

Utilizzo di prodotti refrigeranti

A large iceberg floating in the ocean. The tip of the iceberg is visible above the water surface, while the much larger, jagged mass of ice is submerged below. The sky is blue with some clouds, and the water is a deep blue. The overall image serves as a metaphor for hidden or less obvious aspects of a topic.

Principi per l'ottenimento di un'autorizzazione speciale

Premessa

Il compito di ogni impianto di refrigerazione o pompa di calore è il trasporto di calore. Per questo motivo, ai primordi della tecnica frigorifera è stato necessario trovare dei «contenitori di trasporto» idonei a questo scopo. È noto che l'efficienza di un trasporto dipende in grande misura dal «contenitore» del bene trasportato. In un impianto di refrigerazione questo compito è svolto dal refrigerante. Tuttavia, è stato necessario sviluppare prima sostanze adatte a soddisfare tutti i requisiti e le esigenze.

Requisiti delle pressioni di lavoro

Tali pressioni di esercizio non sono troppo elevate, ma nemmeno corrispondenti ad una depressione. 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 albori della tecnica di refrigerazione commerciale si è cercato di ottenere i maggiori rendimenti possibili ricorrendo a refrigeranti idonei. Ciò significa riuscire a trasportare la **maggior quantità possibile di energia termica** con la **minor quantità possibile di energia di trasporto** dall'evaporatore al condensatore.

- **Requisiti relativi al comportamento ambientale**

Guardando indietro, si potrebbe dire che ai 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 sono dovuti 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.

Essa conferma che la persona che ne è titolare è in grado di valutare le conseguenze delle emissioni*. La persona titolare deve altresì essere motivata e capace 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 febbraio 2024-21 basata sull' ORRPChim
Homepage:	www.svk.ch/fachbewilligung
Contatto:	fachbewilligung@svk.ch
Redattore:	Patrick Goetz / Visconsil AG / Neuenegg
Committente:	Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Editore / fonte di riferimento:	Schweizerischer Verband für Kältetechnik SVK Eichstrasse 1 6055 Alpnach Dorf
Prezzo:	Fr. 25.00 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.

Termini tecnici:

Se nel testo una parola è affiancata dal simbolo *, questa viene spiegata nel Capitolo 9 "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.cooling-reg.ch

Notifica di nuovi impianti:

Per informazioni sulla notifica degli impianti soggetti a registrazione obbligatoria si rimanda al sito:

<https://www.svk-asf-atf.ch/it/competenza/ufficio-di-notifica/>

UFAM:

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

- www.bafu.admin.ch

Indice

1	Ecologia e tecnica frigorifera	5
1.1	Conseguenze sull'ecosistema	6
1.1.1	Assottigliamento dello strato d'ozono	6
1.1.2	Effetto serra	7
1.1.3	Prodotti degradabili	7
1.2	Ecosistema ed energia	8
2	Fondamenti di ecologia	9
2.1	Gli spazi vitali	10
2.2	L'atmosfera	11
2.3	Composizione dell'atmosfera	12
2.4	L'ozono nella troposfera	13
2.5	Lo strato di ozono	14
2.6	Abbattimento dell'ozono nella stratosfera	15
2.7	Effetto serra	16
2.8	Inquinamento delle acque	17
2.9	Proprietà ed ecocompatibilità	18
2.10	PFAS e TFA	19
2.11	Emissione e progressione	20
2.12	Termini relativi allo strato di ozono e all'effetto serra	21
3	Tossicologia	23
3.1	Assorbimento attraverso la respirazione	23
3.2	Assorbimento attraverso la pelle	24
3.3	Assunzione attraverso la bocca	24
3.4	Tossicità	25
3.5	Valutazione dei rischi e prevenzione	27
4	Legislazione	28
4.1	Legge sui prodotti chimici	28
4.2	Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici	29
4.3	Autorizzazione speciale e obbligo appello a specialisti	29
4.4	Obblighi e divieti	30
4.5	Triangolo transizione ecologica	30
4.6	Importazione e utilizzo di prodotti chimici	31
4.7	Enti preposti /associazioni	31
5	Refrigeranti organici	32
5.1	Produzione di refrigeranti sintetici	33
5.2	HFO / HFC	34
5.3	Designazione secondo ASHRAE	35
5.3.1	Riepilogo dei refrigeranti organici	36
5.4	Miscele di refrigeranti organici	37
5.4.1	Miscele zeotropiche	37
5.4.2	Miscele azeotropiche	38
5.4.3	Miscele quasi azeotropiche	38
6	Refrigeranti inorganici	39
7	Tabella di importanti prodotti refrigeranti	40
8	Riciclo e smaltimento	41
8.1	Smaltimento tramite distruzione	41
8.2	Riciclo primario	41
8.3	Riciclo secondario	41
9	Termini tecnici	41

