deve in alcun modo discriminare i tecnici specializzati di sesso femminile (anche se purtroppo nelle professioni tecniche il loro numero è ancora limitato).

Per una rapida consultazione, le parole chiave contenute nel testo sono riportate in *corsivo e verde*.

Le affermazioni chiave e riassuntive sono riportate nei riquadri gialli.

Autorizzazione speciale in Internet:

Il presente materiale didattico rappresenta un ausilio per l'ottenimento dell'autorizzazione speciale per l'utilizzo di prodotti refrigeranti. Informazioni aggiuntive o aggiornate possono essere acquisite su Internet:

- www.fachbewilligung.ch

Questi riferimenti sono evidenziati nel materiale didattico al termine della pagina con una sfera arancione sullo sfondo del testo.

Guida:

È possibile scaricare presso l'ufficio di notifica una guida come ausilio per notificare gli impianti con obbligo di notifica. (meldestelle-kaelte.ch).

Termini tecnici:

Se nel testo una parola è affiancata dal simbolo *, questa viene spiegata nel Capitolo 11 "Termini tecnici".

Ufficio di notifica per nuovi impianti:

I nuovi impianti frigoriferi e pompe di calore con più di 3 kg di refrigerante devono essere notificati qui:

- www.smkw.ch

UFAM:

L'Ufficio federale dell'ambiente può essere contattato al seguente indirizzo Internet:

- www.bafu.admin.ch

Indice

1	Fondamenti di ecologia	5
1.1	Gli spazi vitali	6
1.2	L'atmosfera	7
1.3	Composizione dell'atmosfera	8
1.4	L'ozono nella troposfera	9
1.5	Lo strato di ozono	10
1.6	Abbattimento dell'ozono nella stratosfera	11
1.7	Effetto serra	12
1.8	Inquinamento delle acque	13
1.9	Proprietà ed ecocompatibilità	14
1.10	Emissione e andamento	15
1.11	Termini relativi allo strato di ozono e all'effetto serra	16
2	Tossicologia	17
2.1	Assorbimento attraverso la respirazione	17
2.2	Assorbimento attraverso la pelle	18
2.3	Assunzione attraverso la bocca	18
2.4	Tossicità	19
2.5	Valutazione dei rischi e prevenzione	21
3	Legislazione	22
3.1	Legge sui prodotti chimici	22
3.2	Legge sulla protezione dell'ambiente	23
3.3	Legge sulla protezione delle acque	23
3.4	Legge sul lavoro	23
3.5	Legge sull'assicurazione contro gli infortuni	24
3.6	Ordinanza sui prodotti chimici	24
3.7	Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici	24
3.8	Autorizzazione speciale e obbligo appello a specialisti	25
3.9	Contrassegno	26
3.10	Importazione e utilizzo di prodotti chimici	27
3.11	Enti preposti	27
4	Tutela della salute	28
4.1	Primo soccorso	28
4.2	Pianificazione delle emergenze	28
4.3	Lavorare da soli	28
4.4	Giovani	28
4.5	Novità sul posto di lavoro	29
4.6	Posti di lavoro non fissi	29
4.7	Mezzi di lavoro, macchine e utensili	29
4.8	Lavorare con prodotti refrigeranti e sostanze chimiche	30
5	Prodotti refrigeranti	31
5.1	Produzione di prodotti refrigeranti sintetici	32
5.2	Denominazione dei prodotti refrigeranti	33
5.3	Miscele di refrigeranti	35
5.4	Refrigeranti inorganici	36
5.5	Tabella di importanti prodotti refrigeranti	37
6	Olio per refrigerante	38
6.1	Scelta dell'olio per refrigerante	38
7	Riciclo e smaltimento	40
7.1	Smaltimento tramite distruzione	40
7.2	Riciclo primario	40
7.2	Riciclo secondario	40
8	Frigotecnica	41
8.1	Principi della frigotecnica	42
8.2	Impianti di refrigerazione e pompe di calore	43
8.3	I componenti principali	44
8.4	Impianto di climatizzazione nei veicoli	46
9	Costruzione dell'impianto	47
9.1	Montaggio e allineamento delle tubazioni	48
9.2	Evitare le perdite	49
9.3	Il ritorno dell'olio	50
10	Assistenza e manutenzione	51
10.1	Punti di controllo nel sistema	52
10.2	Ricerca dei guasti e diagnosi	53
11	Termini tecnici	54

L'ecologia, derivante dalla biologia (lo studio della vita) si occupa dell'equilibrio della natura. Cerca di comprendere la natura come un tutto, e descrive le correlazioni (simbiosi) tra gli esseri viventi e l'ambiente inanimato che li circonda. Il termine "ecosistema", nel senso più ampio, si compone di due parole, "casa" e "collegato", e quindi il significato è "casa collegata".

Ma perché la tecnica in generale e la frigitecnica dovrebbero occuparsi in particolare di tematiche legate all'ecologia? Per facilitare la comprensione si può dire che principalmente il materiale d'esercizio "refrigerante" e i suoi effetti dopo una emissione* richiedono una migliore conoscenza da parte dei tecnici sia in materia di ecologia che di materiali impiegati come refrigeranti.

I refrigeranti sintetici spesso hanno un potenziale serra molto maggiore.

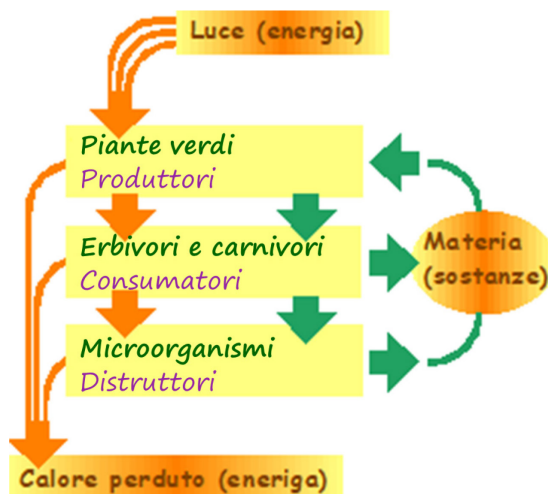
I refrigeranti contenenti cloro nei vecchi impianti danneggiano lo strato di ozono con le loro emissioni.

Un ecosistema può essere grande o piccolo. Quindi una pozzanghera o un oceano, un orto o un ampio terreno coltivato in Russia o in America possono essere considerati ecosistemi. Nessuno di questi sistemi è univocamente limitato, perché si sovrappone agli ecosistemi adiacenti. Non solo aree naturali come laghetti, laghi, fiumi, paludi, foreste, prati, ecc. sono ecosistemi, ma anche sistemi artificiali come ad es. campi coltivati a cereali o aree di insediamento. In questo modo anche tutto il pianeta Terra può essere considerato un ecosistema.

Ecosistema:

Ambiente inanimato (spazio vitale) più l'insieme degli esseri viventi

Osservando il tutto più da vicino, si notano influenze reciproche e interazioni tra piante e animali. Anche l'ambiente, ad es. il terreno, l'acqua e l'aria, sono in relazione con gli esseri viventi. I biologi definiscono il tutto come ecosistema e distinguono principalmente tra ambiente inanimato, lo *spazio vitale* e l'*insieme degli esseri viventi*. Un ecosistema è inteso come la somma degli esseri viventi all'interno dei propri spazi vitali. Il presupposto più importante per la *vita* e il *metabolismo* ad essa necessario è l'*energia*, che viene emessa sotto forma di luce proveniente dal sole.



Le piante, ad esempio, sfruttano l'energia della luce tramite la *fotosintesi* per produrre la propria sostanza corporea. Questa si forma con l'aiuto del CO₂ contenuto nell'atmosfera: il carbonio viene assorbito, mentre l'ossigeno viene restituito all'atmosfera. Inoltre le piante hanno bisogno di concime come sostanze nutritive, disciolte in acqua anche come nitrati*.

Gli uomini e gli **animali** a loro volta hanno bisogno dell'ossigeno proveniente dall'atmosfera per poter mantenere il processo di combustione del metabolismo. Questa energia permette ai muscoli, al cervello e alle cellule di funzionare. Il CO₂ prodotto come scarto viene ceduto all'atmosfera, chiudendo il ciclo tra piante da un lato, e uomini e animali dall'altro.

Un corpo che si trova in equilibrio energetico è morto.

Per lo più in un ecosistema si vedono solo i singoli componenti. Le influenze e i circuiti reciproci devono essere indagati, ma spesso possono essere resi visibili solo indirettamente. Il fatto che il cambiamento climatico influenzi le comunità di esseri viventi negli spazi vitali è fuori dubbio. I cambiamenti negli ecosistemi hanno più cause, ma il crescente contenuto di anidride carbonica e altri gas serra nell'atmosfera e il maggiore riscaldamento globale svolgono un ruolo decisivo. Ovviamente lo sviluppo delle comunità di esseri viventi è disturbato da tutto ciò.

La struttura degli ecosistemi è molto complessa. Ciò vale soprattutto per l'intera parte della Terra abitata da esseri viventi. Pertanto è sensato considerare singolarmente le parti di un ecosistema, poiché non è possibile rilevare il tutto contemporaneamente:

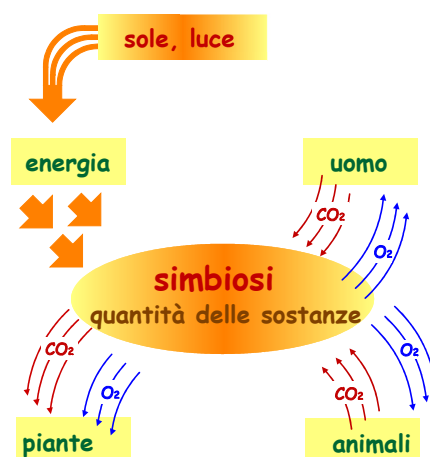
L'ambiente inanimato comprende da una parte gli **spazi vitali** di base come **l'aria**, **l'acqua** e **il suolo**. Dall'altra, questo sistema viene completato dal fornitore di energia, il sole. Tutta la vita si svolge all'interno di questi spazi vitali, in cui vengono scambiate anche delle sostanze.

In base all'organismo e al grado di specializzazione, il luogo di soggiorno di un essere vivente si riduce a uno di questi spazi vitali. Pertanto l'organismo umano è strutturato in modo tale da assorbire l'ossigeno dell'aria attraverso i polmoni, mentre i pesci fanno lo stesso attraverso le loro branchie. Questo è uno dei motivi per cui il nostro spazio vitale è l'aria, mentre quello dei pesci è l'acqua. A loro volta le piante assorbono **anidride carbonica*** CO_2 dall'aria, depositano il **carbonio*** C e i suoi legami come **biomassa** e producono **ossigeno**. Questa "emissione di gas" delle piante è essenziale per la specie umana e animale. A sua volta, la pianta necessita delle loro emissioni di gas, ovvero l'anidride carbonica CO_2 , per la fotosintesi. In questo modo si chiude il ciclo.

Questo principio, che rende il prodotto di scarto di un processo la materia prima di un altro, si chiama **simbiosi***. A seguito dell'industrializzazione e dell'inquinamento ambientale ad esso collegato, si cerca sempre di più di copiare questo principio. Si parla in tal caso di ecosistema industrializzato.

Poiché il carbonio nel ciclo dei materiali degli organismi svolge un ruolo importante ed è utilizzato anche come "trasportatore di informazioni" dei geni, tutta la chimica basata sul carbonio viene definita **chimica organica***. Quindi anche tutti i refrigeranti che contengono carbonio derivano dalla chimica organica, sia che abbiano origine naturale o sintetica.

Un'eccezione a questa regola è l'anidride carbonica CO_2 . Come refrigerante con la denominazione **R744**, questa molecola è il prodotto di una combustione pulita. E i prodotti della combustione non sono più considerati organici.



Poiché i refrigeranti dopo un'emissione* permangono nell'atmosfera, questo spazio vitale deve essere considerato con maggiore dettaglio. Sia l'**effetto serra** che lo **strato di ozono** agiscono nell'atmosfera. Mentre l'effetto serra è attivo prevalentemente nelle aree più basse (troposfera), lo strato di ozono si trova ca. 30 km al di sopra del suolo terrestre nella stratosfera.

L'ecosistema con le sue forme di vita si compone dei 3 spazi vitali **acqua**, **terra** e **aria**. L'aria merita qui una particolare attenzione, poiché quasi tutti i refrigeranti dopo l'emissione si trovano nell'aria. Tutta la colonna d'aria viene definita come atmosfera, che si estende fino a una quota di 500 km. Questa colonna d'aria è stata suddivisa in 5 strati separati e, poiché l'atmosfera non sfocia senza transizione nell'universo, in uno strato aperto verso l'alto. In questo caso si parla anche di **piani dell'atmosfera**.

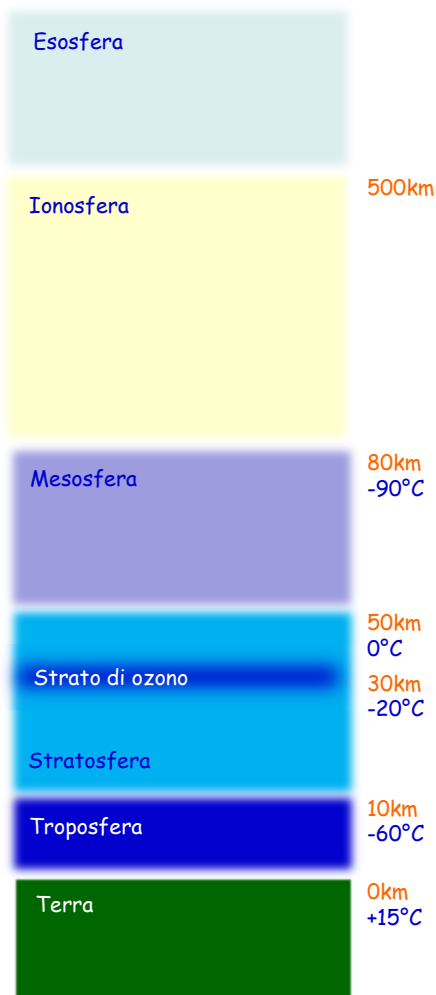
Il piano inferiore arriva ai Poli fino a una quota di ca. 8 km e all'equatore fino a una quota di ca. 16 km. Tipico del "piano terra", definito come **troposfera**, sono le temperature gradualmente sempre più basse mano a mano che si sale di quota. Nello strato successivo, la **stratosfera**, l'aria tuttavia si fa di nuovo più calda. Qui si trova lo strato di ozono, che come mantello protettivo trasforma i mortali raggi UV del sole in calore mediante un processo chimico. Ecco perché nella stratosfera la temperatura aumenta. Solo nella **mesosfera**, che si estende per 50-80 km al di sopra della superficie terrestre, la temperatura si abbassa di nuovo, poiché viene a mancare il filtro di ozono riscaldante. Nell'ultimo strato, la **ionosfera**, la temperatura aumenta nettamente a causa dell'assorbimento di energia radiante dalle particelle dell'atmosfera. Ciò nonostante il calore è appena percepibile, perché la densità dell'aria è già milioni di volte più ridotta rispetto a com'è vicino alla Terra, e quindi tra le particelle non ha luogo praticamente alcuno scambio di energia (scontri).

La temperatura tra 300 e 500°C si manifesta solo nel rapido movimento delle particelle di gas.

La **esosfera** non ha limiti verso l'alto e separa l'atmosfera dal vuoto dell'universo.

Fino a un'altezza di circa 120 km i gas atmosferici sono presenti in un rapporto costante reciproco di miscelazione. A quote superiori i gas sono più scomposti. I gas più pesanti, come l'azoto e l'ossigeno, si concentrano a quote più basse, mentre quelli più leggeri, come l'elio e l'idrogeno salgono a quote maggiori. Successivamente il rapporto di miscelazione si sposta a favore dei gas più leggeri, mano a mano che si sale di quota. Lo strato fino a 120 km viene definito omosfera per la sua composizione omogenea, e per la turbolenza dominante anche turbosfera, mentre lo strato al di sopra dei 120 km viene chiamato eterosfera o diffusosfera.

Due terzi della massa dell'atmosfera si trovano nello strato di aria più basso. A causa della densità dell'aria troppo limitata, l'uomo può vivere solo nella troposfera, dove si verificano anche tutti gli eventi atmosferici. Proprio questo involucro così sensibile deve assorbire milioni di tonnellate di sostanze nocive.



Senza l'atmosfera, che avvolge il nostro pianeta, non ci sarebbe vita sulla Terra. Questa miscela di gas gestisce il bilancio termico e impedisce che ci siano oscillazioni di temperatura estreme. Due importanti capitoli di questo materiale didattico, "Effetto serra", e "Riduzione dello strato di ozono" descrivono ciò che accade nell'atmosfera. Per questo sarà approfondita meglio qui di seguito.

L'atmosfera si compone di aria, che a sua volta è composta da una miscela di gas. L'aria per tutti gli spazi vitali è la nostra più importante "azienda di trasporti": le sostanze volatili che vi vengono smaltite si distribuiscono a livello globale. A causa della forte rarefazione dei gas emessi, si riduce la concentrazione a un minimo non critico. Tuttavia, l'atmosfera non si amplia se la sua "capacità di rarefazione" dovesse rivelarsi troppo debole. Relativamente alle sostanze nocive e ai gas stabili in aria, vale la regola di limitare le emissioni a un minimo non evitabile.

Ciò vale anche per le sostanze nocive senza effetto tossico diretto, poiché ogni gas durante il suo periodo di permanenza nell'atmosfera causa un effetto serra più o meno ampio. Inoltre non è possibile definire in laboratorio tutti gli effetti delle emissioni, poiché un ambito artificiale dà luogo a comportamenti diversi da quelli che si hanno in natura.

L'atmosfera si compone principalmente dei tre seguenti gas:

- 78,08% **Azoto**
- 20,95% **Ossigeno**
- 0,93% **Argon**

In atmosfera sono presenti molti altri gas. Ma poiché la somma completa di questi gas rappresenta solo una minima percentuale, essi vengono definiti come insieme:

- 0,04% **Microgas**

L'anidride carbonica, che si forma in tutti i processi industrializzati (diretti o indiretti), rappresenta la percentuale più elevata. **Il gas esilarante** viene sprigionato principalmente nel settore dell'agricoltura con la concimazione.

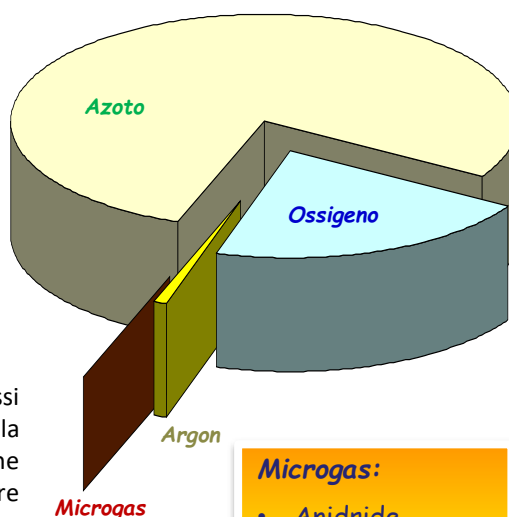
L'ozono nella troposfera viene trattato separatamente nel capitolo 1.4. Gli idrocarburi combustibili (HC: metano, etano, propano, butano, isobutano, pentano, ecc.) si formano soprattutto con la trasformazione di alimenti nel percorso dalle piante alla carne. Le grosse mandrie di bovini contribuiscono notevolmente all'effetto serra globale. Anche i **prodotti refrigeranti** rilasciati nell'aria attraverso le emissioni* fanno parte del gruppo dei microgas.

Già dall'inizio dell'industrializzazione, tramite processi automatizzati, è aumentata considerevolmente la percentuale di tali microgas. Per limitare gli influssi negativi di queste emissioni, in futuro sarà necessario intraprendere azioni importanti per evitare effetti più estesi.



Involucro di aria attorno alla Terra: atmosfera (non in scala)

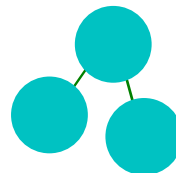
Le emissioni di sostanze stabili in aria devono essere limitate a un minimo non evitabile.



Microgas:

- Anidride carbonica
- Gas esilarante
- Ozono
- Metano
- ...
- Prodotto refrigerante

L'ozono vicino al suolo non viene emesso direttamente come altre sostanze nocive dell'aria, bensì si forma nell'aria dai cosiddetti precursori, ossidi di azoto e gas e vapori organici per effetto della luce solare. Temperature elevate accelerano le reazioni. **L'ozono si forma da tre atomi di ossigeno.** L'ossigeno rappresenta circa il 21% della nostra atmosfera. L'ossigeno è raramente presente in natura a livello elementare. Solitamente è presente come molecola di ossigeno O_2 . In questa forma è fondamentale anche per la nostra sopravvivenza. In determinate condizioni si può formare anche la molecola O_3 (ozono).



Molecola di ozono: O_3

Poiché nella troposfera la luce del sole non ha più la necessaria energia per formare l'ozono direttamente dall'ossigeno, le impurità dell'aria devono contribuire con il loro abbattimento fotochimico. L'ossido di azoto e composti organici volatili generati dal traffico, dall'industria e dalle abitazioni private svolgono un ruolo particolare come cosiddetti precursori dell'ozono.

Formazione di ozono nella troposfera:

- Elevata temperatura dell'aria
- Forte irraggiamento solare
- Lunga durata di irraggiamento solare
- Bassa umidità dell'aria
- Bassa velocità del vento

Lo **smog***, che si forma principalmente in estate nelle grandi città, è formato per lo più da ozono. Le maggiori concentrazioni di ozono nella troposfera, il "piano terra" dell'atmosfera, non riescono a compensare l'abbattimento dello strato protettivo (strato di ozono) nella stratosfera. Ciò che a 30 km di quota ci protegge dai dannosi raggi del sole, sul suolo agisce come un aggressivo veleno cellulare.

Oggi l'ozono è l'inquinante atmosferico con le conseguenze più nocive per la vegetazione. Agisce come veleno cellulare e riduce l'efficacia della fotosintesi e quindi anche la crescita delle piante.

L'ozono nella troposfera agisce come veleno cellulare e inoltre favorisce l'effetto serra.

Effetti sulla vegetazione:

Con l'odierno inquinamento da ozono si verificano danni evidenti alle colture agricole. La riduzione dei raccolti è compresa tra il 5 e il 15% in base alla coltura, alla regione e all'anno. Anche l'economia forestale ne è colpita. Insieme ad altre sostanze nocive, l'ozono funge da fattore di stress per gli alberi delle foreste e quindi è una concausa dei danni subiti dalle foreste. L'ozono indebolisce gli alberi e rallenta la crescita del legno, il che si può ripercuotere negativamente sulla stabilità della protezione delle foreste.



Effetto dell'ozono sugli alberi

L'elevato inquinamento da ozono in estate causa periodicamente danni visibili soprattutto alle foglie degli alberi a latifolia, agli arbusti e alle piante da coltura.

Effetti sull'uomo e sugli animali:

Anche l'organismo dell'uomo e degli animali viene colpito. L'ozono attacca le mucose e può scatenare emicrania, difficoltà respiratoria, bruciore oculare, tosse, asma o dolore al petto. Inoltre il gas tossico riduce la capacità e le difese contro le infezioni. Con maggiori concentrazioni di ozono aumentano i ricoveri in ospedale e i tassi di mortalità.

Una maggiore concentrazione di ozono nell'atmosfera non ne altera la sua composizione percentuale, poiché l'ozono si forma da un gas già presente in atmosfera (l'ossigeno). In questo modo non cambia l'effettivo contenuto di ossigeno.

Lo **spettro di irraggiamento** del sole non comprende soltanto l'area visibile all'occhio umano. Al di sopra della luce visibile si trova l'area degli **ultravioletti** (a onda corta), al di sotto si trova l'area degli **infrarossi** (a onda lunga).

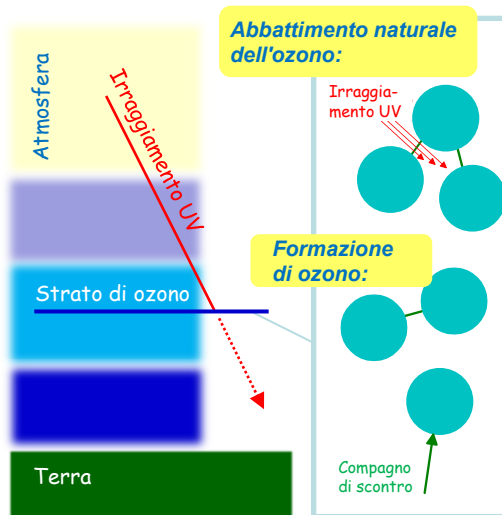
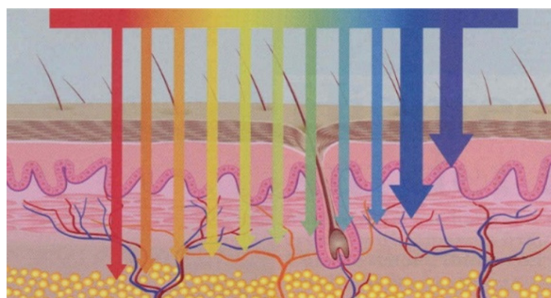
Mentre la radiazione termica a infrarossi non è dannosa per la nostra pelle, essa può essere danneggiata dall'irraggiamento UV. L'irraggiamento UVB forma la vitamina D nel nostro organismo, ma è anche responsabile delle scottature solari. Pertanto, prima di esporsi al sole è opportuno proteggere la pelle. Ogni volta che la nostra pelle si scotta al sole, aumenta il rischio di tumore alla pelle.

I raggi UVA penetrano ancora più in profondità nel tessuto cutaneo, e anche questi abbronzano la pelle, ma distruggono il **tessuto connettivo*** causando le rughe. È anche dimostrato che questi raggi causano tumore alla pelle.

In presenza di un'atmosfera sana, gran parte dell'irraggiamento UV viene assorbito dallo **strato di ozono** che si trova a ca. 30 km di quota, ovvero nella stratosfera. L'energia dell'irraggiamento divide la molecola esistente di ozono, composta da tre atomi di ossigeno (O_3) in una molecola di ossigeno (O_2) e un atomo radicale di ossigeno O. Il cosiddetto "compagno di scontro" favorisce a sua volta la formazione di ozono, poiché con il suo aiuto gli atomi di ossigeno radicali si trasformano in ozono con molecole di ossigeno. Con questo processo circolare la concentrazione di ozono nella stratosfera rimane più o meno costante, quantomeno fino a quando nessun'altra sostanza che distrugge l'ozono inquina lo strato protettivo.

L'energia necessaria per questo processo circolare è fornita dall'irraggiamento UV, che viene trasformato in calore da questa operazione. Ecco perché la temperatura aumenta nella zona dello strato di ozono.

Infrarossi area visibile UVA UVB



Bilancio di ozono nella stratosfera:

- Lo strato di ozono nella stratosfera tiene lontano l'irraggiamento UV dalla superficie terrestre mediante un processo chimico.
- È con questo processo che l'ozono viene abbattuto.
- Tramite compagni di scontro, si forma ossigeno libero (O) dall'abbattimento di ozono con molecole di ossigeno (O_2) presenti in ozono (O_3).
- La formazione e l'abbattimento dell'ozono sono in equilibrio, l'energia dell'irraggiamento UV viene trasformata in calore.

Per poter danneggiare lo strato di ozono, un refrigerante deve contenere **cloro** e deve avere una sufficiente stabilità nell'atmosfera. Ci vogliono circa 15-30 anni prima che le molecole del refrigerante possano raggiungere lo strato di ozono nella stratosfera dopo una emissione* e quindi per raggiungere l'area di influenza del forte irraggiamento UV. In questo modo si scompongono perfino legami stabili come i CFC. Anche i meno stabili H-CFC contengono cloro, ma dopo una emissione si scompongono nella troposfera fino a circa il 90-95%. In questo modo il cloro può esercitare la sua azione di assottigliamento dell'ozono solo in minima parte. Questo è il motivo per cui i refrigeranti H-CFC sono stati tollerati per 10 anni di più rispetto ai CFC.

Se nello strato di ozono si libera un atomo di cloro da una molecola di refrigerante a causa **dell'irraggiamento UV**, questo elemento che favorisce la reazione sottrae un atomo di ossigeno alla molecola di ozono più vicina e si legherà con questo a un **monossido di cloro**.

Il monossido di cloro non è un legame stabile. Se un atomo di ossigeno libero va nelle sue vicinanze, i due atomi di ossigeno si legheranno formando una molecola di ossigeno O_2 . In questo modo il cloro è di nuovo libero e può abbattere la successiva molecola di ozono. Il processo ha nuovamente inizio.

Il cloro contenuto nei refrigeranti CFC e H-CFC può favorire l'abbattimento dell'ozono in qualità di **catalizzatore*** in misura tale da togliere equilibrio alla struttura. Un singolo atomo di cloro può abbattere tra **10.000** e **100.000** molecole di ozono, dando luogo al minaccioso **assottigliamento dello strato di ozono**, che è diventato noto in tutto il mondo con l'espressione **il buco nell'ozono**.

Abbattimento dell'ozono da parte di CFC e H-CFC:

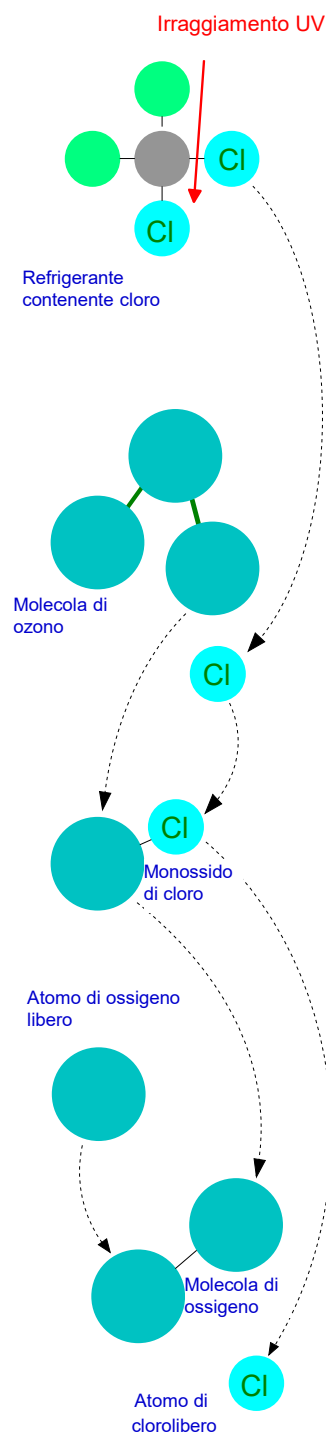
- La molecola stabile del refrigerante non può essere abbattuta dal normale irraggiamento solare, il cloro rimane legato.
- La molecola di refrigerante raggiunge lo strato di ozono nel giro di 15-30 anni, dove la molecola viene scomposta dall'irraggiamento UV.
- Il cloro liberato funge da catalizzatore per l'abbattimento dell'ozono.
- Con questa reazione a catena si verifica un forte assottigliamento dell'ozono, noto come "buco nell'ozono".

Poiché i refrigeranti a base di H-CFC sono meno stabili di quelli a base di CFC, questi abbattano lo strato di ozono circa 10-20 volte in meno: si disgregano in gran parte prima di raggiungere lo strato di ozono.

Di conseguenza oggi vengono ammessi solo refrigeranti che non contengono cloro e che quindi non possono danneggiare lo strato di ozono.

Il potenziale di abbattimento dell'ozono di un refrigerante moderno deve essere pari a "0"

Abbattimento dell'ozono dovuto al cloro:

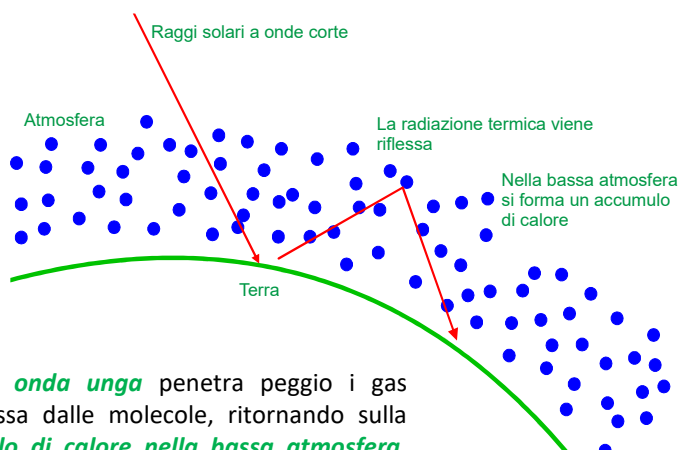


Per essere precisi si dovrebbe parlare di **potenziale di riscaldamento globale**. Poiché l'atmosfera presenta caratteristiche simili a una lastra di vetro relativamente alla permeabilità nei confronti dell'irraggiamento, si parla comunemente di **effetto serra**. Ogni gas che permane nell'atmosfera contribuisce al potenziale di riscaldamento, tuttavia con intensità diverse. L'effetto dell'ossigeno o dell'azoto è circa 8'000 volte minore di quello dell'anidride carbonica, mentre i refrigeranti noti, in base al gruppo, presentano effetti da 1'000 a 3'000 volte maggiori.

Il **potenziale effetto serra** dei gas naturali è quindi responsabile del fatto che la temperatura media della Terra sia di circa +15°C. Senza l'effetto serra questa temperatura scenderebbe a ca. -18°C. Quindi l'effetto serra è stato ed è tuttora importante per lo sviluppo dell'ecosistema, che nel corso di millenni ha subito costanti alterazioni della temperatura media legate all'ambiente. Queste alterazioni devono però verificarsi molto lentamente affinché l'ecosistema possa tenere il passo e reagire adeguatamente. Purtroppo però l'effetto serra ulteriore scatenato dall'uomo a causa degli scarichi industriali non lascia alcun tempo di reazione all'ecosistema. In quest'ultimo secolo la produzione di gas serra ha assunto proporzioni gigantesche in una sola generazione, tali da lasciare poco spazio di azione all'ecosistema per adattarsi in maniera naturale.

Funzione:

La luce solare a onde corte può penetrare senza problemi i gas atmosferici. I raggi vengono assorbiti dal terreno e da questo trasformati in **calore**. Il terreno riscaldato inizia ad emettere un irraggiamento termico a onda lunga.



Questo **irraggiamento termico a onda lunga** penetra peggio i gas atmosferici: una parte viene riflessa dalle molecole, ritornando sulla Terra. Ciò dà luogo a un **accumulo di calore nella bassa atmosfera**. Questo potenziale di riscaldamento è generalmente noto come effetto serra. L'intensità con cui un gas atmosferico riflette l'irraggiamento termico, contribuendo all'effetto serra, dipende principalmente da 3 fattori.

Da queste considerazioni si evince che ogni gas, durante il suo tempo di permanenza in atmosfera, provoca un effetto serra. Proprio in caso di legami meno stabili si deve prestare attenzione anche ai possibili effetti dei **prodotti di disgregazione** che si sviluppano.

Poiché ogni gas nell'atmosfera ha un effetto serra, rimane comunque importante che vengano intraprese misure per evitare inutili emissioni di refrigeranti nell'atmosfera.

Fattori che influenzano il potenziale serra di un gas:

1. Le dimensioni della molecola
2. Le sue "proprietà riflettenti"
3. Il tempo di permanenza in atmosfera

Il potenziale serra di un refrigerante moderno deve essere il più basso possibile.

Nell'ambito della frigotecnica, della climatizzazione e delle pompe di calore, le acque potrebbero essere inquinate da combustibili. Sia i **refrigeranti** che gli **oli per refrigeranti**, ma anche **mezzi secondari** utilizzati per la trasmissione del calore, possono danneggiare, distruggere o influenzare negativamente la riproduzione di organismi e piante che vivono nell'acqua. In particolare si devono osservare gli impianti che sono a contatto diretto con un bacino idrico (acque di superficie, acque di falda). Relativamente ai refrigeranti sussiste il pericolo di inquinamento delle acque solo in alcuni casi speciali, poiché questi normalmente sono sotto forma di gas con pressione dell'aria normale:

I combustibili refrigeranti e oli per refrigeranti non devono mai entrare in contatto con l'acqua.

Ammoniaca

L'ammoniaca si dissolve molto bene in acqua, molto meglio ad esempio dell'ossigeno o dell'anidride carbonica. È molto tossica sugli organismi acquatici e sui pesci. La solubilità dipende dalla temperatura e dalla pressione parziale dell'ammoniaca gassosa. Dall'**acqua di ammoniaca**, l'ammoniaca, a causa della sua più elevata pressione di vapore, evapora molto più rapidamente dell'acqua, per cui la concentrazione di ammoniaca in recipienti aperti si riduce con il tempo. Si manifesta così il pungente odore di ammoniaca. In caso di fuoriuscita di R717 da un impianto, questo si può sciogliere bene con acqua. La capacità di reazione sull'ambiente è tale che a seguito di perdite la nocività non supera le poche ore o al massimo una giornata.

Ammoniaca:

NH_3 / R 717

Derivati degli idrocarburi (derivati HC)

I refrigeranti di sicurezza che fuoriescono sul terreno possono pregiudicare l'acqua di superficie. I legami altamente fluorati vengono abbattuti da microorganismi in **veleni ambientali parzialmente tossici**. In base alle condizioni ambientali, queste sostanze possono non essere biologicamente abbattibili. Anche prodotti di decomposizione non tossici possono disturbare per la loro persistente* presenza.

Derivati HC:

- HFO
- H-FC
- H-CFC
- CFC

Idrocarburi (HC)

Gli idrocarburi si formano anche attraverso processi biologici di decomposizione ed esercitano una grande influenza sull'ambiente. Inoltre si abbattano in modo relativamente facile e rapido.

HC puri:

- Propano R290
- Isobutano R600a
- Propilene R1270

Mezzi secondari

Se la capacità del refrigerante deve essere ridotta o se vengono impiegati refrigeranti tossici e/o infiammabili, è possibile utilizzare un mezzo secondario per trasmettere il calore da e/o a un impianto frigorifero. I mezzi più utilizzati sono **acqua**, **acqua salina** (salamoia) **glicole etilenico**, **glicole propilenico** o **anidride carbonica**. Queste sostanze sono biologicamente facili da abbattere, e quindi non sono a lungo dannose. Anche l'anidride carbonica passa rapidamente dall'acqua all'aria, da cui è stata ricavata. Sul luogo di tali effetti si manifesta però a breve una superacidità. L'anidride carbonica è l'unico mezzo secondario con cui, tramite un'evaporazione parziale, è possibile utilizzare il calore latente. Nel caso di impianti con temperature di evaporazione superiori a 0°C, l'acqua è la migliore alternativa: non è tossica, presenta bassa reattività, non è infiammabile e inoltre presenta il più elevato valore c^* di tutti i mezzi secondari*. Più il punto di solidificazione è basso, minore sarà il valore c , e la corrente di massa necessaria aumenta di conseguenza.

Mezzi secondari:

- Acqua
Punto di solidificazione 0°C
- Glicole etilenico
Punto di solidificazione -12,9°C
- Glicole propilenico
Punto di solidificazione -59,6°C
- Anidride carbonica
Punto di solidificazione -78°C

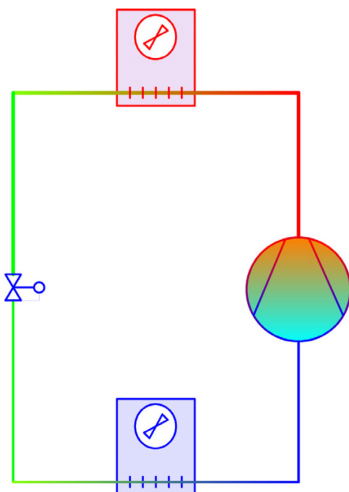
All'inizio della frigotecnica si utilizzava come refrigerante ciò che funzionava sempre. I refrigeranti non sempre sicuri della 1a generazione comportavano una serie di incidenti. Quando nel 1928 fu necessario sostituire l'ammoniaca e altre sostanze parzialmente tossiche o infiammabili, si prestò sempre più attenzione alla sicurezza: le nuove sostanze non dovevano essere né tossiche né infiammabili. Quindi con i **CFC** furono introdotte sostanze che decenni dopo avrebbero scatenato una delle più grandi discussioni ecologiche proprio a causa della loro stabilità. Pertanto nel 1992 fu necessario ampliare l'elenco delle proprietà auspicabili con le seguenti voci:



Proprietà ecologiche auspicabili:

- Minimo inquinamento ambientale dopo una emissione.
- Il potenziale di abbattimento dell'ozono deve essere pari a "0".
- L'effetto serra deve essere mantenuto al minimo.
- Biodegradabile rapidamente nell'ambiente in prodotti di decomposizione non critici.

Non deve però accadere che, concentrandosi sul comportamento ecologico, vengano trascurate altre caratteristiche, come ad esempio una buona **prestazione energetica**. Per poter garantire un funzionamento dell'impianto sicuro e impeccabile, una sostanza idonea utilizzata come refrigerante deve soddisfare alcuni requisiti anche dal punto di vista della frigotecnica:



Proprietà auspicabili in materia di frigotecnica:

- Stabile nell'impianto di refrigerazione a qualsiasi pressione e temperatura.
- Non deve reagire né con i materiali utilizzati nell'impianto né con l'olio refrigerante.
- Deve essere il più possibile non tossico e non combustibile.
- Deve presentare la massima entalpia di evaporazione*.
- Deve essere miscibile con l'olio per refrigerante utilizzato.
- Pressione di evaporazione non a vuoto.
- Pressione di condensazione non superiore a 40 bar.

Più le proprietà di un prodotto devono combinarsi tra loro, più si devono accettare dei **compromessi**. È evidente che alcuni dei requisiti delle due categorie sono addirittura in antitesi tra loro (si veda la freccia tra le due finestre delle proprietà). Affinché la pressione da parte di esponenti politici e pubblici sui refrigeranti non aumenti ulteriormente, da parte di chi esegue la progettazione, la costruzione dell'impianto e l'assistenza, devono essere adottate tutte le misure possibili per ridurre le emissioni.

L'effetto serra e il buco nell'ozono sono due termini oggi noti al pubblico. L'effetto serra basato sulla fisica, come pure la percentuale di ozono chimicamente ridotta, e il suo abbattimento tramite *catalizzatori** sono due fenomeni diversi che non hanno alcuna relazione tra loro. I refrigeranti impiegati nella frigotecnica possono però promuovere sia l'effetto serra nella *troposfera* che l'abbattimento dell'ozono nella *stratosfera*. Subito dopo un'emissione, ciascun refrigerante causa un effetto serra poiché si trattiene nell'atmosfera. Solo i refrigeranti contenenti *cloro* abbattano l'ozono, poiché sono abbastanza stabili da resistere per tutta la durata del viaggio che li porta fino allo strato di ozono, ovvero 15-30 anni.

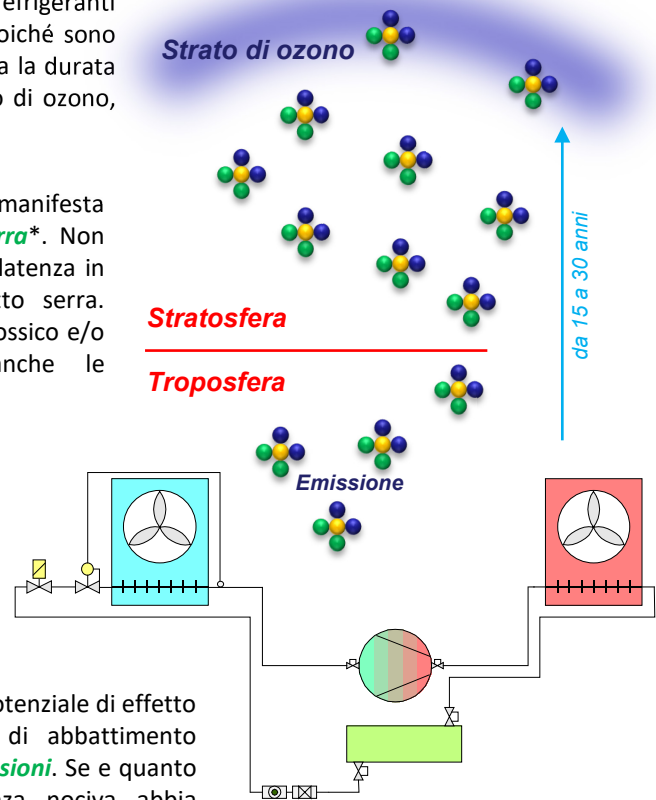
Dopo un'emissione* il refrigerante si manifesta nell'atmosfera anzitutto come *gas serra**. Non esiste alcun gas che con un tempo di latenza in atmosfera non provochi alcun effetto serra. Inoltre, se si tratta di un refrigerante tossico e/o infiammabile, occorre adottare anche le necessarie misure di sicurezza.

Con quale intensità un refrigerante contenente cloro abatterà lo strato di ozono nel tempo dipende soprattutto dal suo contenuto di cloro e dalla stabilità. I legami meno stabili si scompongono ben prima di raggiungere lo strato di ozono.

Anche nel caso di refrigeranti con un potenziale di effetto serra minimo e nessun potenziale di abbattimento dell'ozono *è necessario evitare le emissioni*. Se e quanto una sostanza liberata come sostanza nociva abbia effetto, dipende solo in parte dalle sue proprietà note. Effetti nocivi si osservano spesso solo dopo decenni.

Eseguito un montaggio a regola d'arte e un'assistenza professionale, è possibile individuare ed eliminare potenziali punti di perdita. La perdita di refrigerante *non deve essere considerata normale*, con questa opinione però qualsiasi motivazione relativa al miglioramento della qualità deve essere soffocata sul nascere. Anche se (solo da un punto di vista accademico) non può esistere un impianto assolutamente a tenuta, è però possibile costruire impianti che per tutta la loro durata utile non necessitano di rabbocchi di refrigerante, il che invece si osserva frequentemente.

- Ciascun refrigerante che dopo l'emissione si trattiene nell'atmosfera, provoca un effetto serra.
- I refrigeranti contenenti cloro abbattano l'ozono nella stratosfera.



Principi per la costruzione dell'impianto:

- Il sistema deve essere costruito il più possibile a tenuta, senza però ridurre la possibilità di eseguire diagnosi o assistenza.
- La quantità di refrigerante deve essere mantenuta alla giusta quantità, senza però ridurre le prestazioni dell'impianto in caso di condizioni di massima sollecitazione.
- Gli impianti con valvola di espansione regolatrice devono essere provvisti di accumulatore.

Ozone depletion potential

Potenziale di eliminazione dell'ozono

Sostanza di riferimento: R11

ODP

L'assottigliamento dell'ozono viene causato principalmente dal cloro. Il cloro però può raggiungere lo strato di ozono solo come componente di un legame stabile. Se questo legame viene disgregato dall'irraggiamento UV, il cloro viene liberato. Il potenziale di abbattimento dell'ozono da parte di una sostanza viene misurato basandosi sul derivato del metano R11 (R11 = ODP 1). Questo CFC si era molto diffuso nell'industria: come gas cellulare nelle schiume, nella pulizia come sgrassante, come gas propellente* nelle bombolette spray e infine come refrigerante. La sua stabilità ne impedisce un rapido abbattimento nell'atmosfera, per cui gran parte di un'emissione può raggiungere la stratosfera. La percentuale di cloro nella molecola comporta l'abbattimento dello strato di ozono.

Global warming potential

Potenziale di riscaldamento globale

Sostanza di riferimento: CO₂**GWP**

Qualsiasi gas che si trattiene in aria (atmosfera) causa un effetto serra. Questo è coresponsabile del fatto che sulla Terra possa esserci la vita. Senza effetto serra la temperatura media sulla Terra sarebbe di circa -18°C. Un effetto serra aggiuntivo causato dall'industria causa però un aumento della temperatura in tempi molto brevi. Ciò non lascia praticamente tempo di reagire alla natura (e all'uomo). Normalmente l'effetto serra si misura basandosi sul CO₂ (CO₂ = GWP 1). La sostanza R11 utilizzata in passato come sostanza di riferimento non deve essere più utilizzata. Oltre ad altri fattori, è principalmente il tempo di permanenza nell'atmosfera di un gas ad essere responsabile del suo effetto serra.

Total equivalent warming impactTotale impatto equivalente di riscaldamento Sostanza di riferimento: CO₂**TEWI**

Diversamente dal GWP, il TEWI non considera solo l'effetto serra diretto che si verifica con la liberazione di un gas. Il TEWI considera anche l'effetto serra indiretto, causato dalle cosiddette **emissioni secondarie**:

- Sviluppo
- Produzione
- Montaggio
- **emissioni dirette tramite materiali d'esercizio**
- Fabbisogno energetico per il funzionamento
- Abbattimento / smontaggio
- Smaltimento / riciclo

La tossicologia è la scienza che si occupa degli **effetti nocivi** delle sostanze sulla salute. Il termine "tossicologia" è composto dalle due parole greche "toxicon" (veleno) e "logos" (insegnamento). Le nuove conoscenze tossicologiche hanno spesso una grande e immediata risonanza. Al giorno d'oggi il timore di danni alla salute e all'ambiente dovuti alle sostanze chimiche è un tema molto discusso.

Proprio la necessità che i refrigeranti dopo un'emissione in atmosfera debbano abbattersi rapidamente, implica che vi sia un certo potenziale di pericolo per l'uomo, gli animali e le piante. Infatti i materiali che hanno questa proprietà interagiscono con altre sostanze (corpi) o tramite l'ausilio dell'energia. Sono poi infiammabili o provocano tossicità. Infatti le reazioni con il nostro organismo non sono di regola auspicabili. Al contempo sussiste anche il pericolo che tali refrigeranti si possano disgregare già all'interno del sistema refrigerante. I prodotti della disgregazione a loro volta danneggiano componenti o si legano con l'olio per refrigerante.

Effetto

La quantità, ovvero la **concentrazione** e la **durata dell'esposizione*** a una sostanza sono gli aspetti che hanno la maggiore influenza sul loro effetto nell'organismo. Ma anche la modalità con cui una sostanza penetra nella circolazione sanguigna ne influenza l'effetto. Tre principali tipi di esposizione e le relative **vie di assorbimento** delle sostanze sono rilevanti: Respirazione (inalazione), attraverso la pelle e attraverso la bocca (oralmente).

Assorbimento di sostanze:

- Respirazione (inalazione)
- Assunzione tramite bocca (oralmente)
- Assorbimento tramite pelle

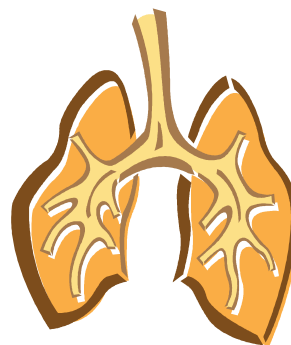
2.1

Assorbimento attraverso la respirazione

Attraverso la regolare respirazione siamo tutti esposti a sostanze gassose. Con circa 12 respiri al minuto e un volume di aria di circa 500 ml si ottiene un volume di aria al minuto di ca. 6 litri. In una normale giornata lavorativa di 8 ore si può quindi arrivare a inalare 2800 litri di aria: con un lavoro fisicamente pesante è possibile raggiungere un volume di 10m³ di aria per ogni giornata lavorativa.

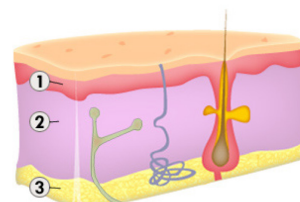
È possibile inalare **gas** e **vapori** come ad es. solventi organici, aerosol* di oli da taglio o da foratura nella lavorazione dei metalli, aerosol* da spray di vernici e polveri o fumo. Anche i refrigeranti o i prodotti di disgregazione penetrano nell'organismo attraverso la respirazione.

In base alla **grandezza delle particelle**, una parte della sostanza inalata si deposita nelle alte vie respiratorie. Con il movimento delle ciglia vibratili presenti nei bronchi, le particelle vengono spinte nuovamente verso l'alto ed eliminate con la tosse oppure assorbite nel tratto digerente tramite la deglutizione. Le particelle depositate possono essere dissolte e riassorbite* in base alla loro composizione. In determinate circostanze le particelle solubili molto pesanti possono rimanere molto a lungo nei tessuti polmonari (pneumoconiosi, broncopneumopatia cronica ostruttiva), che può portare a gravi danni del tessuto polmonare.



La particolarità della pelle rispetto a tutti gli altri organi è il suo **contatto diretto con l'ambiente**. Rappresenta pertanto una fondamentale barriera tra l'organismo e l'ambiente circostante. L'assorbimento di sostanze attraverso la pelle dipende anche dalla **dimensione molecolare** della sostanza che viene assorbita. Sono soprattutto le sostanze dalle dimensioni molecolari ridotte a penetrare nella pelle. Le molecole grandi, come i peptidi* e le proteine* non riescono a penetrare* la pelle sana. Anche la solubilità di una sostanza riveste un ruolo importante. Le sostanze idrosolubili penetrano* meno nella pelle rispetto a quelle liposolubili.

Le sostanze che entrano in contatto con la pelle vengono trattenute negli strati più esterni dell'**epidermide**. In parte vengono nuovamente eliminate con la naturale formazione di forfora e non provocano alcun danno all'organismo. Possono però anche penetrare lentamente sotto l'epidermide, nel derma, irrorato dal sangue. Una distribuzione in tutto l'organismo a seguito di esposizione* della cute ha luogo solo se la sostanza ha attraversato tutta l'epidermide ed è stata assorbita dai vasi sanguigni nel derma. Se la barriera cutanea è danneggiata da acidi o alcali (corrosione) o se la pelle è lesionata (tagli, bruciature) possono essere assorbite molecole più grandi, e la percentuale riassorbita* di una sostanza con molecole piccole aumenta notevolmente. Anche il pericolo di assorbire batteri e di rilasciarli direttamente nel circolo sanguigno aumenta notevolmente in caso di lesioni.



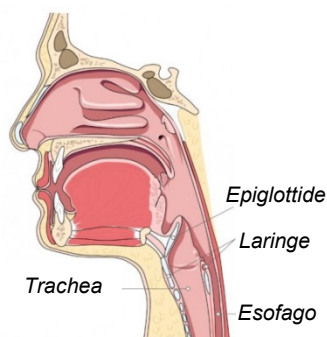
- 1 Epidermide
- 2 Derma
- 3 Ipoderma

Per i non esperti tra l'assorbimento di sostanze attraverso la bocca o la respirazione potrebbe non esserci una grande differenza, perché entrambe le vie passano dalla bocca. Solo attraverso la laringe, tramite l'epiglottide, viene stabilito se la sostanza finirà nello stomaco o nei polmoni.

Le sostanze possono essere assorbite attraverso gli **alimenti** oppure, inavvertitamente, attraverso le **mani sporche**, l'aspirazione di liquidi tramite pipette, ecc. L'assunzione orale è solitamente meno importante per l'esposizione* professionale.

Un primo riassorbimento* di sostanze (ad es. alcol) può verificarsi già attraverso le mucose orali e nello stomaco. L'area di riassorbimento più importante si trova tuttavia nell'intestino tenue, dove la sua superficie è notevolmente maggiore a causa della presenza dei villi.

Una particolarità dell'assorbimento orale di sostanze è che dopo il passaggio nell'intestino esse non vengono distribuite direttamente nell'organismo attraverso il sangue, bensì vengono prima trasportate nel fegato. Il **fegato** è l'organo metabolizzante* più importante ed è in grado di trasformare le sostanze prima della loro distribuzione nell'organismo attraverso il sangue. I prodotti di trasformazione possono avere proprietà più o meno tossiche* rispetto alla sostanza originaria. Ciò significa che una sostanza nell'organismo forma **diversi prodotti di trasformazione** in base alla via di assorbimento e quindi può avere effetti diversi.



In base alla via tramite la quale una sostanza tossica penetra nel nostro corpo, gli effetti possono essere i più svariati. Se subito dopo la sua azione si può osservare già una reazione, solitamente la diagnosi è semplice. Spesso però gli effetti sugli organi interni non si rilevano immediatamente. Il pericolo è che un'influenza dannosa non venga riconosciuta subito come tale. Pertanto è importante che tutte le persone che lavorano con sostanze che potrebbero rappresentare dei rischi, siano a conoscenza delle possibili manifestazioni.

Reazioni locali

Nell'esposizione professionale a sostanze (per lo più chimiche), gli effetti locali svolgono un ruolo importante. In primo piano ci sono gli effetti diretti, irritanti e corrosivi di sostanze su *pelle, occhi e vie aeree superiori*.

Reazioni locali:

In superficie, su pelle, occhi

La caratteristica di queste reazioni è che si manifestano subito dopo l'esposizione, che solitamente rimangono limitate all'area esposta e che dipendono molto dalla concentrazione. Più è alta la concentrazione più l'effetto irritante sarà intenso.

Le irritazioni della pelle possono limitarsi a un leggero arrossamento senza danni permanenti, mentre nei casi più gravi possono causare bolle e/o morte dei tessuti (necrosi). In questi casi quando la pelle guarisce restano delle cicatrici. La sostanza viene quindi definita "corrosiva". Le esposizioni degli occhi possono causare arrossamenti e gonfiore delle palpebre, effetti sull'iride od offuscamento della cornea*. Gli effetti sulle palpebre sono per lo più reversibili, gli offuscamenti della cornea possono provocare danni permanenti alla vista o la cecità completa. Grosse particelle di polvere o fumo possono causare irritazioni delle vie aeree superiori. In caso di polveri sottili che arrivano fino in profondità nei polmoni, le irritazioni possono manifestarsi fino negli alveoli. Possono manifestarsi tosse, respiro affannato, fino alla dispnea. In caso di deboli irritazioni croniche degli organi respiratori, si potrebbe verificare anche una insensibilità di tutto il tratto respiratorio, ad es. nei confronti dell'aria fredda, senza che vi sia esposizione verso la sostanza primaria. Tali effetti persistenti* possono comportare l'incapacità permanente al lavoro e pertanto sono molto importanti dal punto di vista della sicurezza.

Effetti sistemici

Se le sostanze penetrano nella circolazione sanguigna attraverso la *pelle*, i *polmoni* o a seguito di *ingestione* fino ad arrivare nell'area in cui sprigionano il proprio effetto (ad es. gli organi interni), si parla di effetto sistemico.

Effetto sistemico:

Sugli organi interni

Gli organi più colpiti in caso di effetto sistemico sono il fegato e i reni, in quanto sono organi escretori. I danni possono però manifestarsi anche in qualsiasi altro organo. In base all'organo colpito e alla reversibilità degli effetti, il disturbo dei normali meccanismi fisiologici* può essere più o meno importante.

I refrigeranti possono avere gli effetti più svariati. Indipendentemente dall'effetto tossico, se il refrigerante liquido viene a contatto con la pelle, causa un'ustione in base alla sua temperatura di evaporazione. *I refrigeranti di sicurezza* inalati sotto forma di vapori, oltre ad un *effetto ossigeno-dislocante* non hanno alcun effetto negativo sull'organismo. *L'ammoniaca* al contrario crea problemi già in piccole quantità, e ad elevate concentrazioni causa la morte. Tuttavia, a causa del suo sapore intenso la si nota facilmente. *L'anidride carbonica* altera permanentemente lo scambio gassoso osmotico nei polmoni.

Allergie

Le reazioni cutanee di tipo allergico, scatenate da sostanze sensibilizzanti, rientrano nell'ambito degli effetti puramente locali e sistemici. In caso di esposizione* locale, una sostanza, indipendentemente dalla sua tollerabilità locale, può essere considerata estranea dal sistema immunologico dell'epidermide*. Questa informazione viene inoltrata ai linfonodi più adiacenti tramite il sistema immunitario, e da lì distribuita in tutto l'organismo tramite specifiche cellule di memoria. La manifestazione di un'allergia da contatto dipende solo in parte dalla concentrazione. Lo scatenarsi di una reazione allergica a seguito di un contatto ripetuto con la stessa sostanza è in pratica indipendente dalla concentrazione. Le minime tracce della sostanza possono scatenare una reazione e, diversamente dall'irritazione, la reazione può estendersi anche oltre la mera superficie di esposizione. Una volta sviluppata un'allergia, questa si mantiene tale per tutta la vita. Tuttavia l'intensità può ridursi con l'età. Le sostanze che presentano un potenziale di allergia da contatto (sensibilizzanti) sono presenti in vari ambiti. Alcuni esempi: sostanze vegetali, prodotti di base delle materie plastiche (monomeri), metalli (nichel, cromo), conservanti nei cosmetici, vernici od oli industriali, ecc.

Valutazione degli effetti tossici

Gli effetti delle sostanze tossiche sul nostro organismo vengono esaminati al fine di individuare sintomi locali e sistemici, nonché la loro forma in cui si manifestano (acuta o cronica).

Con **prove acute** si simulano i possibili effetti dopo una breve esposizione, come nel caso di assunzione errata o incidente.

Con **prove croniche** a piccole dosi si indaga come si comporta l'organismo in caso di esposizione continuata.

Effetti dei refrigeranti

La **classificazione** dei refrigeranti in base al loro potenziale di pericolo è indicata con la lettera A o B, seguita dal numero 1, 2 o 3. Mentre la lettera indica gli effetti **cronici** (tossicità), la cifra indica i possibili effetti **acuti** attraverso l'infiammabilità:

Infiammabilità	velenosità / tossicità	
	minore	maggiore
non infiammabile	A1	B1
difficilmente infiammabile	A2L	B2L
scarsamente infiammabile	A2	B2
infiammabile	A3	B3

La suddivisione dei refrigeranti è riportata nella Tabella a pag. 37.

Effetti acuti:

- La causa e il sintomo si manifestano a breve distanza tra loro
- utilizzo unico
- manifestazione unica
- disturbi diretti
- decorso rapido
- rapido sviluppo
- breve durata

Effetti cronici:

- La causa e il sintomo si manifestano a lunga distanza tra loro
- processo ripetuto
- danni permanenti
- disturbi permanenti
- a lenta evoluzione
- lunga durata o
- azione continua

Evitare l'esposizione* alle sostanze nocive è sicuramente la migliore forma di protezione. Se ciò non è possibile, è necessario adottare misure che contribuiscano a mantenere l'esposizione al minimo. Ciò è possibile a diversi livelli. Conoscere le sostanze con cui si deve lavorare è un requisito essenziale. Solo in questo modo è possibile valutare il potenziale di pericolo e scegliere le giuste misure di sicurezza tra quelle disponibili :

Stato fisico-chimico della sostanza: L'inalazione di polveri è molto più limitata se la sostanza è presente in forma grossolana e granulare e non come polvere sottile (maggiore formazione di polvere). Quando si manipolano sostanze volatili è necessario tenere conto della temperatura di lavorazione. All'aumentare della temperatura aumentano anche la pressione del vapore e la concentrazione della sostanza per m³. L'esposizione aumenta.

Posto di lavoro: Le postazioni di lavoro devono essere pulite. Deve essere vietato portare alimenti sul posto di lavoro, per evitare contaminazioni* e/o scambi. Se si devono eseguire lavori al chiuso che prevedono lo sviluppo di polvere o gas, l'ambiente deve essere adeguatamente ventilato. L'aria deve scorrere via dall'operaio. L'aria presa dall'aria per la ventilazione deve essere posizionata in base alle sostanze utilizzate, ad es. a terra in caso di vapori pesanti, su tavoli o sul soffitto. Evitare se possibile l'esposizione a solventi. È importante anche lo stoccaggio delle sostanze chimiche.

Protezione individuale: I dispositivi di protezione individuale devono essere presenti e devono essere utilizzati. Indossare occhiali, indumenti e guanti protettivi può proteggere notevolmente dall'esposizione a sostanze chimiche: ad es. si può evitare che lo spruzzo di una sostanza liquida finisca negli occhi o sulla pelle. I materiali di cui sono fatti i guanti potrebbero essere permeabili a determinate sostanze, pertanto è molto importante scegliere il giusto tipo di guanti. È importante eseguire una pulizia accurata delle parti del corpo esposte, al termine del processo lavorativo, per evitare l'assorbimento di sostanze a lenta penetrazione. Tuttavia, lavarsi troppo spesso le mani può anche provocare un "danneggiamento" della naturale protezione cutanea. Trattare la pelle con una pomata adeguata al termine del lavoro, contribuisce a ripristinare più rapidamente la naturale protezione cutanea.

Scheda tecnica di sicurezza: All'utilizzatore professionale e industriale di sostanze e preparazioni pericolose deve essere consegnata una scheda tecnica di sicurezza.

Rispetto dei valori MAC La massima concentrazione sul posto di lavoro (MAC) è la massima concentrazione media ammessa di una sostanza in aria sotto forma di gas, vapore o polvere usata per lavoro che, secondo le attuali conoscenze, con un effetto durante un orario di lavoro di 8 ore al giorno fino a 42 ore settimanali anche per periodi più lunghi con numero elevato di dipendenti sul posto di lavoro non è pericolosa per la salute. I valori MAC vengono indicati per lo più in ppm (parti per milione) o mg/m³. In Svizzera i valori MAC vigenti vengono pubblicati dalla SUVA*.

Aerare bene:

- In caso di saldature
- Se si lavora con gas
- Se si lavora con colle e solventi

Sostanze chimiche:

- Chiaramente etichettate
- Conservate con cura
- Contrassegnate correttamente

Lavori a rischio (ad es. saldature):

Indossare indumenti protettivi come occhiali / guanti

Refrigeranti:

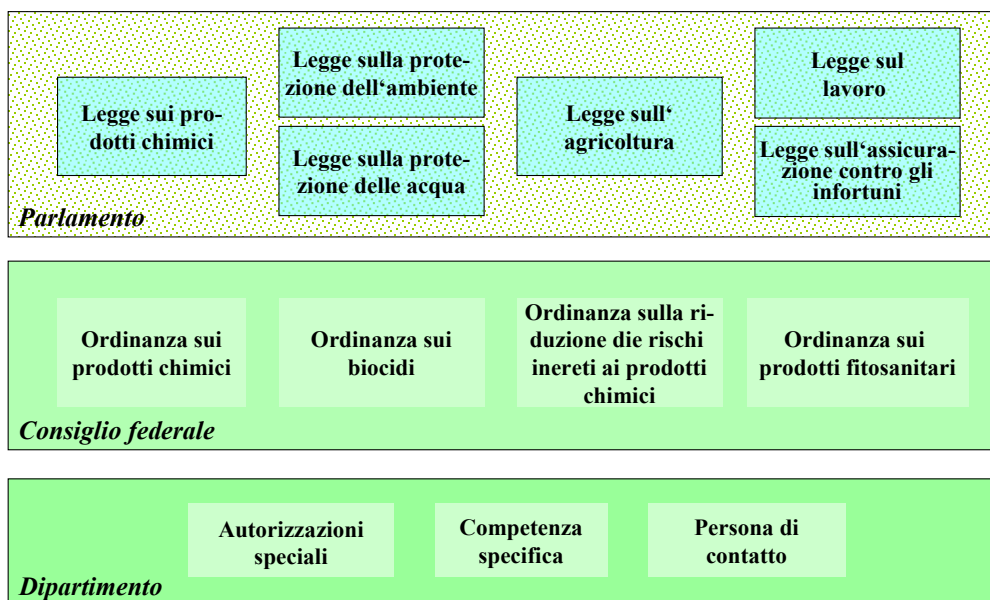
- Pericolo di ustioni dovuto a spruzzi di liquido
- Allontanamento dell'ossigeno

Valore MAC:

Massima concentrazione di sostanze nocive sul posto di lavoro

I numerosi principi giuridici relativi alle diverse autorizzazioni speciali si ritrovano in varie leggi e normative. È necessario conoscerli almeno a grandi linee, in modo da poter evitare conflitti con autorità o con la Polizia. Ciò vale in particolare per professionisti e persone in possesso di un'autorizzazione speciale.

**Utilizzo di prodotti chimici:
Norme importanti per la protezione dell'uomo e dell'ambiente**



In generale nella legge vengono stabiliti i principi più importanti, che vengono concretizzati in regolamenti che vi si basano. Nel caso delle sostanze chimiche, ci sono tre aree che devono essere tutelate da pericoli tramite tali regolamenti. La tutela della popolazione è regolata dalla legge sui prodotti chimici, la tutela dell'ambiente dalla legge sulla protezione dell'ambiente e la tutela dei lavoratori dalla legge sul lavoro e da quella sugli infortuni.

3.1

Legge sui prodotti chimici

(LPChim, SR 813.1)

Lo scopo della legge sui prodotti chimici è tutelare la vita e la salute delle persone dagli effetti nocivi di sostanze e preparazioni ("prodotti chimici"). La legge sui prodotti chimici (LPChim) stabilisce i requisiti di base da osservare nell'utilizzo dei prodotti chimici. Chi deve manipolare prodotti chimici, anche ad es. chi li produce, chi li mette in commercio, chi li immagazzina, chi li trasporta, utilizza o smaltisce, deve garantire che la vita e la salute delle persone non siano messe in pericolo. La legge viene concretizzata da diversi regolamenti.

Sono considerate pericolose sostanze e composti che possono pregiudicare la vita o la salute a causa del loro effetto fisico, chimico o tossico. Chi lavora con tali sostanze o composti, deve osservarne le proprietà pericolose e adottare le necessarie misure a tutela della vita e della salute. In particolare si devono osservare le informazioni della casa produttrice.

la LPChim prevede che la promozione (pubblicità) di sostanze con un potenziale pericoloso non può indurre a un errore relativo alla pericolosità o a un utilizzo inappropriato e considerato.

La legge sulla protezione dell'ambiente ha come scopo tutelare *l'uomo, gli animali, le piante* e le loro *comunità* e spazi vitali da effetti nocivi o sgradevoli, in particolare ha come scopo il mantenimento duraturo della diversità biologica e della fertilità del terreno.

In questo senso per "effetti" si intendono l'inquinamento dell'aria, il rumore, le vibrazioni, gli irraggiamenti, l'inquinamento delle acque, dei terreni, ecc. che possono verificarsi manipolando sostanze, organismi o rifiuti, oppure attraverso la coltivazione del terreno.

L'inquinamento dell'aria, il rumore, le vibrazioni e gli irraggiamenti vengono definiti *emissioni* quando provengono da impianti, mentre sul luogo in cui agiscono si definiscono *immissioni*.

L'inquinamento dell'aria è l'alterazione dello stato naturale dell'aria, attraverso fumo, fuliggine, polvere, gas, aerosol, vapori, *refrigeranti* o calore di scarico.

Due importanti principi della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) sono *il principio di prevenzione*: prevenire è meglio che curare ed è anche meno costoso (Art. 1 LPAmb), e *il principio della responsabilità*: chi causa danni ambientali deve sostenere i costi per porre rimedio a tali danni (Art. 2 LPAmb).

La legge viene concretizzata da diversi regolamenti: ad es. dall'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA), dall'Ordinanza contro il deterioramento del suolo (O suolo), dall'Ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR) e dall'Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim, che riunisce i divieti e le limitazioni delle sostanze chimiche).

La legge sulla protezione delle acque ha come obiettivo tutelare e preservare le acque come *spazio vitale naturale* di animali e piante, come *magazzino per l'acqua potabile* e come *parte integrante degli spazi ricreativi*. Di questi fanno parte sia le acque superficiali che l'acqua di falda. La legge sulla protezione delle acque (LPAc) vieta di apportare direttamente o indirettamente in acqua sostanze che potrebbero inquinarla e di lasciare che tali sostanze possano disperdersi. Vieta anche di depositare o spargere tali sostanze al di fuori di un bacino idrico se ciò potrebbe causare pericoli concreti di inquinamento dell'acqua (Art. 6).

La legge sul lavoro (LL), oltre a regolare la *tutela della salute sul posto di lavoro* (igiene sul lavoro ed ergonomia), regola gli *orari di lavoro*, gli *spazi lavorativi* e le loro *strutture*, le *vie di fuga* e altre questioni. Le ferie e la retribuzione sono faccende di diritto privato, e pertanto non sono oggetto della legge sul lavoro. Esse sono regolate nel Codice delle obbligazioni (SR 220). I regolamenti da 1 a 4 della legge sul lavoro (da SR 822.111 a SR 822.114) concretizzano la legge relativamente alle diverse aree tematiche. I requisiti per la tutela della salute vengono definiti nel Regolamento 3 relativo alla legge sul lavoro (LLV3, SR 822.113).

Per tutelare la salute del lavoratore, il *datore di lavoro* è obbligato ad adottare tutte le misure che secondo l'esperienza sono necessarie e secondo lo stato della tecnica sono applicabili e adeguate alle condizioni dell'azienda. Per la tutela della salute, il datore di lavoro deve formare i *lavoratori* per avere da questi la massima collaborazione. Essi sono tenuti a sostenere il datore di lavoro nell'esecuzione delle disposizioni relative alla tutela della salute.

La legge sugli infortuni (LAINF) è principalmente una *legge di previdenza sociale*, che regola il pagamento delle spese di cura ed altri eventuali risarcimenti (pensione, risarcimento di integrità) in caso di *infortuni* e *malattie professionali*. Inoltre la LAINF include un capitolo relativo alla sicurezza sul lavoro e sulla profilassi da seguire per evitare le malattie professionali. Questo capitolo viene concretizzato nel regolamento sulla prevenzione di infortuni e malattie professionali (regolamento sulla prevenzione degli infortuni, OPI, SR 832.30).

Secondo questa legge, sono *obbligati ad essere assicurati* i *lavoratori* occupati in Svizzera, compreso chi lavora da casa, gli apprendisti, i praticanti, i volontari, oltre alle persone attive in workshop di formazione o laboratori per disabili.

L'ordinanza sui prodotti chimici (OPChim) precisa in che modo devono essere valutati i *pericoli* e i *rischi* dovuti alle sostanze chimiche, e cita in particolare gli obblighi per la messa in commercio (commercializzazione). Prodotti e composti chimici pericolosi possono essere commercializzati solo se nell'ambito del controllo autonomo sono classificati, confezionati e denominati (etichetta, OPChim Art. 35-36) relativamente al loro potenziale di pericolo. Ulteriori informazioni al punto "Classificazione e denominazione". Per determinati prodotti chimici sussistono inoltre gli obblighi di comunicazione, registrazione o autorizzazione (organo di notifica per prodotti chimici www.bag.admin.ch/anmeldestelle). Requisiti generali per la commercializzazione di prodotti chimici (ad es. obbligo di informazione, scheda tecnica di sicurezza) oltre alla conservazione (stoccaggio) e utilizzo (Art. 70-83) sono altresì oggetto della OPChim).

Il fabbricante di prodotti chimici o il singolo rappresentante deve notificare la nuova sostanza presso l'organo di notifica, prima che questa possa/debba essere messa in commercio e utilizzata liberamente come sostanza pura, in un composto o in un oggetto in condizioni di utilizzo normali o prevedibilmente ragionevoli.

Le disposizioni sui singoli gruppi di sostanze o prodotti sono l'oggetto principale dell'ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici. Essa comprende le limitazioni e i divieti, come ad es. il divieto di usare amianto o mercurio. Queste limitazioni e divieti sono suddivisi in diverse appendici e costituiscono il contenuto principale di questa ordinanza.

Anche nella ORRPChim sono definite le attività (Art. 7) che possono essere svolte solo da persone o sotto la direzione di persone provviste della corrispondente *autorizzazione speciale*. Tutta la terza sezione dell'ORRPChim contiene le disposizioni generali per l'autorizzazione speciale, mentre i requisiti dettagliati sono concretizzati nell'ordinanza sui dipartimenti.

Dal 1° dicembre 2013 è *vietata* la messa in commercio (importazione e fornitura) di *impianti di climatizzazione, pompe di calore, impianti frigoriferi*, nell'industria o nel commercio, che contengono refrigeranti stabili in aria (in particolare *fluoroclorocarburi - HCFC*) e che superano determinate prestazioni di raffreddamento/riscaldamento.

Secondo la ORRPChim, l'UFAM può emanare un'autorizzazione eccezionale per un determinato impianto sulla base di una istanza dettagliata, se secondo lo stato della tecnica non è possibile rispettare le norme vigenti senza l'utilizzo di un refrigerante stabile in aria.

Prodotti chimici dannosi per l'ambiente e la salute vengono impiegati in numerose attività che richiedono un'autorizzazione speciale. Pertanto le persone che sono in possesso di una **autorizzazione speciale**, devono inoltre essere al corrente **dell'obbligo di fare appello a specialisti** ed assicurarsi, che l'azienda adempia a questi obblighi:

L'ordinanza relativa alla prevenzione degli infortuni esige che nelle aziende in cui vengono svolti lavori caratterizzati da "pericoli particolari", sussistano le necessarie conoscenze tecniche per garantire la tutela della salute e la sicurezza sul posto di lavoro. Se non è possibile garantire ciò, l'azienda deve ottenere da terzi le conoscenze mancanti, e diventa quindi soggetta all'"obbligo di fare appello a specialisti".

Dei sopra citati "pericoli particolari" fanno parte anche la manipolazione di prodotti con corrispondente denominazione di pericolo.

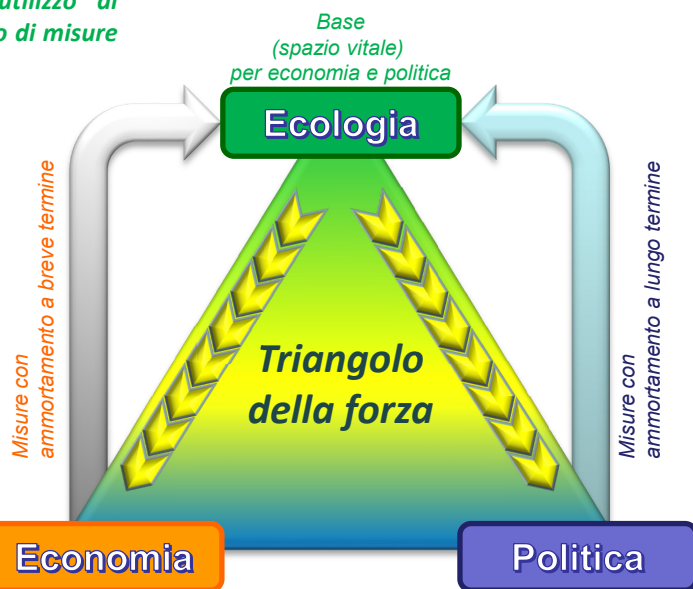
Misure per la tutela dell'ambiente

Le misure per la tutela dell'ambiente hanno un costo. L'economia di mercato è in grado di adottare misure adeguate con dinamica propria se la spesa aggiuntiva è ammortizzabile in un lasso di tempo utile. Gli investimenti vengono effettuati in base al tornaconto previsto. Quindi l'isolamento di un edificio si vende meglio se il proprietario può risparmiare a sufficienza sulle spese di riscaldamento. Ma se il periodo di ammortamento supera il lasso di tempo commercialmente utile, tocca alla politica permetterne la messa in atto con disposizioni corrispondenti.

L'autorizzazione speciale per l'utilizzo di sostanze refrigeranti è un esempio di misure adottate dalla politica.

Grazie alla disposizione, per tutti gli interessati valgono le stesse premesse. In questo modo si evita che possano essere offerte soluzioni meno costose e quindi peggiori.

Un altro esempio può essere l'introduzione su larga scala della tecnica dei motori EC: anche se, in termini di grado di efficienza, il tipo di trazione è largamente superiore al classico motore asincrono, essa è stata impiegata raramente (a causa dell'elevato investimento).



Poiché la politica ha imposto rigorose disposizioni energetiche per gli impianti di riscaldamento, i fabbricanti sono stati praticamente costretti a impiegare motori EC. In questo modo la tecnica in questo settore ha potuto consolidarsi. Ci sono anche compressori di refrigerante con tali motori.

La politica dei paesi industrializzati e sviluppati agirà in futuro sempre più allo scopo di consolidare sul mercato una tecnica migliore e più economica, anche se inizialmente più costosa.

Pericoli:**Prestare attenzione:****cautela, pericoloso**

Può irritare la pelle, scatenare allergie o eczemi, può causare sonnolenza. Può provocare avvelenamento dopo un solo contatto. Può danneggiare lo strato di ozono.

Evitare il contatto con la pelle. Utilizzare solo la quantità necessaria. Chiudere accuratamente dopo l'uso.

**altamente infiammabile**

Può infiammarsi per contatto con fiamme e scintille, per urti, sfregamento, riscaldamento, contatto con aria o acqua. In caso di stoccaggio non adeguato può auto-infiammarsi senza l'azione di agenti esterni.

Evitare fonti di innesco. Tenere a portata di mano adeguati mezzi di estinzione. Rispettare la temperatura di stoccaggio. Chiudere accuratamente dopo l'uso.

**comburente**

Può causare o accelerare incendi. In caso di incendio libera ossigeno e può per ciò essere estinto solo con mezzi speciali. Non è possibile soffocare le fiamme.

Conservare sempre lontano da materiali infiammabili. Tenere a portata di mano composti estinguenti idonei. Chiudere accuratamente dopo l'uso.

**esplosivo**

Può esplodere a contatto con fiamme o scintille, a seguito di urti, sfregamento o riscaldamento. In caso di stoccaggio errato può causare esplosioni senza l'intervento di agenti esterni.

L'utilizzo è consentito solo da parte di professionisti o personale istruito. Osservare la temperatura ambiente per lo stoccaggio e l'utilizzo. Chiudere accuratamente dopo l'uso.

**gas sotto pressione**

Contiene gas compressi, allo stato liquido o gas dissolti. I gas inodori o non visibili possono fuoriuscire senza essere notati. I contenitori con gas compressi possono esplodere a causa del calore o della deformazione.

Proteggere dall'irraggiamento solare, conservare in luoghi ben aerati (non in cantina). Chiudere accuratamente dopo l'uso.

**pericoloso per le acque**

Può danneggiare organismi acquatici come pesci, insetti acquatici e piante acquatiche già in minime concentrazioni in maniera acuta o con effetti a lungo termine.

Osservare le avvertenze sui pericoli e sulla sicurezza riportate sull'etichetta, seguire le istruzioni e le indicazioni di dosaggio.

**azione corrosiva**

Può causare gravi corrosioni sulla cute e danni oculari. Può sciogliere determinati materiali. È dannoso per l'uomo, gli animali, le piante e materiali organici di qualsiasi tipo.

Durante la manipolazione indossare sempre guanti e occhiali protettivi. Chiudere accuratamente dopo l'uso.

**dannoso per la salute**

Può danneggiare determinati organi. Può seriamente pregiudicare la salute, causare tumori, incidere sul patrimonio ereditario o sulla fertilità. In caso di penetrazione nelle vie aeree può essere letale.

Non assumere mai, evitare qualsiasi contatto non necessario, considerare danni a lungo termine. Chiudere accuratamente dopo l'uso.

**altamente tossico**

Anche in piccole quantità può causare gravi avvelenamenti e causare la morte.

Utilizzare con la massima cautela. Utilizzare dispositivi protettivi come indumenti e maschere protettive. Escludere pericoli a estranei. Chiudere accuratamente dopo l'uso.



Il fabbricante o il distributore di una nuova sostanza deve farla registrare presso l'organo di notifica. L'autorizzazione alla vendita viene concessa quando è possibile garantire che i metodi di test sono sufficienti e hanno prodotto risultati validi.

La **scheda tecnica di sicurezza** è necessaria se una sostanza può rappresentare un pericolo. Questa scheda deve essere fornita alla prima commercializzazione della sostanza e su richiesta anche successivamente.

Una descrizione accettabile deve essere univoca, non può contenere indicazioni né riduttive né false.

In Svizzera è possibile vendere un prodotto chimico se:

- I test si sono conclusi con esito positivo.
- È stata redatta una scheda tecnica di sicurezza.
- È presente una descrizione corretta.
- È presente una confezione adeguata con denominazione idonea.
- La sostanza soddisfa lo stato della scienza e della tecnica.

Le autorità cantionali sono responsabili dell'applicazione delle disposizioni secondo l'ORRPChim.

L'**Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP)** è responsabile per la tutela della vita e della salute delle persone. L'ufficio, insieme ai cantoni, è responsabile della salute della popolazione svizzera e per lo sviluppo della politica sanitaria nazionale. Inoltre l'UFSP rappresenta la Svizzera in tematiche relative alla salute in organizzazioni internazionali e nei confronti di altri stati.

L'**Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)** regola tutte le tematiche di tutela ambientale e di tutela indiretta dell'uomo. La sua responsabilità è garantire l'utilizzo sostenibile delle risorse naturali come suolo, acqua, aria e foreste. È responsabile della tutela contro pericoli per la natura, tutela l'ambiente e la salute dell'uomo da inquinamento eccessivo, sostiene il mantenimento della biodiversità ed è responsabile per la politica ambientale internazionale. L'autorizzazione speciale per l'utilizzo di refrigeranti è stata elaborata da questo ente, con la collaborazione di un comitato per autorizzazioni speciali. In questo comitato, oltre agli enti, erano rappresentati anche distributori e fabbricanti di prodotti contenenti refrigeranti.

L'**ufficio federale dell'energia (UFE)** è il centro di competenza in materia di approvvigionamento e di impiego dell'energia in seno al Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Il **Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC)** è competente per l'"Autorizzazione speciale per l'utilizzazione di prodotti refrigeranti".

La **Segreteria di stato dell'economia (SECO)** è il centro di competenza della Confederazione per tutte le questioni di politica economica. Il suo obiettivo è provvedere a una crescita sostenibile dell'economia. A tal fine essa contribuisce a creare le necessarie condizioni quadro sia a livello di ordinamento politico sia di politica economica.

L'**Istituto nazionale svizzero di assicurazione contro gli infortuni (Suva)** è un ente autonomo di diritto pubblico. È il più grande ente di assicurazione obbligatoria contro gli infortuni in Svizzera. La SUVA è tra l'altro incaricata di elaborare delle linee guida per la manipolazione di sostanze chimiche pericolose.

L'**Associazione svizzera della tecnica del freddo (ASF)** cura gli interessi del settore della frigotecnica e tiene i rapporti tra gli enti e il settore commerciale. Si dedica alla formazione e all'educazione di professionisti.

Enti e associazioni:

- Cantoni
- UFSP
- UFAM
- UFE
- DATEC
- SECO
- Suva
- ASF

4

Tutela della salute

Il datore di lavoro deve anzitutto adottare tutte le misure possibili per la prevenzione o la riduzione di pericoli legati alla salute o agli infortuni per i suoi dipendenti. Ciò significa che le condizioni di lavoro chimiche, fisiche, biologiche, ergonomiche e psicosociali devono essere realizzate in modo tale che le persone non si ammalinino nemmeno nel lungo periodo. Tuttavia, quando sussiste un pericolo, devono essere messi a disposizione gratuitamente dispositivi di protezione individuali, e i dipendenti devono essere istruiti sul loro uso.

I necessari dispositivi di protezione devono essere presenti e devono essere utilizzati.

4.1

Primo soccorso

Per poter garantire un primo soccorso, devono essere disponibili i mezzi necessari a seconda dei pericoli presenti in azienda. La dotazione di primo soccorso deve essere facilmente raggiungibile e deve essere conservata dove le condizioni di lavoro lo richiedono. Si consiglia di tenere nello stesso luogo e a portata visibile le attuali *schede tecniche di sicurezza** (STS) dei prodotti chimici utilizzati in azienda.



4.2

Pianificazione delle emergenze

L'azienda deve garantire l'esistenza di una pianificazione delle emergenze ben funzionante, che deve essere conosciuta da tutti i dipendenti. La pianificazione delle emergenze deve essere verificata periodicamente ed eventualmente deve essere adattata alle condizioni modificate.



4.3

Lavorare da soli

Le persone che lavorano da sole sono soggette a particolari pericoli e a un maggiore rischio di infortuni a causa di ulteriori sollecitazioni fisiche, intellettive e psicologiche. A seguito di un infortunio non è presente un soccorso tempestivo, oppure arriva con ritardo. Pertanto vale il principio secondo il quale lavorare da soli non è consentito se il lavoro può comportare lesioni che richiedono l'immediato soccorso di una seconda persona. Deve essere garantita la presenza delle necessarie qualifiche (ad es. un'autorizzazione speciale) per l'esecuzione del lavoro corrispondente.



4.4

Giovani

I giovani lavoratori devono essere tutelati. Anzitutto, perché relativamente alla loro età alcuni lavori possono essere più faticosi. In secondo luogo, spesso frequentano una scuola, il che deve essere tenuto in considerazione per la ripartizione del lavoro. Terzo, è importante tutelare il loro sviluppo fisico, sociale e psicologico da influssi nocivi.



4.5

Novità sul posto di lavoro

Il datore di lavoro deve assicurarsi che tutti i lavoratori siano informati sui possibili pericoli relativi alle loro attività. Devono conoscere le necessarie misure di prevenzione. Queste informazioni e istruzioni devono essere trasmesse al momento dell'assunzione e per ogni modifica essenziale delle condizioni di lavoro, e se necessario devono essere ripetute. Per eseguire lavori con elevato potenziale di pericolo occorre istruire gli interessati su come manipolare utensili speciali. I nuovi arrivati corrono il doppio dei rischi di infortuni rispetto ai dipendenti esperti.

Un serio inserimento al lavoro previene gli infortuni.

4.6

Posti di lavoro non fissi

In caso di posti di lavoro non fissi è particolarmente importante avere una pianificazione delle emergenze bene organizzata e nota a tutti e avere a disposizione misure di primo soccorso funzionanti e personale istruito. Solo in questo modo è possibile essere tempestivamente di aiuto in caso di emergenza.

In caso di posti di lavoro temporanei della durata di più giorni o mesi, si consiglia di realizzare un'officina mobile e di mantenere l'ordine. Tale spazio deve essere chiuso a chiave al termine del lavoro. Il pericolo di infortuni si riduce se la postazione di lavoro è organizzata in base all'incarico da svolgere e gli ausili necessari sono disponibili.



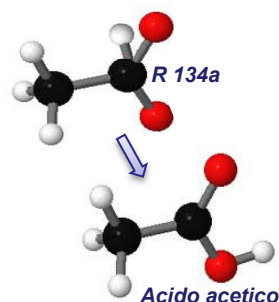
4.7

Mezzi di lavoro, macchine e utensili

I mezzi di lavoro, le macchine e gli utensili devono essere utilizzati a regola d'arte. In particolare devono essere utilizzati solo per i lavori e per i luoghi per cui sono idonei. Osservare le indicazioni del fabbricante relative all'utilizzo delle attrezzature di lavoro (istruzioni operative, dichiarazione di conformità, ecc.). Se le attrezzature di lavoro vengono sensibilmente modificate o utilizzate per scopi diversi da quelli previsti dal fabbricante o non a regola d'arte, i nuovi rischi devono essere ridotti in modo tale da garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori. Inoltre le attrezzature di lavoro devono essere tenute in buono stato di funzionamento secondo le indicazioni del fabbricante. Occorre quindi tenere conto della rispettiva destinazione d'uso e luogo di utilizzo. È necessario documentare la manutenzione



- I refrigeranti infiammabili (ad es. R290 o R600a) rappresentano un pericolo di incendio ed esplosione. Si deve impedire la formazione di un'atmosfera a rischio di esplosione con un'adeguata aerazione. Nelle aree a rischio di esplosione si devono evitare fonti di innesco.
- Esistono prodotti refrigeranti che hanno un'azione tossica sull'uomo (ad es. l'ammoniaca). Occorre prestare attenzione anche a possibili prodotti di disgregazione (ad es. durante la saldatura in spazi contaminati).
- Spruzzi di refrigerante liquido sulla pelle sottraggono calore in maniera aggressiva alla pelle stessa. La lesione che ne deriva equivale a un'ustione.
- Quando si lavora con prodotti chimici non tossici, occorre tenere presente che in determinate fasi di lavoro si possono formare prodotti di disgregazione tossici. Ad esempio in caso di fumo, saldatura o brasatura in un'ambiente contaminato da refrigerante contenente cloro, si forma il tossico fosgene, usato nella prima guerra mondiale come gas tossico. Anche i prodotti di disgregazione da derivati fluorati sono tossici e non devono essere assolutamente inalati.
- Alcuni refrigeranti hanno un effetto leggermente inebriante. Pertanto in caso di carenza di ossigeno può venire a mancare l'istinto all'autosoccorso.
- L'effetto di privazione dell'ossigeno deve essere tenuto in considerazione anche in caso di refrigeranti non tossici. I refrigeranti con densità maggiore di quella dell'aria presentano un pericolo di soffocamento senza che la mancanza di ossigeno venga percepita.
- I titolari di autorizzazione speciale lavorano spesso per anni con sostanze dannose per la salute. Egli devono essere consapevoli che senza misure cautelative si possono manifestare danni a lungo termine.
- Le persone che manipolano prodotti chimici devono essere a conoscenza dei loro pericoli e devono osservare i simboli di pericolo, le indicazioni sui rischi e sulla sicurezza riportati sulla confezione. Prima del primo utilizzo si deve leggere la scheda tecnica di sicurezza (STS).
- Le confezioni vuote e i residui dei prodotti chimici devono essere smaltiti nel rispetto delle normative.
- Garantire una conservazione sicura dei prodotti chimici: aree di conservazione che si possono chiudere a chiave e correttamente contrassegnate, aerazione, protezione antincendio, divieti di stoccaggio comune (reazioni pericolose), divieto di portare alimenti, mangimi o farmaci nelle vicinanze, escludere confusioni con alimenti, ecc.
- Dopo l'utilizzo di prodotti chimici in spazi chiusi, osservare un tempo di attesa consono a far sì che le sostanze nocive per la salute possano evaporare. Aerare bene i locali prima di entrarvi nuovamente. Spesso quando si applicano prodotti chimici è prescritto indossare i dispositivi di protezione individuale (DPI). Dopo l'utilizzo essi devono essere adeguatamente puliti e riposti.



5

Prodotti refrigeranti

Gran parte dei refrigeranti utilizzati negli impianti moderni si basa su idrocarburi naturali (metano, etano, propano). Sostituendo l'idrogeno con il fluoro (e in precedenza con il cloro) si ottiene la famiglia dei refrigeranti sintetici.

Gli impianti con una capacità superiore a 3 kg di refrigerante stabile in aria devono essere notificati. Deve essere prodotta una scheda di assistenza. La futura messa fuori servizio è anche soggetta all'obbligo di notifica.

Idrocarburi

Gli idrocarburi sono sostanze naturali e combustibili che possono essere utilizzati come refrigeranti con una buona efficienza. Attenzione: Osservare le disposizioni di sicurezza.

HC

ODP: no da osservare: infiammabile
GWP: trascurabile nuovi impianti: consentito

Prodotti refrigeranti naturali

Idro-fluoro-olefine

Le HFO sono costituite degli stessi elementi degli H-CFC. Tuttavia, con un doppio legame nella molecola sono più instabili e quindi producono un GWP minore. Possono essere infiammabili.

HFO

ODP: no da osservare: notifica obbligatoria
GWP: molto basso nuovi impianti: consentito

Prodotti refrigeranti parzialmente alogenati

Fluorocarburi idrogenati

Il fluoro alogeno* sostituisce una parte dell'idrogeno nella molecola dell'idrocarburo. I refrigeranti parzialmente alogenati hanno un GWP maggiore e sono spesso ininfiammabili.

H-FC

ODP: no da osservare: notifica obbligatoria
GWP: elevato nuovi impianti: parzialmente vietati

Prodotti refrigeranti parzialmente alogenati

Clorofluorocarburi idrogenati

Oltre che con il fluoro, si può alogenare anche con il cloro, con il risultato di ottenere un ODP. Una parte dell'idrogeno originario resta nella molecola. Si trova solo in impianti già esistenti.

H-CFC

ODP: sì da osservare: ammesso solo in impianti già funzionanti
GWP: elevato nuovi impianti: vietati

Prodotti refrigeranti parzialmente alogenati

Fluoroclorocarburi

Tutta la parte di idrogeno viene sostituita dal cloro e dal fluoro alogeni, dando luogo a una molecola stabile. In questo modo si ottengono però valori ODP e GWP elevati.

CFC

ODP: sì da osservare: ammesso solo in impianti già funzionanti
GWP: molto elevato nuovi impianti: vietati

Prodotti refrigeranti completamente alogenati

Le informazioni relative alla procedura di notifica sono disponibili in Internet. Guida: "Autorizzazione di impianti con refrigeranti stabili in aria".

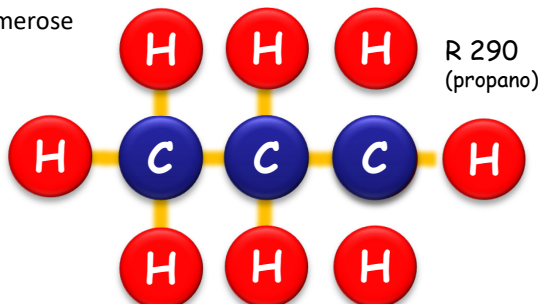
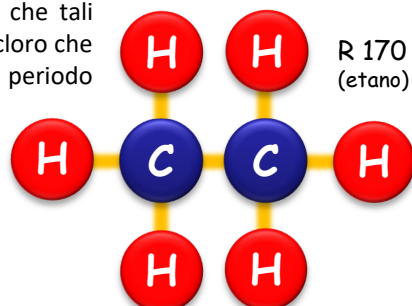
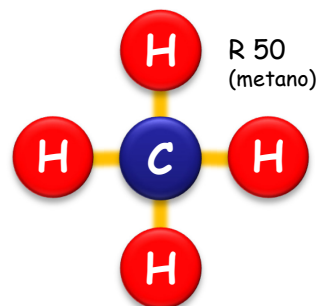
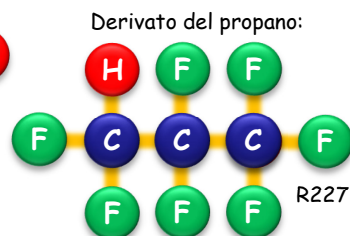
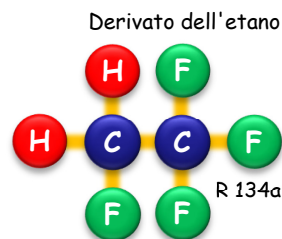
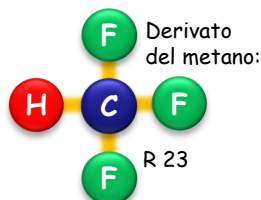
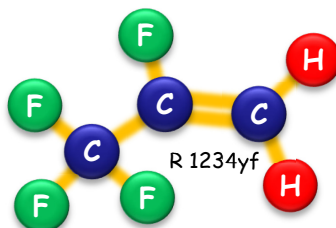
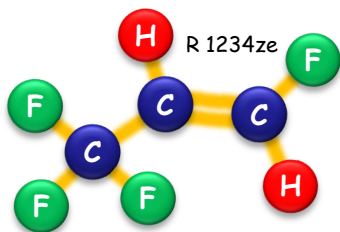
Nel 1928 si cercò una base per sviluppare nuove sostanze idonee come refrigeranti. All'epoca si volevano eliminare soprattutto i refrigeranti tossici e infiammabili. Durante gli esperimenti si scoprì che l'idrogeno negli idrocarburi come metano, etano o propano si poteva sostituire bene con elementi della famiglia degli alogeni*. In questo modo l'infiammabilità della molecola si riduce, aumentando al contempo il punto di evaporazione.

Se una parte dell'idrogeno viene sostituita dall'alogeno, si parla di un **refrigerante parzialmente alogenato**. Se tutto l'idrogeno viene sostituito dall'alogeno, si parla di un **refrigerante completamente alogenato**. Questi legami molto stabili sono stati utilizzati a partire dal 1930, perché all'epoca il termine "stabilità" significava anche **sicurezza**. Tuttavia da un lato è proprio a questa stabilità che tali sostanze devono il loro elevato potenziale serra, dall'altro il cloro che abbatta l'ozono viene trasportato nella stratosfera per un periodo anche superiore a 30 anni.

Sono soprattutto il fluoro e il cloro ad essere idrogenati. In base alla sostanza di partenza si parla dunque di un **derivato del metano, dell'etano o del propano***. Da quando è stato possibile dimostrare l'effetto di abbattimento dell'ozono per azione del cloro, si alogenizza praticamente solo con il fluoro. Ciò ha ridotto drasticamente il numero dei possibili derivati, e questo è il motivo per cui oggi si trovano sul mercato numerose miscele di refrigeranti.

In questo modo è possibile produrre una serie di derivati basati su metano, etano o propano. Più l'idrocarburo contiene idrogeno, più è realizzabile un numero elevato di derivati. Poiché, oltre a quelli citati, ci sono molti altri idrocarburi, sono possibili altri legami.

Vengono utilizzati sempre doppi legami con l'obiettivo di ottenere meno stabilità (e quindi un abbattimento più rapido dopo una emissione --> GWP più basso) Lavorare in maniera accurata garantisce però una sufficiente stabilità nel circuito del freddo.



Tutti questi legami non sono tossici, però in caso di combustione incontrollata possono produrre prodotti di disgregazione.

Ciascun produttore può immettere sul mercato i propri refrigeranti con i propri nomi. Le sostanze impiegate frequentemente vengono proposte con diverse denominazioni, a seconda del produttore. Non è quindi facile avere chiara la situazione e saper scegliere tra sostanze uguali o simili. Tuttavia esiste un'alternativa riconosciuta a livello internazionale per queste denominazioni proprie dei fabbricanti: la cosiddetta **denominazione ASHRAE***, che si è consolidata come standard per le denominazioni dei refrigeranti. Se possibile devono essere utilizzate solo queste denominazioni. In questo modo è possibile evitare fraintendimenti perché la denominazione ASHRAE è indipendente dal fabbricante.

Refrigerante

Una denominazione ASHRAE si riconosce dal fatto che è sempre preceduta dalla "R".

Si consiglia di utilizzare solo queste denominazioni.

R

4° cifra = numero di doppi legami

Se la molecola non ha nessun doppio legame, si utilizza lo 0. Gli zero iniziali non vengono scritti. Tutte le denominazioni con 2 o 3 cifre sono legami semplici.

a

4° cifra da destra

3° cifra + 1 = numero di atomi di carbonio

Se la molecola ha solo un atomo di carbonio, questa cifra è 0. Gli zero iniziali non vengono scritti. Tutte le denominazioni con due cifre sono quindi derivati del metano.

b

3° cifra da destra

2° cifra - 1 = numero di atomi di idrogeno

Le molecole prive di idrogeno vengono contrassegnate con la cifra 1. In questo modo si esclude che questa cifra sia 0. Più la cifra è elevata, più la molecola è combustibile.

c

2° cifra da destra

1° cifra = quantità di fluoro

Il contenuto di cloro non viene indicato direttamente, si ottiene contando il numero di "braccia" ancora libere della molecola, e quindi si stabilisce con un processo di esclusione.

d

1° cifra da destra

Disposizione degli atomi attorno al nucleo C

Alla denominazione numerica possono seguire una o due **lettere minuscole**. Esse indicano la disposizione degli atomi attorno al nucleo di carbonio. Vengono assegnate senza seguire alcuna logica. Attenzione: nelle miscele di refrigeranti la **lettera maiuscola** mostra la distribuzione percentuale dei componenti della miscela.

Appendice

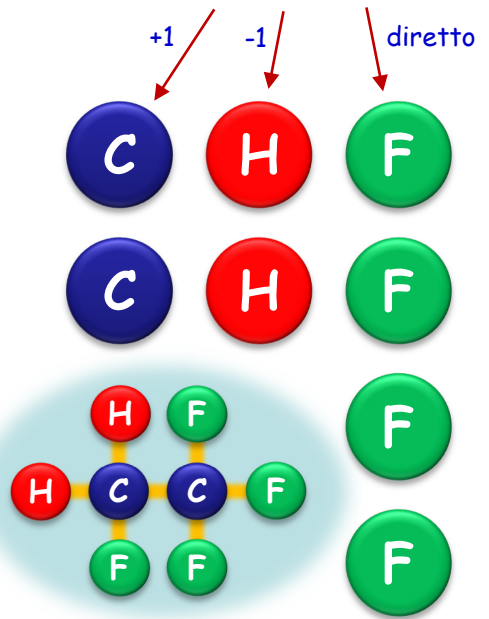
Nota: Le cifre sono da considerare da destra a sinistra (p.es. 1. cifra = **1. cifra da destra** = quantità di fluoro).

Esempio:

R 134a

Nell'esempio di R134a viene mostrato in che modo si arriva alla formula strutturale partendo dalla denominazione ASHRAE. La chiave ASHRAE si riferisce a derivati del metano, dell'etano o del propano. Il carbonio è sempre nel nucleo della molecola. Poiché i legami con il carbonio sono alla base della chimica organica, tutti i refrigeranti del gruppo HC, H-FC, H-CFC, CFC e HFO sono organici.

Grazie alla logica della denominazione è possibile analizzare ciascun **refrigerante** organico sulla base dei suoi **componenti** e assegnarli ai relativi gruppi di appartenenza. In questo modo è anche possibile valutare se il refrigerante selezionato consente e rappresenta una soluzione ragionevole per la destinazione d'uso.



Riepilogo dei refrigeranti organici:

Il refrigerante contiene solo carbonio e idrogeno:

- Si tratta di un refrigerante **HC**
- Buona alternativa con basso GWP e ODP pari a zero
- Osservare le disposizioni di sicurezza: Gli HC sono infiammabili

- Basso GWP
- Nessun ODP
- Infiammabile

naturale

Il refrigerante contiene carbonio, idrogeno, fluoro e uno o più doppi legami:

- Si tratta di un refrigerante **HFO**
- Alternativa moderna senza ODP e basso GWP
- Osservare le disposizioni di sicurezza: Gli HFO possono infiammarsi

- Basso GWP
- Nessun ODP
- Per lo più difficilmente infiammabile (A2L)

sintetico

Il refrigerante contiene carbonio, idrogeno e fluoro:

- Si tratta di un refrigerante **H-FC**
- Refrigerante senza ODP ma con GWP elevato
- Parzialmente vietato

- Elevato GWP
- Nessun ODP
- Per lo più non infiammabile (A1)

sintetico

Il refrigerante contiene carbonio, idrogeno, fluoro e cloro:

- Si tratta di un refrigerante **H-CFC**
- Presente solo in impianti già esistenti, altrimenti il suo uso è vietato.
- Non più sul mercato

- Elevato GWP
- Basso ODP
- Oggi è vietato

sintetico

Il refrigerante contiene carbonio, fluoro e cloro:

- Si tratta di un refrigerante **CFC**
- Presente solo in impianti già esistenti, altrimenti il suo uso è vietato.
- Non più sul mercato

- Elevato GWP
- Elevato ODP
- Oggi è vietato

sintetico

Dal punto di vista ecologico gli idrocarburi naturali e puri sarebbero ideali come refrigeranti. Dati fisici non idonei per ogni caso e la loro infiammabilità hanno portato ai derivati. Oggi l'alogenazione è possibile solo con il fluoro. Pertanto sul mercato, rispetto al passato, si trova un numero molto più ridotto di composti sintetici autorizzati.

Ciò ha fatto sì che da un lato venissero testate altre sostanze, non organiche, per verificarne l'idoneità all'uso come refrigeranti, e dall'altro i refrigeranti organici noti e consentiti fossero sul mercato in miscele con nomi nuovi. Il punto di evaporazione si raggiunge miscelando fino a quattro refrigeranti monosostanza*. Per tali miscele di refrigeranti è stato introdotto il **gruppo 400**. Sono possibili adattamenti spostando la quota percentuale di miscela. Le miscele degli stessi refrigeranti vengono però denominate con numeri identici a distribuzioni percentuali diverse. La differenza è data dall'aggiunta di una lettera maiuscola.

Al momento dell'evaporazione, le miscele di fluidi con diverse temperature di evaporazione tendono a separarsi o a liquefarsi, perché un fluido inizia a evaporare o a separarsi dagli altri. In questo caso si parla di un comportamento **zeotropico**. La differenza del punto di evaporazione dal componente con evaporazione più elevata a quello con evaporazione più bassa si chiama **glide (intervallo di temperatura)**.

Ecco perché tali miscele **devono essere inserite nell'impianto in forma liquida**, il che rende necessario il montaggio di un **rubinetto di riempimento** dopo l'accumulatore per proteggere il compressore. Il riempimento durante la fase di evaporazione è consentito solo se tutto il contenuto del recipiente viene usato o se prima è stata utilizzata una **bombola di riempimento** con la corretta quantità.

In casi particolari è possibile che la miscela di due refrigeranti monosostanza con diversa temperatura di evaporazione porti tuttavia a un punto di evaporazione comune. Il glide sarebbe in tal caso pari a 0. Tali miscele vengono definite **azeotropiche***, e sono inserite nel **gruppo 500**.

Poiché non si presenta alcuno scarto di evaporazione, tali refrigeranti devono essere trattati come un refrigerante monosostanza. Le miscele azeotropiche sono molto più rare di quelle zeotropiche. Infatti attualmente si trovano molte miscele del gruppo 400 ma poche del gruppo 500. I refrigeranti del gruppo 400 vengono anche definiti quasi azeotropici.

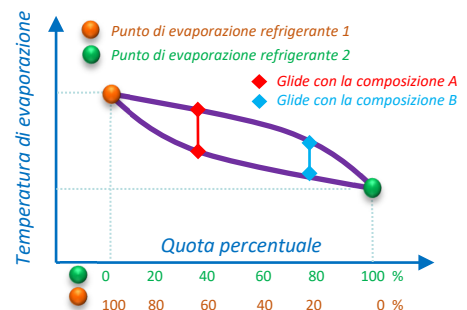
Altre informazioni sul particolare comportamento delle miscele di refrigeranti, vantaggi e svantaggi fisici, si possono reperire in Internet.

Poiché oggi con i derivati non è possibile coprire tutta l'area necessaria (mancanza di cloro), spesso i dati auspicati devono essere raggiunti miscelando diversi refrigeranti.

Il **Glide** (differenza di temperatura) indica l'intensità con cui una miscela tende a separare i componenti. Le miscele di refrigeranti con **Glide** sono integrati nel gruppo 400.

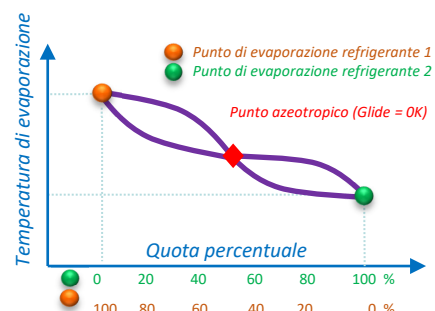
I refrigeranti del gruppo 400 devono essere inseriti nell'impianto obbligatoriamente in forma liquida.

A seguito di una perdita, la composizione percentuale delle miscele del gruppo 400 può modificarsi.



Le miscele di refrigeranti senza **Glide** sono elencate nel gruppo 500 ASHRAE. Si tratta di miscele azeotropiche.

Le miscele azeotropiche possono essere trattate come refrigeranti monosostanza.



I refrigeranti inorganici o non contengono **carbonio** o sono il **prodotto della combustione** di un composto organico. La denominazione ASHRAE identifica questo gruppo denominandolo con la cifra "7". Gli idrocarburi puri e i refrigeranti che derivati da questa base fanno dunque parte dei refrigeranti organici.

Tutti i refrigeranti inorganici si trovano nel gruppo 700.

Non tutte le sostanze idonee come refrigeranti sono però idrocarburi puri né si basano su questi (derivati). Agli inizi della frigotecnica, nel XIX secolo, venivano impiegate sostanze inorganiche come l'anidride solforosa, l'ammoniaca o l'anidride carbonica. Gli ultimi due composti citati sono oggi tornati in auge come refrigeranti.

Nella nomenclatura di questi refrigeranti, dopo il "7" iniziale ci sono altre due cifre. Il numero che si forma corrisponde al peso molecolare* del composto. I refrigeranti indicati come gruppo 700 in questo materiale didattico sono considerati ecocompatibili e quindi rappresentano una vera alternativa. R717 e R744 sono noti da tempo nella frigotecnica. Si devono però tenere in considerazione determinate limitazioni.

Refrigeranti inorganici:

- R 717 ammoniaca NH_3
- R 723 miscela azeotropica
- R 744 anidride carbonica NH_2

R 717

L'ammoniaca contribuì al boom della frigotecnica già nel 1876. A partire dal 1928, in quanto considerato un refrigerante tossico, l'ammoniaca fu mano a mano sostituita da composti sintetici. L'R 717 è usato, in virtù delle sue eccezionali proprietà termodinamiche, principalmente nell'industria in grandi impianti. Inoltre, si decompone rapidamente dopo l'emissione e quindi non ha quasi alcun effetto serra.



R 723

Furono principalmente i **problemi legati al ritorno dell'olio** nell'utilizzo dell'R 717 negli impianti con evaporazione diretta a favorire lo sviluppo di questo refrigerante basato sull'ammoniaca. Al contempo si mirava a ridurre la temperatura finale di condensazione per consentire un'area di impiego più ampia con compressione monostadio. La miscela R723 sviluppata con questo obiettivo si compone per il 60% di NH_3 e per il 40% di etere dimetilico (DME). La miscela presenta un comportamento azeotropico.

R 744

Poiché questo gas si forma con ogni combustione pulita, è facile da ottenere, e con un'emissione non provoca alcun effetto serra aggiuntivo. Come refrigerante di prima generazione, il CO_2 è stato utilizzato fino al 1930 e oggi è tornato in auge. **Pressioni di impianto molto elevate** necessitano però di componenti adatti, inoltre il processo si svolge in modo sovra-critico al di sopra di 31°C , il che pregiudica le **prestazioni** e limita l'utilizzo nelle regioni calde.

Riepilogo della denominazione ASHRAE:

Prima cifra diversa da 0: (ad es. R1234yf)
Refrigerante organico monostanza con doppio legame

Seconda cifra 0, 1 o 2: (ad es. R134a)
Refrigerante organico monostanza

A tre cifre con prima cifra 4: (ad es. R410A)
Miscele organiche di refrigeranti zeotropici

A tre cifre con prima cifra 5: (ad es. R507)
Miscele organiche di refrigeranti azeotropici

Prima cifra 7: (ad es. R717)
Refrigeranti inorganici

=> gli zero iniziali vengono omessi. <=>

ASHRAE Denominazione	Composto da Nota	Glide [K]	GWP	Classe	Punto di evaporazione [°C] pressione normale
-------------------------	---------------------	--------------	-----	--------	---

H-FC

R23	Trifluorometano	0	14'800	A1	- 80,1
R32	Difluorometano	0	675	A2L	- 52,0
R134a	Tetrafluoroetano	0	1'430	A1	- 26,3
R507	R125 / 143a 50 / 50 %	azeotropico Miscela	3'300	A1	da - 46,7 a - 46,3
R404A	R125 / 134a / 134a 44 / 4 / 52 %	0,7	3'260	A1	da - 46,6 a - 45,7
R407C	R32 / 125 / 134a 23 / 25 / 52 %	7,2	1'525	A1	da - 43,8 a - 36,6
R407F	R32 / 125 / 134a 30 / 30 / 40 %	6,4	1'824	A1	da - 45,5 a - 39,1
R410A	R32 / 125 50 / 50 %	0,2	1'725	A1	da - 52,3 a - 52,1
R413A	R134a / 218 / 600a 88 / 9 / 3 %	6,9	1'770	A1	da - 35,0 a - 28,1
R417A	R125 / 134a / 600 46 / 50 / 4 %	5,6	1'950	A1	da - 43,0 a - 37,4
R422D	R125 / 134a / 600a 65 / 32 / 3 %	4,7	2'729	A1	da - 46,2 a - 41,5

Glide < 1K: solitamente non crea alcun problema
Glide > 5K: Problemi a seguito di perdite / rabbocco non corretto

HFO

R1234yf	Refrigerante monosostanza	0	3	A2L	- 29,4
R1234ze	Refrigerante monosostanza	0	3	A2L	- 19,0

HC

R170	Etano C ₂ H ₆	0	3	A3	- 88,6°C
R290	Etano C ₃ H ₈	0	3	A3	- 42,0°C
R600a	Isobutano C ₄ H ₁₀	0	3	A3	- 11,7°C
R1270	Propilene C ₃ H ₆	0	3	A3	- 47,6°C

inorganico

R717	Ammoniaca NH ₃	0	0	B2	- 33,4
R723	R717 / DME 60 / 40%	azeotropico Miscela	0	B2	- 36,6
R744	Anidride carbonica CO ₂	0	1	A1	- 56,6 / 5,18bar (punto triplo)

L'olio per refrigerante come secondo materiale d'esercizio, oltre al refrigerante, è per così dire un "male necessario". Fino ad oggi tentativi di realizzare impianti senza olio hanno presentato più svantaggi di quelli realizzati con olio: elevati rumori di esercizio, elevata usura, ecc. Il compito principale dell'olio per refrigerante è la lubrificazione di tutti i componenti mobili, soprattutto il compressore. In base al tipo d'impianto l'olio può però assumere fino a tre compiti secondari.

Tramite l'olio per refrigerante, ogni sistema raggiunge un **funzionamento più silenzioso**. Eventuali rumori derivanti da mancanza di olio (sfregamento) potrebbero logorare in eccesso i componenti corrispondenti. **La chiusura ermetica** è particolarmente importante nei compressori aperti per evitare le emissioni di refrigerante nella tenuta degli alberi. Tuttavia anche all'interno del compressore tramite una pellicola d'olio si evita di far confluire i vapori del refrigerante dal lato dell'alta pressione fino al lato della bassa pressione. Nei cuscinetti l'olio per refrigerante **raffredda** le superfici di attrito e cede il calore al refrigerante.

I compressori ermetici nei frigoriferi casalinghi fanno scorrere l'olio in circolazione nella parete interna della capsula, il cui calore viene trasmesso al corpo (capsula). In questo modo l'acqua di condensa può evaporare su una scocca montata e non è necessario alcuno scarico.

Non tutti i refrigeranti possono funzionare con ogni olio per refrigerante. Quindi ad esempio si verificano ampi intervalli di miscelazione quando l'olio minerale viene utilizzato nei sistemi con refrigeranti CFC o HFO alogenati.

Le impurità nel sistema di refrigerazione possono causare la disgregazione dell'olio per refrigerante. In particolare, in presenza di ossigeno si formano acidi che possono attaccare e distruggere i componenti, oltre a disgregare il refrigerante. In alcune circostanze però, i guasti dovuti a cause chimiche provocano sintomi solo anni dopo, rendendo la diagnosi più difficile.

Compiti dell'olio per refrigerante:

Principali: lubrificazione dei componenti mobili

Secondari: 1. Isolamento dal rumore
2. Tenuta ermetica
3. Raffreddamento

Proprietà auspicabili:

- Lubrificabile per tutte le temperature e pressioni.
- Miscibile con il refrigerante utilizzato (piccolo intervallo di miscelazione*).
- Non deve reagire né con i materiali presenti nell'impianto né con il refrigerante.
- Non deve causare rigonfiamenti dei materiali sintetici presenti.

Scelta dell'olio per refrigerante

L'olio utilizzato dipende anzitutto dal refrigerante impiegato e dai materiali utilizzati; le proprietà desiderate devono essere soddisfatte.

L'olio tipico per refrigeranti contenenti cloro o refrigeranti organici non alogenati (CFC, H-CFC, HC) era l'olio minerale. Questo si miscela solo con molecole non polari*, e in caso di utilizzo con refrigeranti H-FC o HFO, si formano grossi **intervalli di miscelazione***. Pertanto, in caso di retrofit da CFC o H-CFC a H-FC o HFO si deve sostituire anche l'olio per refrigerante. La percentuale residua di olio minerale dopo il retrofit non deve superare il 5% in area ambiente, il 3% in area di normale raffreddamento e l'1% in area di congelamento. Percentuali residue maggiori possono comportare la separazione di paraffina, che limita il flusso di calore nell'evaporatore.

Olio
minerale

Per gli impianti con refrigeranti di sicurezza privi di cloro (H-CFC) si utilizza oggi solitamente olio a base di esteri oppure olio POE. Poiché si tratta di legami polari, occorre assicurarsi che non tenda a saturarsi con l'umidità dell'aria a causa del suo **comportamento igroscopico**. Pertanto, il contenitore deve essere aperto appena prima di effettuare il riempimento e dovrebbe poi essere consumato il più rapidamente possibile.

Olio a base di esteri

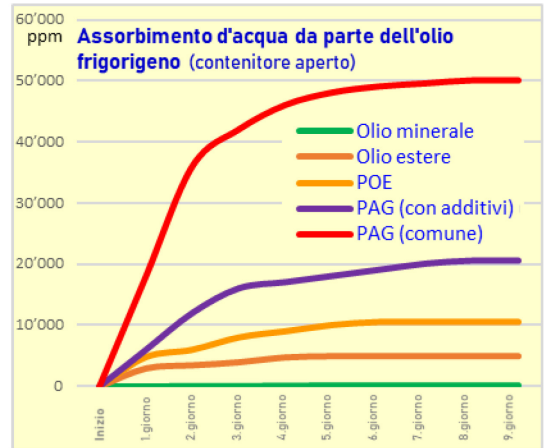
Il **gas protettivo** di un compressore riempito con olio a base di esteri deve essere evacuato appena prima della messa a vuoto. Se collegando il compressore al sistema, lo sfiato è indispensabile e subito dopo non si effettua il vuoto, il gas protettivo deve essere nuovamente realizzato con **azoto secco**.

Olio POE

Gli oli PAG modificati sono molto più igroscopici degli oli a base di esteri. Pertanto vengono utilizzati solo dove problemi con la compatibilità dei materiali (ad es. rigonfiamento dei materiali di tenuta) impediscono l'uso di oli a base di esteri. L'olio PAG ha una maggiore compatibilità con i materiali utilizzati già con gli oli minerali, e quindi può essere utilizzato anche in caso di retrofit.

Olio PAG

Se l'olio PAG, POE o quello a base di esteri assorbe umidità dall'aria, si lega chimicamente, e quindi durante la messa a vuoto del sistema non può essere più seccato. L'olio umido deve essere sostituito. L'olio saturo di umidità può formare acidi e attaccare componenti e anche i refrigeranti. Pertanto già durante il montaggio si deve assicurare una pulizia assoluta. Né l'acqua né altre sostanze estranee devono penetrare nelle tubazioni di raffreddamento, poiché potrebbero agire da catalizzatori per la formazione di acidi e altri prodotti di disgregazione. Sia l'olio per refrigerante che il refrigerante contengono le necessarie sostanze per la formazione di acidi. Pertanto i componenti e gli elementi delle tubature devono essere tenuti chiusi anche durante il montaggio.

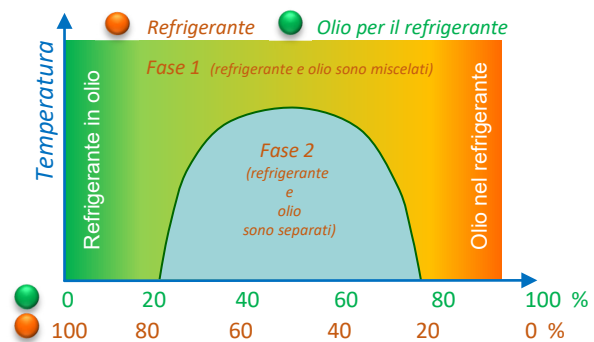


Se si sospetta una iniziale **acidificazione**, deve essere eseguito assolutamente un test dell'olio. Se risulta positivo, occorre eseguire i successivi lavori esattamente e nella giusta sequenza. Se le cellule acide non vengono totalmente rimosse o legate, il processo di acidificazione riparte da capo.

- Procedura in caso di olio frigorifero acido:**
- Rimuovere l'olio esausto, lavare il sistema con le sostanze consentite.
 - Mettere a vuoto il sistema, interrompere il vuoto con azoto secco.
 - Riempire con refrigerante e olio per refrigerante.
 - Sostituire filtro essiccatore, montare filtro per acidi in condotta aspirazione.
 - Eseguire controlli mensili, se necessario sostituire più volte i due filtri.

Depositi di olio

L'olio per refrigerante spinto nel sistema deve essere continuamente rimandato al compressore. Poiché nelle aree fredde (evaporatore, tubazione di aspirazione) l'olio presenta scarse proprietà di scorrimento, questo deve essere diluito con un refrigerante che forma vapore in modo che possa essere fatto avanzare attraverso il flusso dei vapori. Questo è possibile solo se il refrigerante e l'olio per il refrigerante si possono miscelare tra loro. Il **diagramma di intervallo miscelazione** mostra per ogni accoppiamento tra refrigerante e olio queste caratteristiche tipiche e presenta aree non miscibili.



Se l'impianto di refrigerazione ha raggiunto la fine della sua durata utile, i materiali di esercizio in esso contenuti devono essere smaltiti o riciclati a regola d'arte. Idealmente un impianto, dopo essere stato realizzato, viene messo in funzione con il primo riempimento, viene sottoposto a regolare manutenzione durante il suo periodo operativo e al termine della sua durata utile viene smaltito correttamente con il primo riempimento. Obiettivo: le perdite e quindi le emissioni devono essere limitate a un minimo non evitabile. È impossibile evitare totalmente le emissioni. Tuttavia, più i tecnici specializzati agiscono in maniera responsabile con queste sostanze, più ci si avvicina a questo obiettivo. Infatti se in pratica non si verificano più emissioni, la politica non dovrà neanche intervenire con correttivi.

7.1

Smaltimento tramite distruzione

Il refrigerante e l'olio di un impianto da smaltire devono essere restituiti al fornitore, il quale li raccoglie e li invia a un inceneritore ad alta temperatura. Affinché non si sviluppino prodotti di disgregazione tossici, l'incenerimento deve avvenire a una temperatura superiore a 2.000°C in modo da poter controllare i prodotti di disgregazione che si formano. Le emissioni di gas non tossiche vengono successivamente disperse nell'ambiente.

Smaltimento:

I materiali di esercizio vengono controllati se inceneriti a temperature superiori a 2'000°C.

7.2

Riciclo primario

Per poter eseguire un riciclo primario, il refrigerante deve essere monovarietà. Se i refrigeranti sono miscelati, vengono smaltiti. Il trattamento però ha senso solo se la sostanza riciclata può essere poi di nuovo usata, ovvero se ciò è legalmente consentito.

Nell'impianto di riciclo, anzitutto il refrigerante viene separato, deacidificato ed essiccato da residui altamente bollenti (ad es. olio per refrigerante). Successivamente viene rimesso in commercio nella qualità originaria.

Condizioni per il riciclo:

- Il refrigerante deve essere legalmente consentito
- Il refrigerante deve essere monovarietà

7.3

Riciclo secondario

Nell'ambito dell'"ecosistema industrializzato"* è di per sé un peccato dover distruggere sostanze altamente raffinate come i refrigeranti esausti ed alogenati tramite incenerimento. Inoltre si formano emissioni di gas che favoriscono l'effetto serra. Con il riciclo secondario i refrigeranti vengono anzitutto scomposti termicamente. I prodotti ottenuti con la scomposizione vengono trasformati in altri prodotti utilizzabili, aggiungendo altre sostanze reattive (idrogeno e ossigeno). In base al refrigerante aggiunto si forma acido liquido, acido cloridrico e vari sali che possono essere utilizzati per altri processi e applicazioni.

Riciclo secondario:

Il refrigerante viene scomposto chimicamente nei suoi componenti e si formano nuovi composti:

- Acido liquido
- Acido cloridrico
- Vari sali

Ciò che il non addetto ai lavori definisce come **freddo**, è solo uno stato di **ridotto contenuto di calore**. Infatti "raffreddare" non significa altro che togliere calore allo spazio che si vuole raffreddare. L'impianto di raffreddamento può essere infatti definito "impianto di trasporto del calore". Pertanto, si deve innanzitutto definire il calore (una forma di energia) come effettiva "merce trasportata" di ciascun impianto di refrigerazione o pompa di calore:

I componenti della materia, gli atomi e le molecole, non sono fermi nello spazio, ma vibrano a una determinata ampiezza*. L'intensità di questo movimento è per noi percepibile e viene definita come "temperatura": la materia che vibra molto viene percepita calda o addirittura rovente, quella con un basso livello di vibrazioni viene percepita fredda. Quindi il non addetto ai lavori percepisce il "caldo" e il "freddo" principalmente come sensazione, e solo in seconda battuta come forma di energia. Definendo il calore come **energia cinetica della molecola** appare logico che ci deve essere un **punto zero assoluto**, in cui la molecola di una sostanza non presenta più alcuna vibrazione molecolare.

Non si può togliere a un corpo più calore di quanto ne contiene, ovvero fino al punto zero assoluto. Se due corpi con temperature diverse vengono avvicinate tra loro, quello più caldo (intensità vibratoria maggiore) fornirà percentualmente a quello più freddo (intensità vibratoria minore) più "urti", fino a raggiungere un equilibrio. Pertanto il flusso di calore scorre sempre da luoghi con temperatura più alta a quelli con temperatura più fredda.

Questo comportamento è proprio di tutte le forme di energia. Deve essere presente un potenziale affinché l'energia venga trasformata in lavoro. Il più grande bacino idrico può servire a ottenere elettricità solo se verso la turbina esiste una differenza di altezza (potenziale). Da queste considerazioni si evince che il **punto zero assoluto** non può essere raggiunto: servirebbe uno strato isolante che bloccasse completamente il flusso di calore. Un tale isolamento contro il flusso di calore non è fattibile.

I più importanti criteri derivanti da queste considerazioni sono stati riuniti nei principi fondamentali della termodinamica. Ciascun impianto di refrigerazione / pompa di calore deve tenerne conto affinché il sistema possa funzionare.

Ogni sostanza può presentarsi in tre diversi **stati di aggregazione**: **solido**, **liquido** e **gassoso**. Lo stato assunto da una sostanza dipende dalla sua temperatura e dalla pressione ambientale. Dal punto di vista energetico lo stato solido è quello che ha la minima energia e quello gassoso è quello con la massima energia. In particolare, l'evaporazione di un liquido richiede molta energia. Ecco perché fu sviluppata l'idea di costringere un liquido ad evaporare tramite riduzione della pressione. L'energia necessaria a tale scopo deve essere tolta all'ambiente, il quale si raffredda.

L'energia è la possibilità di svolgere lavoro.

Il calore è energia vibratoria molecolare.

Il contenuto di calore viene definito come entalpia.

La temperatura è una misura per l'intensità vibratoria molecolare.

Il punto zero assoluto in cui non esiste più alcuna vibrazione molecolare, è a una temperatura pari a $-273,15^{\circ}\text{C}$ o OK.

Principi fondamentali della termodinamica:

1. Il calore è una forma di energia.
2. Il calore scorre sempre da caldo a freddo.
3. Esiste un punto zero assoluto.

Normalmente l'energia per l'evaporazione di un liquido viene messa a disposizione da una fonte di calore. L'idea di togliere la necessaria energia all'ambiente è stata attuata tramite *l'effetto Joule Thomson*. Gli impianti frigoriferi a compressione funzionano secondo questo principio. Il liquido che viene utilizzato per questo scopo, viene giustamente chiamato *refrigerante*: la necessaria entalpia di evaporazione* per svolgere il compito di alterazione del volume viene prelevata dalla merce da refrigerare, che quindi si raffredda. In base all'oggetto da raffreddare si distinguono quattro aree della frigotecnica:

Freddo commerciale

Il calore viene tolto agli *alimenti*. Diminuendo la temperatura di conservazione, si rallenta il processo di maturazione e invecchiamento (raffreddamento normale) o lo si arresta del tutto (surgelamento). La possibile durata di conservazione viene aumentata e si evita che la merce si deteriori anzitempo.

Freddo di processo o industriale

Il calore viene preso dalle macchine installate per l'ottenimento di *processi automatizzati*. Poiché spesso è necessario smaltire grandi quantità di calore, solitamente viene impiegato un sistema di acqua fredda. Infatti gran parte delle macchine per il freddo di processo corrispondono a un *impianto di acqua fredda*.

Freddo per il comfort

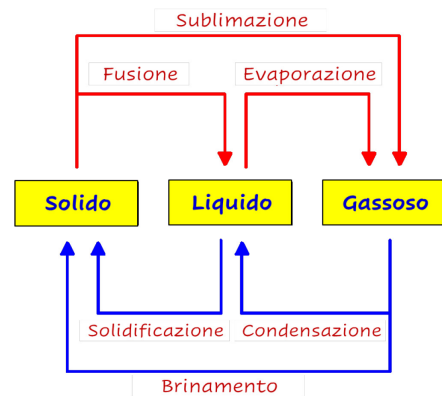
Frigotecnica a scopi di comfort, in cui il calore viene tolto ad *abitazioni, locali commerciali o uffici*. Comunemente si parla in questi casi di un *impianto di climatizzazione*. Poiché il clima si definisce non solo con la temperatura, ma anche con l'umidità ambiente, i comuni impianti di climatizzazione sono solo impianti di refrigerazione a scopo di comfort. Nel caso del raffreddamento delle autovetture, grandi quantità di calore devono essere trasportate dall'abitacolo in breve tempo.

Raffreddamento a scopo di calore

Se al posto del lato freddo (evaporatore) si usa quello caldo (condensatore), si parla di una *pompa di calore*. Il basso livello di vibrazioni molecolari dell'ambiente (*acqua, terra o aria*) viene alzato a un livello utilizzabile per scopi di riscaldamento tramite la frigotecnica.

Differenziazione

Nel caso di determinati oggetti può essere difficile decidere in maniera univoca. Un impianto di refrigerazione per un locale server deve essere considerato sia come impianto di climatizzazione che di processo. In base a quali principi l'impianto viene progettato e realizzato, deve essere deciso a seconda della sua importanza (ridondanza, danni conseguenti in caso di guasto, ecc.).



Apporto di energia:
riscaldamento fusione riscaldamento evaporazione riscaldamento

Sottrazione di energia:
raffreddamento solidificazione raffreddamento condensazione raffreddamento



Effetto Joule-Thomson:

Un liquido viene costretto a evaporare tramite riduzione della pressione. L'energia necessaria a completare il processo di modifica del volume viene tolta all'ambiente, che in questo modo si raffredda.

Ciascun impianto di refrigerazione/pompa di calore deve rispettare il secondo principio della termodinamica: il calore può passare dalla merce da refrigerare all'evaporatore solo se questo è più freddo del suo ambiente. Viceversa, il condensatore può cedere calore all'ambiente o a un mezzo secondario* solo se questo è più caldo del suo ambiente/mezzo secondario.

Questa regola vale per i tipi di trasmissione del calore "conduzione del calore" (trasmissione) e "irraggiamento del calore". Il trasporto del calore (convezione) è possibile in qualsiasi direzione, purché vi sia l'apporto di energia dall'esterno. Pertanto all'interno del sistema di refrigerazione deve essere apportata energia per poter **trasportare** il refrigerante e il suo **calore** tramite compressore, dall'evaporatore al condensatore. Il refrigerante passivo svolge il compito di contenitore per il trasporto del calore.

Flusso di calore

Il calore della merce da refrigerare viene trasportato tramite aria o un mezzo secondario liquido* (acqua, salamoia, glicole ecc.) all'evaporatore, che lo cede al refrigerante. Solitamente si utilizza l'aria per la trasmissione del calore negli impianti di refrigerazione commerciali, refrigerazione per comfort e pompe di calore con fonte di calore aria esterna (pompa di calore aria/acqua). Un mezzo secondario liquido viene utilizzato negli impianti di refrigerazione industriali e nelle pompe di calore con la fonte di calore geotermica (pompa di calore salamoia/acqua) o acqua di falda (pompa di calore acqua/acqua).

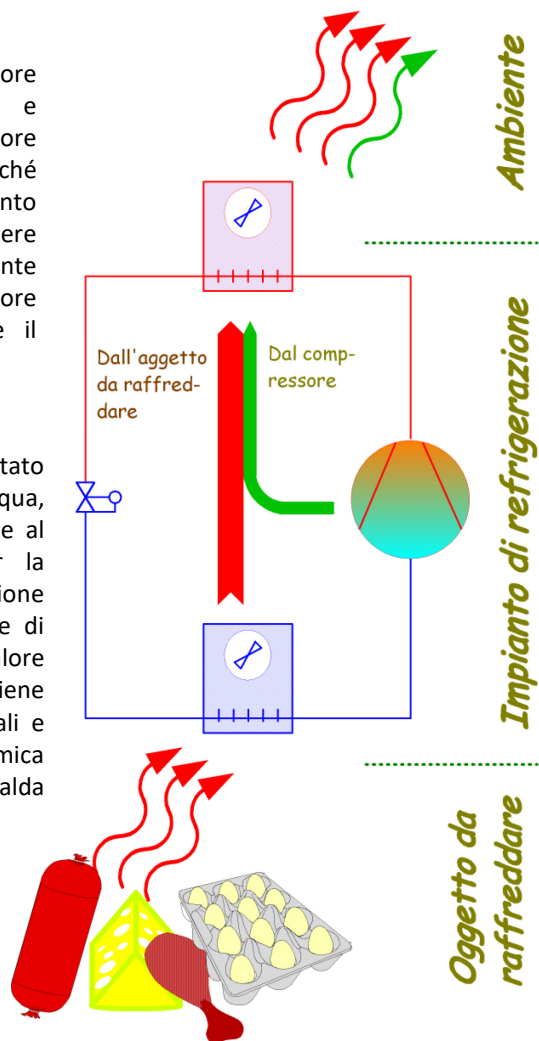
Con l'ausilio di questo calore il refrigerante evapora. Questo refrigerante contiene il calore della merce da refrigerare, che dopo questa perdita avrà una temperatura più bassa.

Il refrigerante (e il calore che contiene) viene aspirato dal compressore che lo comprime a una pressione e a una temperatura più elevate. Il refrigerante arriva poi al condensatore, che cede il calore all'aria ambiente o a un mezzo secondario (utilizzo del calore residuo, rete della refrigerazione di ritorno, ecc.).

Il flusso di calore dalla merce da raffreddare (WP: fonte di calore) fino all'ambiente o al mezzo secondario* (WP: acqua calda o acqua di consumo) non deve essere interrotto né ostacolato. In caso di oscillazioni di carico si deve tenere in considerazione il tempo di attuazione delle valvole.

Tutte le **vie di trasmissione del calore** sono disposte in serie una dietro l'altra, come in una **catena**. Per cui, l'anello più debole determina la potenza massima dell'impianto. Nessuno di questi anelli può immagazzinare un calore rilevante, e un ristagno comporta direttamente un guasto. I mezzi di stoccaggio desiderati vengono sempre disposti al di fuori dell'impianto.

Il compito dell'impianto di refrigerazione / pompa di calore è trasportare calore.



Bilancio energetico:

Evaporatore
(calore assorbito)

+ **Compressore**
(energia di funzionamento)

= **Condensatore**
(energia ceduta)

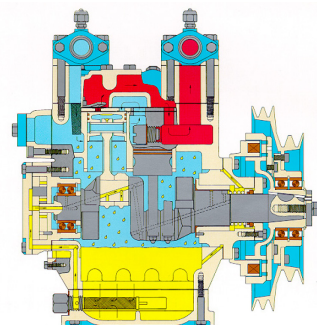
Per componenti principali si definiscono quei componenti che sono indispensabili per il funzionamento di un sistema di raffreddamento chiuso: compressore, condensatore, organo di strozzatura ed evaporatore.

Il compressore

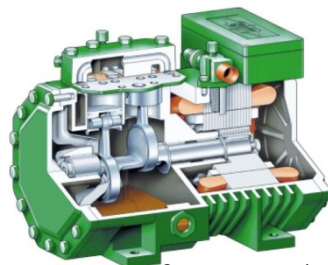
Il compressore trasporta il refrigerante da una pressione e una temperatura basse a una pressione e temperatura elevate. Normalmente il compressore è azionato da un motore elettrico, spesso integrato nell'alloggiamento del compressore (struttura ermetica o semiermetica). In questo modo è possibile evitare di utilizzare un anello di tenuta, e il pericolo di perdite si riduce. Se i vapori del refrigerante scorrono nel motore elettrico, si parla di un motore per compressore **raffreddato con vapori di aspirazione**.



Compressore scroll ermetico



Compressore a pistoni aperto



Compressore a pistoni semiermetico

I compressori aperti devono essere utilizzati solo se il motore di azionamento non è un motore elettrico o se il refrigerante può attaccare gli avvolgimenti del motore (ad es. con l'ammoniaca).

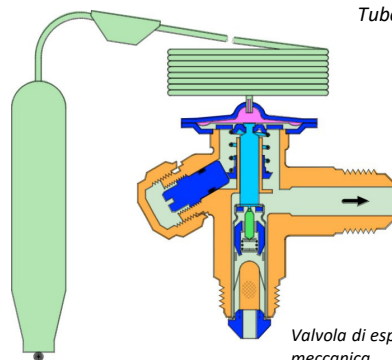
L'organo di strozzatura

L'organo di strozzatura è la controparte del compressore: genera il necessario abbassamento di pressione, affinché il refrigerante iniettato vada al di sotto della propria pressione di evaporazione e inizi ad evaporare. Nel caso più semplice (frigorifero) si tratta solo di un tubo capillare* senza funzione di regolazione: la caduta di pressione avviene sulla lunghezza e sul diametro del tubo capillare. Gli organi di strozzatura con regolazione, come le valvole di espansione termostatiche qui mostrate, sono provviste di un sensore di temperatura e di pressione. Valutando i segnali emessi, la quantità di refrigerante da immettere può essere adattata al flusso di calore presente. Le valvole di espansione elettroniche necessitano di una unità di regolazione e devono essere integrate nella gestione.

Gli organi di strozzatura con regolazione influenzano la portata. In caso di flusso di calore ridotto, viene immesso meno refrigerante, in caso di carico maggiore ne viene immesso di più. Pertanto gli impianti con organo di strozzatura con regolazione necessitano di un **accumulatore** che può immagazzinare il refrigerante non utilizzato e immetterne di più in caso di necessità.



Tubo capillare



Valvola di espansione meccanica termostatica



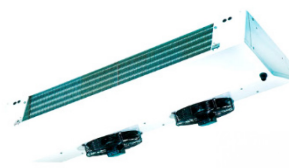
Valvola di espansione termostatica elettronica con regolatore

L'evaporatore

L'evaporatore assorbe il calore del mezzo da raffreddare (aria o acqua / liquido) e lo cede al refrigerante. Gli evaporatori che tolgono calore all'aria devono essere periodicamente sbrinati, se la loro temperatura superficiale può scendere sotto lo 0°C. In tal caso la distanza delle lamelle è più ampia rispetto, ad esempio, a quella di un evaporatore per climatizzatore o in caso di condensatori raffreddati ad aria. Se il calore viene tolto a un liquido (mezzo secondario), le principali forme costruttive sono del tipo scambiatori a piastre, coassiali o a fascio tubolare. Quest'ultimo viene chiamato anche "chiller".

In caso di **evaporazione secca**, tramite un organo di strozzatura nell'evaporatore viene iniettata solo la quantità di refrigerante che può evaporare con il carico presente nel passaggio.

In caso di **evaporazione allagata** l'evaporatore (qui chiamato anche separatore) viene allagato con refrigerante liquido tramite una regolazione con galleggiante.



Evaporatore per il raffreddamento dell'aria



Evaporatore per il raffreddamento del liquido (chiller)

Evaporatore per impianto di comfort (impianto di climatizzazione)



Evaporatore per evaporazione allagata

Il condensatore

Il condensatore assorbe il calore del refrigerante e lo cede all'ambiente (aria) o a un mezzo secondario. I condensatori raffreddati ad aria devono essere periodicamente puliti. Se si utilizza un mezzo secondario liquido, questo ha la stessa forma dell'evaporatore: Scambiatore a piastre, coassiale o a fascio tubolare.



Condensatore raffreddato ad aria



Condensatore coassiale



Condensatore raffreddato ad acqua

Gli evaporatori e i **condensatori** sono, per quanto riguarda il loro compito, **"parenti"** tra loro: entrambi sono scambiatori di calore. Ecco perché la loro struttura e forma sono simili. Se del mezzo per l'apporto di calore (evaporatore) o per la dissipazione del calore (condensatore) si tratta di aria, lo scambiatore ha spesso un gran numero di alette per compensare, con una grande superficie esterna, lo scarso trasferimento di calore* da aria / ad aria. In ogni caso lo scambiatore di calore deve essere fatto di un materiale che conduca bene il calore (elevato valore di conduzione del calore*), ad es. rame o alluminio. L'acciaio cromato conduce il calore molto peggio, e quindi questo materiale deve essere utilizzato solo per applicazioni in ambienti aggressivi.

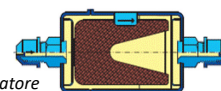


Scambiatore a piastre (evaporatore o condensatore)

Il filtro essiccatore

Sebbene il filtro essiccatore non faccia parte dei componenti principali, è presente in ogni impianto. Al suo interno si trova un **filtro molecolare***. Come già lascia intendere il nome, il suo compito è quello di assorbire l'umidità residua e le particelle estranee presenti nel sistema. La capacità assorbente è limitata, pertanto la pulizia durante il montaggio dell'impianto deve essere la priorità assoluta. Il filtro essiccatore deve essere sostituito ogni volta che il sistema viene aperto.

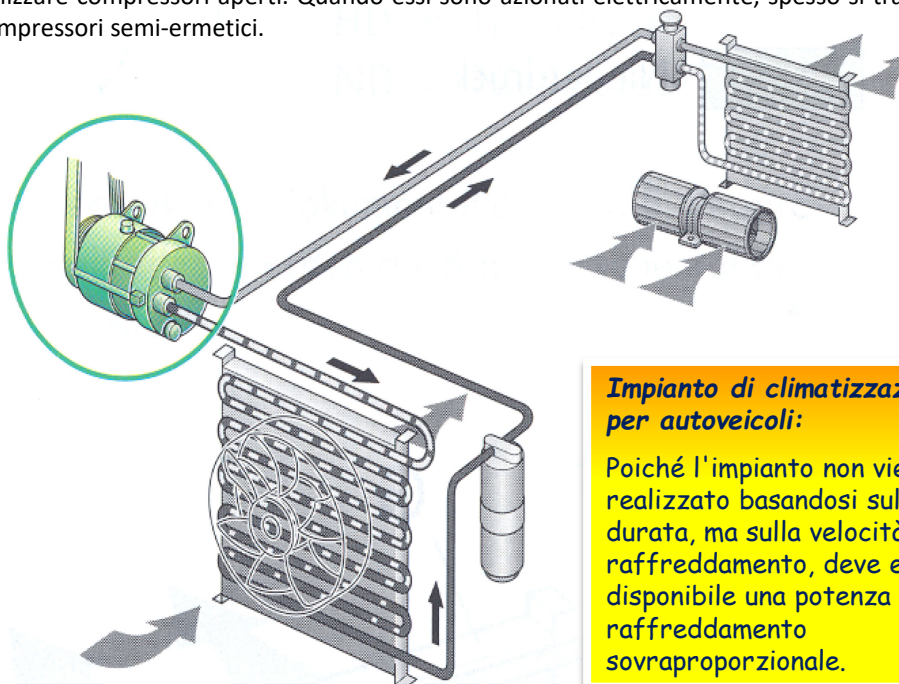
Sezione filtro essiccatore



Componenti principali:

- Compressore
- Condensatore
- Organo di strozzatura
- Evaporatore

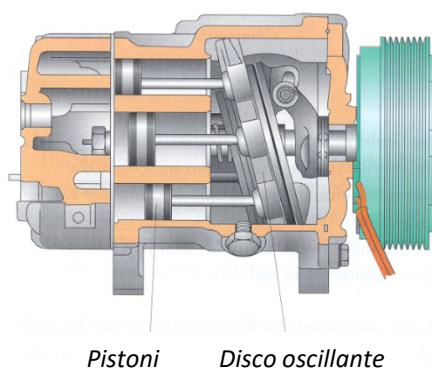
L'impianto di refrigerazione per comfort (climatizzazione) nei veicoli assume una posizione particolare nell'ambito della frigotecnica. Da una parte, in un caldo giorno estivo deve raffreddare ad una temperatura sopportabile e nel più breve tempo possibile una grande massa di materiali riscaldati (i passeggeri rappresentano in sé lo sforzo minore), dall'altra tutti i componenti non devono aumentare inutilmente il peso complessivo del veicolo. Poiché il funzionamento avviene normalmente tramite il motore del veicolo, si devono utilizzare compressori aperti. Quando essi sono azionati elettricamente, spesso si tratta di compressori semi-ermetici.



Impianto di climatizzazione per autoveicoli:

Poiché l'impianto non viene realizzato basandosi sulla durata, ma sulla velocità di raffreddamento, deve essere disponibile una potenza di raffreddamento sovraproporzionale.

Gli impianti per i veicoli sono ottimizzati appositamente per questa area di utilizzo. **Sebbene venga utilizzata la stessa fisica degli impianti commerciali o impianti di processo, altri requisiti richiedono componenti e tubazioni adeguati.** Quindi un compressore della stessa potenza impiegato nel settore commerciale, è molto più pesante della sua controparte del settore automobilistico. Il risparmio di materiale è possibile solo perché un impianto di climatizzazione automobilistico durante l'intera vita del veicolo, ca. 10 a 15 anni, raggiunge un tempo d'esercizio che un impianto commerciale o industriale raggiunge già dopo sei mesi. Pertanto non sorprende che le istruzioni di manutenzione e retrofit del freddo commerciale e industriale non siano utilizzabili nel settore della climatizzazione degli autoveicoli.



Solitamente, per motivi di sicurezza non vengono utilizzati refrigeranti HC naturali e infiammabili. Poiché nel veicolo il pericolo di perdite dovuto a vibrazioni o incidenti è maggiore rispetto a installazioni fisse, devono essere adottate tutte le possibili misure preventive.

Tra il 1992 e il 2011 è stato utilizzato principalmente il refrigerante **R134a (H-FC)**, che nei veicoli più recenti è stato gradualmente sostituito dal refrigerante **R1234yf (HFO)**. Alcuni costruttori di veicoli offrono sistemi di aria condizionata o di pompe di calore con il refrigerante **R744 (CO₂)**. Le alte pressioni di esercizio (sollecitazione del materiale) sono tecnicamente realizzabili, tuttavia con costi notevolmente più elevati.

Nella progettazione deve essere selezionato un refrigerante che rappresenti la soluzione ottimale relativa all'oggetto in cui deve essere utilizzato. Sicurezza operativa, aspetti energetici ed ecologia devono essere tenuti in considerazione. Solo se ogni componente dell'impianto è stato progettato, montato e messo in esercizio correttamente, è possibile soddisfare gli elevati requisiti. Il compressore precedentemente riempito con olio per refrigerante deve essere aperto solo appena prima della messa a vuoto del sistema: altrimenti l'olio igroscopico assorbe l'umidità dall'aria ancora presente nel sistema. Prima di riempire l'impianto con il refrigerante, è necessario eseguire una **prova di tenuta**. Successivamente, tramite pompa del vuoto, si devono rimuovere dal sistema l'aria e altri gas estranei. È necessario utilizzare una pompa per il vuoto a due stadi dotata di **regolatore di pressione del gas***, in modo che sia possibile raggiungere una pressione finale di **0,25mbar** assoluta. Se si tratta di un retrofit di refrigerante (niente aria nel sistema), è sufficiente un vuoto leggermente inferiore. In ogni caso però si deve andare sensibilmente al di sotto della pressione di vapore d'acqua.

Nella prima fase si realizza il vuoto a una pressione inferiore alla pressione di vapore d'acqua. Successivamente il vuoto viene interrotto con azoto secco fino a raggiungere a una leggera sovrappressione. Dopo il successivo secondo vuoto, questa procedura riduce considerevolmente il restante contenuto di ossigeno ed inoltre l'azoto secco assorbe l'umidità. Per controllare la pressione finale è necessario un **vacuometro** (Torrmeter) elettronico, che deve essere collegato nel punto più lontano dell'impianto (non alla pompa del vuoto!). Il manometro di bassa pressione del ponte di misurazione non è adatto per il controllo. Se nel sistema è ancora presente acqua libera, questa al raggiungimento della pressione di vapore causa una stagnazione dell'indicazione del vuoto. A temperatura ambiente di 20°C questo punto di arresto è a 0,023bar. Qui l'acqua evapora e successivamente la pressione scende di nuovo (**essiccazione con vuoto**). Poiché con la temperatura ambiente in diminuzione si deve sempre avere una pressione di vapore più bassa, il vuoto si deve realizzare con temperature ambiente elevate. L'acqua inizia a 5°C ad evaporare solo a 0,009bar, a temperature inferiori al punto di congelamento (0,0061bar e inferiori) avviene solo una sublimazione.

Poiché l'aria umida viene spinta dalla pompa del vuoto, l'olio della pompa del vuoto si satura di umidità dopo un certo lasso di tempo. Al raggiungimento della pressione del vapore acqueo, si forma una bolla nell'olio della pompa del vuoto e diventa impossibile raggiungere la necessaria pressione finale. Pertanto questo deve essere **sostituito dopo ca. 15 ore di esercizio**. Un indizio di olio saturo si ha anche quando, nonostante un sistema ermetico, non si riesce a raggiungere la pressione finale desiderata.

Principi per la costruzione dell'impianto:

- Il refrigerante utilizzato deve essere il più possibile ecocompatibile (TEWI).
- La quantità di refrigerante deve essere mantenuta al minimo senza però ridurre le prestazioni dell'impianto.
- Il sistema deve essere montato in modo che sia il più possibile ermetico, senza tuttavia pregiudicare la possibilità di effettuare assistenza e diagnosi.
- La pulizia deve essere la priorità assoluta.

Lavaggio:

Durante la saldatura lasciare scorrere nelle tubazioni un gas inerte che sostituisca l'ossigeno.



Vacuometro



Pompa del vuoto

Quando si realizza il vuoto si deve raggiungere una pressione finale di 0,25mbar assoluti.

Il vuoto deve essere interrotto 1 volta con azoto secco.

Il compressore deve essere aperto solo prima della messa a vuoto, altrimenti il riempimento con gas protettivo deve essere ripetuto.

La messa a vuoto deve essere realizzata con temperature ambiente elevate.

L'olio della pompa del vuoto deve essere sostituito periodicamente (dopo ca. 15 ore di esercizio).

L'olio immesso nel sistema dal compressore deve essere **continuamente** rimandato al compressore tramite il flusso del refrigerante. Nemmeno un separatore dell'olio può impedire che determinate quantità di olio finiscano nelle tubazioni. Si deve garantire che in nessuna condizione operativa (osservare il funzionamento con carico parziale) si possano verificare **depositi di olio**, o che l'olio possa rifluire indietro nelle zone di salita durante il funzionamento a carico parziale. In caso di arresto dell'impianto, l'olio deve poter ritornare solo fino al successivo sifone superiore o inferiore.

Gli esempi di montaggio qui riportati valgono solo per le tubazioni a conduzione di vapore. Nelle tubazioni di passaggio dei liquidi non vi è alcun pericolo di depositi di olio, poiché in tali tubazioni sia il refrigerante che l'olio per il refrigerante si trovano nello stesso stato di aggregazione e quindi, se pressione e temperatura non si trovano entro un **intervallo di miscelazione**, si possono mescolare.

Pertanto il corretto montaggio ha la priorità assoluta. Oltre ai necessari sifoni superiori e inferiori deve essere montato il giusto **collettore di aspirazione** negli impianti composti.

In caso di ampia area di regolazione della potenza, nelle zone in salita può essere necessaria anche una **tubazione doppia**. Come alternativa, l'impianto può essere di tanto in tanto attivato a pieno carico, anche se non è necessario. In questo modo la velocità nelle tubazioni aumenta e l'olio viene ricondotto indietro.

L'olio nelle tubazioni di vapore caldo non deve poter ritornare sulla piastra delle valvole del compressore. Al suo avvio questo olio potrebbe danneggiare la piastra delle valvole.

I segmenti che sfociano dal basso in un tubo principale devono essere inseriti dall'alto in questi affinché l'olio immesso nel tubo principale non possa ritornare nei tubi dei segmenti.

I tubi di aspirazione in salita devono essere realizzati con **sifoni inferiori e superiori**. Il sifone inferiore impedisce il riempimento dell'evaporatore o del tubo orizzontale con olio in caso di arresto o carico parziale, mentre il sifone superiore impedisce il ritorno dell'olio già immesso. Le zone in salita dopo segmenti di tubi in piano devono essere provviste di sifone inferiore non appena il segmento in salita è più alto del diametro del tubo. Se l'altezza da superare è maggiore di ca. 5 cm, nel segmento in salita si deve prevedere a un sifone per l'olio ca. ogni 3 m. In caso di ampie oscillazioni di carico si deve prevedere anche una tubazione a doppia salita.

Per impedire limitazioni della valvola di espansione a causa dell'olio spinto nell'evaporatore, le zone di salita dopo i punti freddi devono essere superate in tubi separati. In questo modo ogni tubazione può essere posata in base al carico specifico e le oscillazioni di velocità di flusso restano minime.

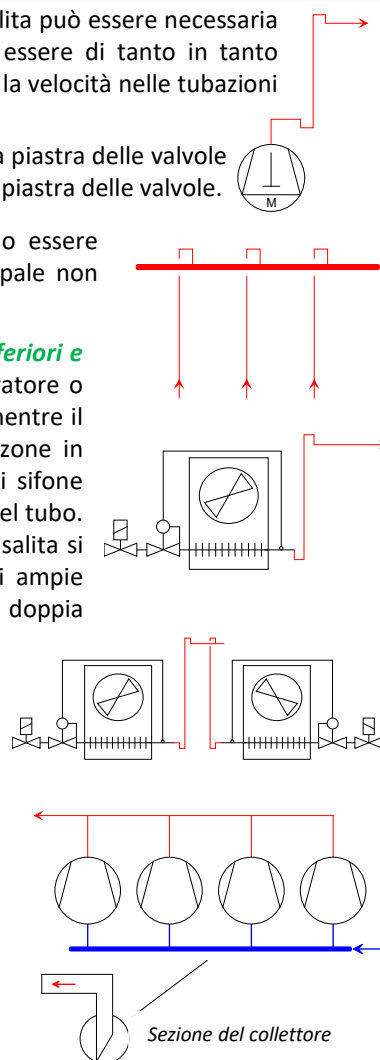
Il collettore di aspirazione* di impianti composti deve essere costruito in modo tale che il fluido che ritorna dal sistema (olio e refrigerante non evaporato) venga distribuito **uniformemente** sui compressori in funzione. Mediante un grosso tubo del collettore è possibile inoltre ottenere l'efficacia di un separatore di liquidi se le tubazioni che vanno ai compressori vengono collegate al tubo del collettore come iniettori.

Condizioni per il ritorno dell'olio:

- Corretto montaggio delle tubazioni
- Corretto dimensionamento delle tubazioni
- Rispetto dell'intervallo di miscelazione*

Obiettivo:

L'olio per refrigerante spinto nel sistema deve essere continuamente rimandato al compressore e nella stessa quantità.



Le emissioni di refrigerante devono essere limitate a un minimo non evitabile. Pertanto il sistema di refrigerazione deve presentare una **tenuta elevata**. Un'accurata prova di tenuta deve essere effettuata periodicamente e non solo alla messa in esercizio dell'impianto.

In senso accademico è impossibile ottenere una tenuta assoluta. Purtroppo questo fatto viene spesso usato come scusa per evitare il fastidio di effettuare rigorosi controlli di tenuta. Si deve partire dal presupposto che un impianto che presenta perdite annuali inferiori a 3 g è da considerarsi a tenuta. Ad esempio, in caso di capacità di 3 kg, un tale impianto dopo 20 anni di funzionamento avrà ancora una capacità pari a 2.940g, il che non significherà né perdite di prestazioni né peggioramento dell'efficienza. Una perdita di 3 g all'anno si può individuare con un normale rilevatore di perdite. Di seguito sono riportati i tradizionali metodi per i refrigeranti di sicurezza e la loro sensibilità di rilevamento. Questi valgono come valori indicativi per i tassi di perdita rilevabili in grammi all'anno con il refrigerante rabboccato successivamente. I tassi di perdita riportati si riferiscono al refrigerante R134a.

Metodi di collaudo per la messa in esercizio

Nei sistemi di grosse dimensioni è stato considerato valido il metodo secondo il quale i singoli segmenti vengono messi sotto pressione con **azoto secco** a ca. 15 bar. Sebbene non sia possibile rilevare in maniera totalmente esatta la quantità delle perdite, si ha tuttavia la sicurezza che durante la fase costruttiva nessuna sostanza estranea possa entrare nel sistema.

metodi per il controllo della tenuta:

- Messa sotto pressione con azoto secco
- Acqua saponata (spray / pennello)
- Rilevatore elettronico di perdite
- Procedura con additivi

Se al termine dei lavori di montaggio i segmenti dei singoli tubi messi sotto pressione nello spazio della macchina sono collegati tra loro, si può quantomeno dedurre che non sono presenti grosse perdite: punti di saldatura non ermetici o dimenticati, raccordi non avvitati, ecc. Si può dunque limitare la ricerca delle perdite al punto interessato dell'impianto.

Nella **prova del vuoto** si rischia la penetrazione di aria umida nel caso di sistema non ermetico. Se il vuoto però tiene, siamo in presenza di un sistema ermetico. Questo metodo non è idoneo per impianti che sono già funzionanti: dal refrigerante che si separa dall'olio si ha sempre come conseguenza un aumento della pressione. Per la visualizzazione non usare il manometro, ma il vacuometro.



Varianti di vacuometri: quello analogico non viene più consigliato

Metodi di collaudo in caso di impianto funzionante

Con il cosiddetto **test della bolla di sapone** è possibile localizzare perdite fino a **250g all'anno**. Per questa prova si deve applicare acqua saponata nel punto da controllare. Se si forma una bolla, siamo in presenza di un punto di perdita. Una soluzione saponosa è sufficiente per effettuare questa prova, ma nei negozi specializzati si trovano anche spray per rilevare le perdite. Il test della bolla di sapone è adatto solo per piccoli impianti, oppure per localizzare esattamente il punto di perdita di uno spazio contaminato.

Spray per l'individuazione delle perdite



Rilevatore di perdite elettronico

Il metodo più diffuso per la ricerca di perdite è tramite l'utilizzo di un **rilevatore di perdite elettronico**. In questo modo tutto l'impianto viene esaminato con un sensore. L'apparecchio è in grado di segnalare le perdite acusticamente o visivamente. Con questi apparecchi è possibile individuare perdite fino a **3g all'anno**. Poiché questi apparecchi possono reagire ad altri influssi ambientali, si consiglia di non esagerare con le impostazioni della sensibilità, perché potrebbero manifestarsi diversi allarmi errati. (in caso di forte movimento, batteria poco carica, ecc.).

Nel caso di **procedura con additivi**, nel sistema viene aggiunta un'altra sostanza, oltre al refrigerante e all'olio. In caso di perdite anche questa sostanza fuoriesce. Se il punto di perdita si illumina con una fonte UV, in quel punto si forma una intensa luce fluorescente. Con questo metodo si deve tenere in considerazione che dopo avere immesso l'additivo, in base alle dimensioni del sistema, si deve attendere da un'ora fino a più giorni prima che la sostanza rilevatrice raggiunga il punto di perdita e fuoriesca da esso. Inoltre, immettendo una terza sostanza si contravviene alle condizioni della garanzia del fabbricante dei componenti. La procedura con additivi è particolarmente utilizzata nel settore automobilistico.



Additivo

Lampada UV

La procedura con la **lampada rilevatrice a gas** non può essere più utilizzata perché questa procedura reagisce solo al cloro e inoltre forma prodotti di disgregazione molto tossici. Con l'abbandono dei refrigeranti a base di cloro (CFC e H-CFC) non è quindi più utilizzabile.



Classica lampada rilevatrice

Metodi di collaudo per l'ammoniaca

Anche per gli impianti con ammoniaca si può utilizzare il test della bolla di sapone. I **rilevatori elettronici** offrono però anche in questo caso i migliori risultati. I noti metodi usati in passato tramite **bastone di zolfo** o **carta tornasole (a base di fenoltaleina)** non devono essere più utilizzati.



Rilevatore di perdite per R717

9.3

Il ritorno dell'olio

Anche se è stato montato un separatore dell'olio, con l'impianto in funzione una certa quantità di **olio nel sistema** è inevitabile. Questo olio deve essere continuamente **rimandato** al compressore. In nessun caso si devono formare depositi di olio con sbattimenti di ritorno di una maggiore quantità, poiché questi possono distruggere il compressore a causa degli urti dell'olio. Ecco perché è necessario dedicare grande attenzione al ritorno dell'olio: Devono essere tenuti in considerazione tre fattori:

Il costruttore dell'impianto già in fase di montaggio, deve assicurarsi che l'olio immesso non possa rifluire e non causi depositi, tramite l'impiego di sifoni inferiori e superiori, e regolazione della potenza di tubi doppi.

Il progettista deve dimensionare i tubi correttamente affinché alla massima sollecitazione non si verifichino perdite di pressione eccessive, ma che a sollecitazione parziale la velocità del refrigerante non scenda sotto un valore critico da creare depositi di olio.

Per garantire il **trasporto dell'olio** anche nei segmenti freddi (tubo di aspirazione, evaporatore), il refrigerante deve potersi miscelare all'olio. Se l'olio si separa dal refrigerante sussiste il pericolo di depositi di olio. Si parla in questo caso di un **intervallo di miscelazione***.

Misure per il ritorno dell'olio:

1. Montaggio corretto (sifoni superiori e inferiori)
2. Corretto dimensionamento delle tubazioni
3. Rispetto dell'intervallo di miscelazione



Gruppo manometri per la diagnosi



Gruppo manometri per la messa in esercizio

Impianto di refrigerazione senza necessità di manutenzione. Questa dicitura si trova per lo più su piccoli elettrodomestici come frigoriferi o congelatori. Qualsiasi impianto più grande necessita di controlli e manutenzione regolari per evitare **costosi danni conseguenti** e **costosi guasti di funzionamento**. Inoltre il termostato di un impianto di refrigerazione o pompa di calore che funziona sempre peggio **compenserà con il tempo** la scarsa prestazione.

Il cliente lo nota solo quando 24 ore di funzionamento al giorno (togliendo eventuali tempi di sbrinamento) non sono più sufficienti a realizzare il trasporto del calore.

Infatti non è più possibile mantenere la temperatura desiderata. A questo punto però l'impianto in certe situazioni ha già funzionato **per anni con scarse prestazioni**. Possono verificarsi anche costosi danni conseguenti, se i parametri di funzionamento sono ben lontani dai limiti di impiego consentiti. **Al cliente questo aspetto deve essere assolutamente spiegato**.

Una buona assistenza non consiste soltanto di lavori di routine, ma ha anche lo scopo di evitare, mediante l'applicazione mirata delle conoscenze tecniche, guasti non riparabili e l'impiego di squadre di pronto intervento. Con l'aiuto di moderni strumenti di diagnosi e misurazione e con la consultazione di un protocollo di messa in esercizio e della scheda di assistenza è possibile redigere una **analisi delle tendenze***. Con i giusti strumenti di diagnosi e il ricorso alle competenze tecniche è possibile valutare sempre meglio quali componenti non supereranno il successivo periodo di assistenza. In questo modo, prima che si verifichi un guasto, è possibile diagnosticare il problema già in fasi di sviluppo e risolverlo. Il cliente può informare, acquistare o ordinare materiali e risolvere il guasto entro **tempi di lavoro normali e attuabili**. Queste misure sono di aiuto anche per **evitare inutili costi energetici** ed emissioni di refrigeranti. Si tenga anche presente che la motivazione a realizzare un lavoro pulito è maggiore durante i regolari orari di lavoro rispetto alle ore notturne o del fine settimana.

Contratto di assistenza: 3 x "win"

1. Il **cliente** risparmia energia, tempo e denaro. Evita guasti operativi.
2. L'**azienda** può disporre per anni dell'impianto, il fatturato ne guadagna.
3. Il **tecnico** lavora prevalentemente durante il regolare orario di lavoro, evitando l'impiego di squadre di pronto intervento.

Nessun impianto di refrigerazione o pompa di calore senza contratto di assistenza!

Svolgimento dell'assistenza:

- Presentazione al cliente, saluto e richiesta di quello che desidera sia fatto.
- Consultazione delle copie di rapporto o della scheda di assistenza per verificare i lavori di riparazione e assistenza svolti in precedenza.
- Consultazione del verbale di messa in esercizio per rilevare i dati operativi rilevanti.
- Verificare lo stato del refrigerante tramite oblò di controllo della portata e del collettore.
- Verificare eventuali punti non a tenuta del sistema.
- Verifica visiva dei punti di saldatura e degli avvitamenti (tracce di olio?).
- Verificare l'eventuale presenza di impurità nel refrigerante (usura, formazione di morchia, odore, ecc.).
- Verificare la regolazione di tutti i termostati, i pressostati e altri regolatori, se necessario regolarli.
- Controllare le pressioni di esercizio e confrontarle con valori teorici.
- Misurare la temperatura finale di tenuta e confrontarla con valori precedenti.
- Pulire tutti gli apparati e componenti rilevanti, come scambiatore di calore, sgocciolatoio, ecc.
- Controllare la valvola di espansione, verificare eventuali surriscaldamenti.
- Lavori regolari di pulizia e regolazione.
- Compilare il rapporto di lavoro e farlo firmare dal cliente.
- Aggiornare il rapporto di lavoro oppure depositarne una copia.
- Salutare il cliente.

Argomenti a favore di un contratto di assistenza:

- Il cliente non deve pensare al momento in cui l'assistenza è necessaria e ricorrere alla ditta specializzata.
- Una regolazione ottimale dell'impianto garantisce un buon rendimento, e quindi risparmi energetici.
- Si evitano costosi danni conseguenti o guasti operativi.
- Si tutela l'ambiente evitando le emissioni.

I punti di controllo qui riportati valgono per un impianto standard semplice senza ulteriori funzioni o componenti. I **lavori sottolineati in verde** richiedono l'autorizzazione speciale per l'utilizzo di refrigeranti.

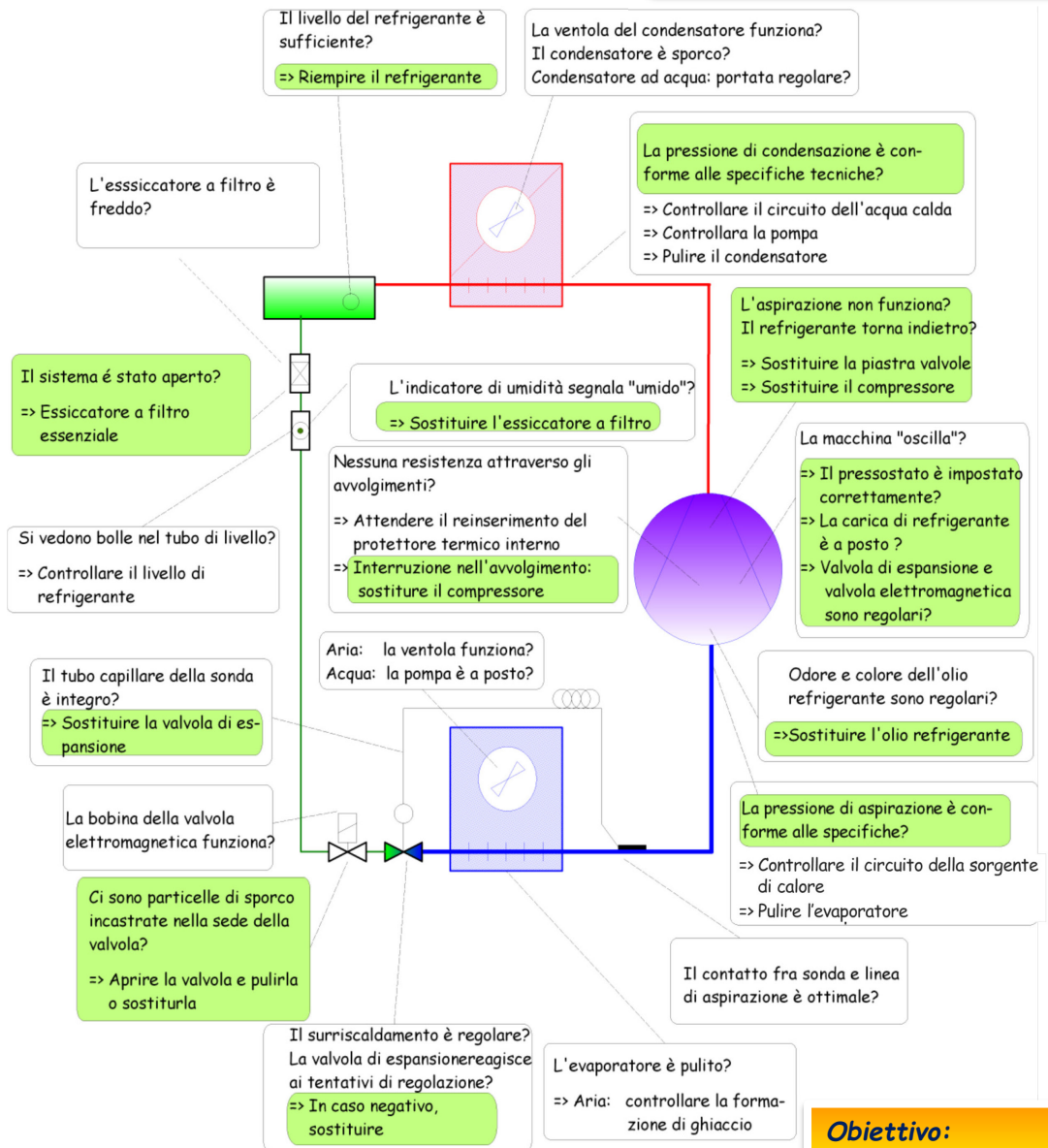
I sistemi più complessi necessitano di una **vasta competenza tecnica**. L'autorizzazione speciale autorizza solo a trattare refrigeranti mettendo al corrente circa i problemi legati alle emissioni. Non ha la pretesa di essere una formazione specifica di frigotecnica.

Principio:

Prevenire i guasti,
non rimediare ai guasti!

L'assistenza non si esaurisce con l'accertare che "l'impianto funziona" o "l'impianto non funziona".

Una diagnosi è corretta quando conoscenze tecniche ed esperienza si fondono tra loro.



Questa interpretazione non ha la pretesa di essere applicabile senza limiti a tutti i sistemi. Può tuttavia fungere da ausilio al tecnico non ancora in possesso della necessaria esperienza e offrirgli una panoramica durante la diagnosi.

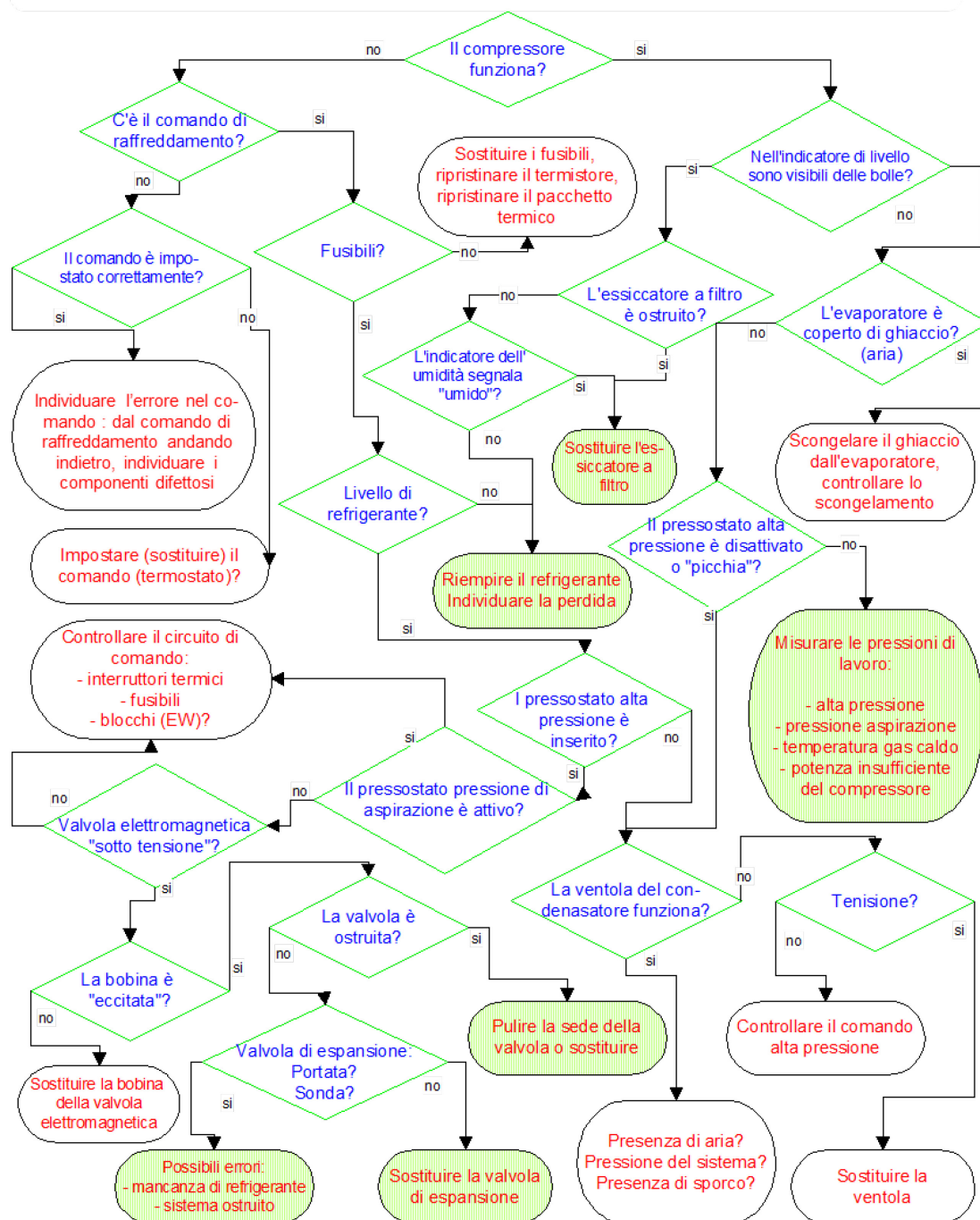
Obiettivo:

L'impianto con un minimo di lavoro dovrà raggiungere il massimo dell'efficienza.

L'autorizzazione speciale per l'utilizzo di refrigeranti è necessaria per tutti *i lavori sottolineati in verde*.

Principio:

Prevenire i guasti,
non rimediare ai guasti!



Questa interpretazione NON ha la pretesa di essere applicabile senza limiti a tutti i sistemi. Può tuttavia fungere da ausilio al tecnico non ancora in possesso della necessaria esperienza e offrirgli una panoramica durante la diagnosi.

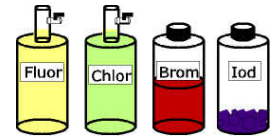
La diagnosi del sistema di refrigerazione non si esaurisce con l'accertare che "l'impianto funziona" o "l'impianto non funziona".

Absorbitore: apparecchio di raffreddamento che, al posto del compressore, utilizza una sostanza ad adsorbimento che assorbe il refrigerante. Una volta satura la sostanza, il refrigerante deve essere rimosso tramite l'apporto di calore.

Accensione iniziale: attivazione originaria

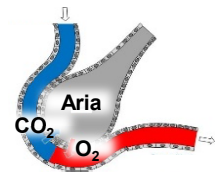
Aerosol: miscela composta da particelle sospese liquide o solide e aria. Raramente servono anche altri gas come vettore.

Alogeni: famiglia di elementi ad elevata attività chimica. Vi fanno parte elementi quali fluoro, cloro, bromo e iodio. Gli alogeni sono affiancati ai gas nobili.



Alogenazione: alla molecola vengono sottratti degli elementi che vengono sostituiti con quelli della famiglia degli alogeni.

Alveoli: piccole cavità dei polmoni. Servono per lo scambio di gas tra polmone e sangue.

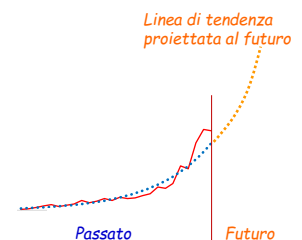


Amminoacidi: sono i “mattoni” utilizzati dalla cellula biologica. Gli amminoacidi proteinogeni sono i costituenti di tutte le proteine di ogni essere vivente sulla terra, sono quindi gli elementi base della vita accanto all'acido deossiribonucleico (DNA).

Ampiezza: larghezza di oscillazione. Maggiore è, ad esempio, la temperatura di una sostanza, più forte sarà la sua agitazione molecolare. L'ampiezza aumenta.



Analisi di tendenza: quando si dispone di buone conoscenze dell'oggetto, mediante l'osservazione, la misurazione e consultando i documenti tecnici è possibile fare una previsione sul probabile comportamento di un sistema nel prossimo futuro. Prima che si verifichino conseguenze gravi e costose, i guasti possono essere riconosciuti e rimossi durante il normale orario di lavoro. I nuovi sistemi di vigilanza elettronici comprendono in parte un algoritmo per l'analisi di tendenza o del trend.



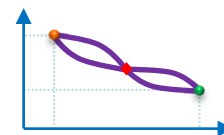
ASHRAE: American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers. Associazione americana di ingegneri del riscaldamento, della ventilazione e della climatizzazione. Definisce vari standard, come ad esempio la denominazione dei refrigeranti.



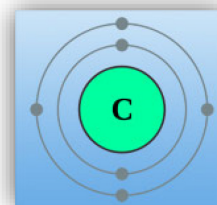
Assorbire, assorbimento: assorbimento di sostanze nei sistemi biologici. Nell'uomo e nei vertebrati si intende in particolare l'assunzione di prodotti da fissione generati dagli alimenti durante la digestione. Nell'uomo la maggior parte dell'assorbimento si svolge nell'intestino tenue. Per alcune sostanze (ad es. unguenti, veleni a contatto) l'assorbimento può avvenire anche attraverso la pelle.



Azeotropico: una miscela di liquidi con diverse temperature di ebollizione, che nella miscela hanno un punto di ebollizione uniforme ma inferiore. Le miscele azeotropiche si comportano verso l'esterno come sostanze pure.



Carbonio: elemento presente nel sistema periodico degli elementi. Unico elemento che può formare da solo intere molecole concatenate. A tali catene sono associate anche le informazioni genetiche (geni). La chimica basata sul carbonio viene chiamata chimica organica. Solo con il carbonio si possono creare più composti che con tutti gli elementi presenti nel sistema periodico degli elementi. Una forma preziosa in cui compare il carbonio è il diamante che, surriscaldato, si scompone in grafite. Il carbonio sta anche alla base dei refrigeranti organici. I prodotti derivanti dalla combustione, il diossido e il monossido di carbonio, non sono considerati parte della chimica organica, nonostante il loro contenuto di carbonio.



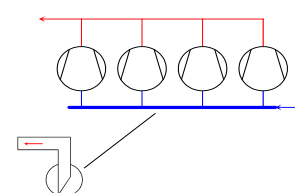
Catalizzatore: acceleratore di reazioni. Al termine della reazione l'elemento catalizzatore torna sempre libero e può così indurre altre reazioni.

Chimica organica: ramo della chimica che studia i composti del carbonio.

Coefficiente di conduttività termica: mostra la resistenza che un materiale oppone alla penetrazione di calore (diffusione dei movimenti molecolari). Gli scambiatori di calore hanno bisogno di sostanze con un coefficiente elevato, gli strati isolanti devono invece avere un coefficiente basso. L'alluminio, ad esempio, ha un coefficiente di conduttività termica di 204 W/mK, il rame di 384 W/mK e l'espanso PU solo di 0,028 W/mK.



Collettore di aspirazione: divisione della condotta di aspirazione originale sul compressore. Un collettore di aspirazione deve soddisfare determinate condizioni ed essere pertanto conforme a un design adeguato.



Competenza specifica: chi vende a privati prodotti chimici di particolare pericolosità deve disporre di conoscenze specifiche (competenza specifica) su questi prodotti. La competenza specifica comprende informazioni base e nozioni particolari sui vari prodotti.

Contaminazione: inquinamento, infestazione, avvelenamento. Diffusione di sostanze estranee nell'ambiente. Avvelenamento o infestazione di un organismo o di un sistema causati da sostanze nocive o indesiderate.

Cornea: membrana trasparente e convessa, inumidita dal liquido lacrimale, che copre la parte anteriore dell'occhio.



Derivato: se, ad esempio, al metano si sottrae l'idrogeno e lo si sostituisce altro elemento, si parla di derivazione. Il risultato sarà un derivato. Nella tecnica del freddo si incontrano, oltre ai derivati del metano, i derivati dell'etano e del propano.

Diossido di carbonio (anidride carbonica): prodotto derivante dalla combustione pulita di biomassa. Il diossido di carbonio era utilizzato come refrigerante nella tecnica del freddo sin dai primordi, ma è poi stato soppiantato per le pressioni elevate e per il processo ipercritico da refrigeranti meno inquinanti e più sicuri.

Drop-in: se un impianto frigorifero viene modificato passando dall'esistente fluido refrigerante ad un altro, senza la necessità di sostituire dei componenti o l'olio refrigerante, si parla di conversione drop-in. Vantaggio: rapidità e semplicità. Svantaggio: in questa procedura veloce l'efficienza non è un aspetto prioritario.

Ecosistema industrializzato: tentativo di trasferire alla tecnica le simbiosi esistenti in natura.

Emissione: rilascio di sostanze nell'ambiente. Le emissioni di gas e vapori raggiungono un grado di distribuzione maggiore rispetto ai solidi o ai liquidi.

Entalpia: contenuto di calore. Ogni sostanza "accumula" il calore che le viene dato e lo cede poi all'ambiente in funzione della differenza di temperatura. L'entalpia è una misura dell'energia di una sostanza o di un sistema.

Entalpia di evaporazione: quantità di calore necessaria per portare una sostanza, a temperatura costante, dallo stato liquido allo stato gassoso.

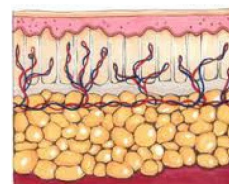
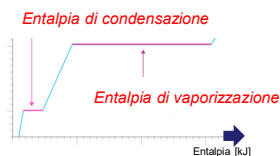
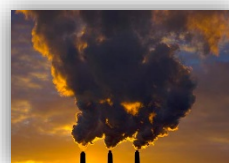
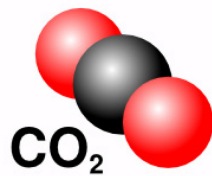
Epidermide: tessuto più esterno negli animali e nell'uomo. Forma lo strato più esterno, il rivestimento protettivo vero e proprio esposto all'ambiente. È a più strati ed è formata per il 90 per cento da cheratinocidi, le cellule costitutive dell'epidermide. Negli strati superiori l'epidermide è costituita da cellule epiteliali appiattite e corneificate.

Esposizione: essere sottoposti all'azione degli agenti ambientali, tra cui raggi, agenti patogeni, ecc.

Etere: primo refrigerante utilizzato nell'impianto sperimentale Perkins. Era noto come narcotizzante e solvente.

Facilmente infiammabili: sono i prodotti chimici che si infiammano a bassissima temperatura.

Fisiologico: che si riferisce alla fisiologia. Gli effetti fisiologici non hanno conseguenze chimiche o meccaniche. Fisiologia: studio delle funzioni vitali degli organismi viventi.



Fotosintesi: produzione (sintesi) di sostanze organiche negli esseri viventi e nelle piante grazie all'utilizzo dell'energia contenuta nella luce. Il carbonio a tal fine necessario deriva da semplici composti organici o dal diossido di carbonio presente nell'aria. Il carbonio viene utilizzato per costruire il tessuto, mentre viene emesso l'ossigeno in forma di O₂.

Frase H: le Frasi H e P e le integrative Frasi EUH sono avvertenze di sicurezza per sostanze pericolose che nell'ambito del sistema armonizzato globale vengono usate per classificare e denominare i prodotti chimici (GHS). Le Frasi H e P nella denominazione GHS hanno un compito analogo a quello delle Frasi R e S utilizzate nella denominazione EU.

Frase P: le Frasi H e P e le integrative Frasi EUH sono avvertenze di sicurezza per sostanze pericolose che nell'ambito del sistema armonizzato globale vengono usate per classificare e denominare i prodotti chimici (GHS). Le Frasi H e P nella denominazione GHS hanno un compito analogo a quelle delle Frasi R e S utilizzate nella denominazione EU.

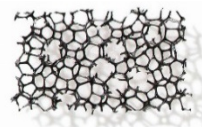
Frase R: le cosiddette frasi R (R sta per rischio) sono avvertenze su particolari pericoli derivanti dai prodotti chimici. Esistono in totale 66 frasi R, numerate da R1 a R 68.

A partire dal 1° giugno 2017 sul mercato non dovranno più esserci prodotti denominati con Frasi R ed S. Tali prodotti saranno sostituiti da Frasi H e P.

Frase S: le cosiddette frasi S (S sta per sicurezza) sono consigli di sicurezza cui attenersi in caso di manipolazione di sostanze chimiche. Esistono in totale 54 frasi S, numerate da S1 a S 64.

A partire dal 1° giugno 2017 sul mercato non dovranno più esserci prodotti denominati con Frasi R ed S. Tali prodotti saranno sostituiti da Frasi H e P.

Gas cellulare: gas presente nei pori di un espanso. Dati gli innumerevoli passaggi di calore che avvengono all'interno di un materiale simile, il coefficiente di conduttività termica è molto basso. Questi materiali vengono pertanto utilizzati per funzioni isolanti.



Gas di protezione: gas inerte che, durante la brasatura, viene soffiato nel condotto per ridurre la concentrazione di ossigeno. Si evita così la formazione di scorie*. Come gas di protezione si utilizza solitamente l'azoto.



Gas effetto serra: gas con un potenziale effetto serra di gran lunga superiore alla media.



Gas propellente: i liquidi contenuti in contenitori chiusi possono venire emessi mediante sovrapposizione di pressione. Un gas sotto pressione viene introdotto nel contenitore e agisce sul livello del liquido. Dal punto di vista tecnico è importante tenere presente che l'apertura di fuoriuscita deve essere collocata nella zona in cui si trova il liquido, altrimenti viene emesso solo gas propellente. Per motivi di sicurezza in passato si utilizzavano i CFC come gas propellente. A causa della loro azione inquinante oggi si utilizzano soprattutto alternative infiammabili, come ad esempio il propano.



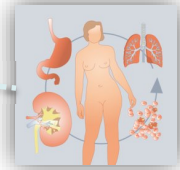
Glide: differenza tra la temperatura di ebollizione massima e la temperatura di ebollizione minima delle sostanze presenti nelle miscele di refrigeranti. Maggiore è il glide, più precoci saranno i fenomeni di separazione delle sostanze che compongono la miscela in caso di perdite o di carica non corretta.

Gruppo manometrico: importante strumento di controllo utilizzato dai tecnici del freddo. È formato da una barra centrale sulla quale sono montati un manometro di bassa e uno di alta pressione. A seconda della versione sono poi presenti due o quattro rubinetti. Esistono strumenti analoghi tradizionali e strumenti elettronici che possono svolgere altre funzioni supplementari, ad esempio la registrazione dei dati.



Lacuna di miscibilità: gamma di temperatura e di pressione in cui il refrigerante non si miscela con l'olio refrigerante.

Metabolismo: nell'uomo l'equilibrio totale di sostanze introdotte e di sostanze espulse.

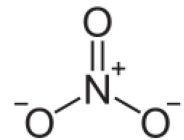


Mezzi secondari: se il calore viene trasportato all'evaporatore o rimosso dal condensatore non solo tramite il refrigerante ma anche da un altro fluido (che spesso è un liquido), si parla di impianto con circolazione secondaria; tale circolazione può essere sul lato dell'evaporatore, su quello del condensatore o su entrambi i lati. Durante l'impiego di refrigeranti tossici o infiammabili si ricorre spesso a un fluido secondario. L'aria presente in una camera frigorifera, che trasporta all'evaporatore il calore dall'oggetto che si desidera raffreddare, non è invece considerata un fluido secondario.



Molecola urtante: molecola che dà il via alla reazione chimica di altre due molecole o elementi attraverso un "urto". La molecola urtante non entra a far parte del composto che si forma.

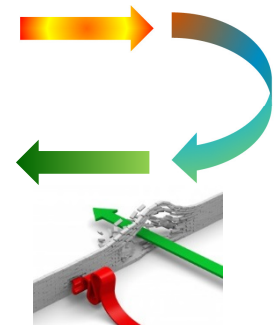
Nitrato: in chimica organica vengono chiamati nitrati i sali dell'acido nitrico, HNO₃. In passato i nitrati (presenti nei liquami) venivano utilizzati come concime e questa prassi ha causato gravi problemi ambientali (acque).



Obbligo di restituzione: il cliente deve portare i residui dei prodotti chimici pericolosi al punto di vendita o a un centro di raccolta.

Obbligo di ritiro: il venditore è tenuto a ritirare dai clienti privati tutti i prodotti chimici pericolosi (anche i biocidi) (articolo 22, legge sui prodotti chimici). Il ritiro di piccole quantità deve essere gratuito.

Penetrare, penetrazione: introdursi, infiltrarsi, invadere. Ad esempio la penetrazione attiva di un agente patogeno nel corpo.



Peptidi: sono composti organici generati da un concatenamento di diversi amminoacidi*.

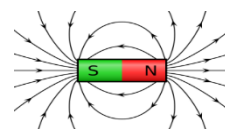
Pericoloso per l'ambiente: (simbolo: N) sono i prodotti chimici che, direttamente o con i prodotti derivanti dalla loro trasformazione, possono modificare l'equilibrio naturale di acqua, suolo o aria, clima, flora, fauna o microrganismi, causando pericoli immediati o futuri per l'ambiente.



Persistente: che non esercita un'azione nociva diretta, ma risulta nocivo solo per la sua presenza prolungata. Il contrario di persistenza è transistenza.

Peso molecolare: somma del peso degli atomi di tutti gli elementi che formano la struttura molecolare.

Polare: le particelle con una carica elettrica, che presentano un diverso numero di protoni nel nucleo e di elettroni nella membrana, sono polari (ione). Se predominano gli elettroni negativi si ha un anione. In caso di eccedenza di protoni si ha un catione.



Prodotto della dissociazione: se un composto viene decomposto / smaltito, non si dissolve nel nulla. Si formano nuovi prodotti la cui azione sull'ambiente deve essere oggetto di studio.

Proteine: sono dette anche protidi. Si tratta di macromolecole formate da carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto, possono contenere anche altri elementi come zolfo e selenio. Fanno parte degli elementi base che formano tutte le cellule. Oltre a determinare la struttura delle cellule, sono le "macchine" molecolari che trasportano le sostanze, pompano gli ioni e riconoscono i neurotrasmettitori.



Quasi azeotropico: i produttori di miscele refrigeranti adottano questa designazione quando la miscela ha un glide tanto basso che, in pratica, non si prevedono effetti negativi.

Refrigerante monocomposto: refrigerante formato solo da un unico composto. L'utilizzo di queste sostanze è più semplice rispetto alle miscele.

Scheda di dati di sicurezza: la scheda di dati di sicurezza contiene informazioni particolareggiate sui pericoli, sull'uso e sulle misure di protezione. Essa si basa sulla classificazione del prodotto.

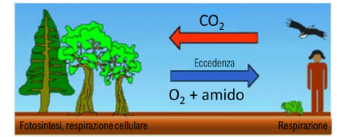
Scorie: o loppe. Sono il composto tra ossigeno e rame. Si formano durante il processo di riscaldamento del rame, dalla reazione tra il rame e l'ossigeno presente nell'aria ambientale. Durante la brasatura è possibile evitare la formazione di scorie allontanando l'ossigeno con l'aiuto di un altro gas, il cosiddetto gas di protezione. Come gas di protezione si utilizza soprattutto l'azoto. Un sistema con scorie può non funzionare correttamente per diversi motivi: la presenza di scorie favorisce la formazione di acidi e l'olio che assorbe le scorie perde le sue proprietà lubrificanti.



Setaccio molecolare: sostanza che, con la sua azione capillare, trattiene le parti piccole e fa passare quelle più grandi. L'effetto è quindi esattamente inverso a quello di un normale setaccio meccanico. Nella tecnica del freddo si utilizza il Silicagel negli essiccatori a filtro come setaccio molecolare.



Simbiosi: la sostanza residua di un processo è al tempo stesso materia prima di un altro processo. Le simbiosi consentono di contenere la produzione di rifiuti. Le piante verdi emanano l'ossigeno, tanto importante per l'uomo, mentre l'uomo ne ha bisogno.



Smog: il termine "smog" è formato dall'unione tra "smoke" (fumo) e "fog" (nebbia). Da un punto di vista scientifico si intende per smog un'altissima concentrazione di sostanze nocive nell'aria, estesa sopra aree a notevole densità di popolazione, causata da particolari condizioni meteorologiche. Uno dei gas che concorre alla formazione dello smog è l'ozono.



SUVA: abbreviazione dell'istituto nazionale svizzero di assicurazione contro gli infortuni. I lavoratori del settore della tecnica degli stabili sono spesso assicurati presso questo istituto.

suva

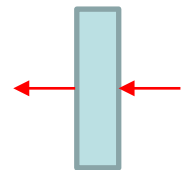
Tessuto connettivo: dal punto di vista funzionale non è solo un materiale di riempimento, ma funge anche da serbatoio d'acqua, strato di scorrimento e luogo di permanenza di numerose cellule libere. Serve anche da sostegno, protegge e stabilizza gli organi e li separa.



Tossicità: grado di intensità dell'azione nociva. Velenosità = capacità di una sostanza chimica di esercitare un'azione velenosa sulle funzioni ordinarie di un determinato sistema biologico. Si manifesta con emicranie, affanno, intontimento, vomito o altri disturbi.

Tossico: avente l'effetto di un veleno o contenente sostanze velenose

Trasferimento di calore: indica il passaggio del calore da un fluido a un altro. I passaggi di calore tra solidi in contatto tra loro sono molto alti, mentre il passaggio da un solido a una sostanza gassosa o viceversa dà valori molto bassi. Con un doppio vetro classico, ad esempio, non è il gas presente all'interno che contribuisce al buon isolamento (come spesso erroneamente si crede), ma i due passaggi di calore in più che sono necessari. Rispetto a prima, le due lastre di vetro potrebbero essere molto ravvicinate, senza che ciò aumenti le perdite.



Tubo capillare: tubo dal diametro tanto ridotto da rendere attive forze capillari. Nella tecnica del freddo rappresenta la forma più semplice di valvola d'espansione.



UFAM: autorità della confederazione elvetica: Ufficio federale dell'ambiente. Responsabile per il rilascio dell'autorizzazione speciale per l'utilizzazione di prodotti refrigeranti.

Valore c: coefficiente termico specifico di una sostanza. Indica quanta energia serve per riscaldare 1 kg di tale sostanza di 1 K. La sostanza con il valore c più alto è l'acqua.

Zavorratore: lo zavorratore impedisce, nelle pompe per vuoto che ne sono provviste, che l'umidità presente nell'aria si condensi all'interno della pompa.

Zeotropico: comportamento tipico di una miscela formata da due liquidi (refrigeranti) che, all'evaporazione, presentano un aumento di temperatura. La differenza di temperatura a inizio e fine operazione è chiamata glide*.