Tecnica frigorifera ed ecologia? A prima vista questi due ambiti non sembrano avere nulla in comune. L'ecosistema funziona indipendentemente dall'impianto di refrigerazione. Tuttavia, un impianto di refrigerazione può avere un impatto sull'ecosistema. E purtroppo non in senso positivo. Gli effetti possono essere classificati a grandi linee come segue:



Per quanto riguarda il loro fabbisogno di energia, i consumatori elettrici si comportano in maniera a prima vista climaticamente neutra. A uno sguardo più attento, tuttavia, tutto ruota attorno al modo in cui l'energia stessa è prodotta. L'elettricità infatti può essere generata in molti modi diversi, anche utilizzando combustibili fossili, che a livello mondiale fanno ancora registrare una quota superiore al 60%. Per questo motivo, per ogni kWh di energia elettrica prodotta la produzione di 600 Wh genera emissioni di CO₂. Se un impianto di climatizzazione o refrigerazione viene alimentato direttamente tramite un motore a combustione, tale quota sale al 100%.

Emissioni primarie:

Effetto serra causato dalle perdite.

Emissioni secondarie:

Effetto serra prodotto dal fabbisogno di energia e dalla fornitura di materiale.

Da questo punto di vista gli impianti devono essere progettati in maniera ottimale, installati a regola d'arte e sottoposti a una manutenzione professionale. In questo modo è possibile da un lato contenere il potenziale di riscaldamento globale supplementare legato al fabbisogno di energia, riducendo dall'altro le emissioni*.

La conoscenza dell'ambiente e dell'ecologia non faceva originariamente parte dei principi di base della tecnologia della refrigerazione, ma la situazione è cambiata radicalmente dal 1992, quando è stato definitivamente dimostrato che il buco nell'ozono atmosferico era in gran parte causato dai clorofluorocarburi (CFC)*. Queste sostanze venivano impiegate anche negli impianti frigoriferi ed erano considerate innocue per l'ambiente. Fino a quel momento, pertanto, il refrigerante di questi impianti veniva semplicemente rilasciato nell'ambiente. In vecchi materiali didattici si trovavano addirittura frasi come: «per pulire i condensatori raffreddati ad aria è possibile impiegare R12». La gestione poco accorta di queste sostanze dalla loro introduzione nel 1928 fino al 1992 ha contribuito a far sì che milioni di chilotonnellate delle stesse siano ancora in sospensione latente nell'atmosfera: molti dei composti CFC* presentano infatti tempi di permanenza in atmosfera di oltre 200 anni. Questo fatto dimostra che si tratta di composti molto stabili. Il fatto che queste sostanze non interagiscano con l'ambiente e che quindi non siano in gran parte né infiammabili né tossiche aveva portato erroneamente a sostenere che i clorofluorocarburi* fossero innocui per l'ambiente.

Oggi è facile riconoscere l'errore di tale considerazione: anche le sostanze che non destano preoccupazioni per umani e animali possono comunque avere un notevole potenziale di impatto ambientale. Nel 1928, tuttavia, l'uomo era ancora il centro del discorso e considerato come «coronamento» della creazione evolutiva. Per questo motivo non ci si rendeva conto che esso non è rappresentativo dell'intero ecosistema.

Inoltre, bisogna anche considerare che il viaggio delle molecole di CFC* prima di raggiungere lo strato di ozono nella stratosfera dura dai 15 ai 30 anni. Il buco nell'ozono rilevato nel 1977 era pertanto riconducibile a emissioni* di CFC avvenute prima del 1957.

L'utilizzo di refrigeranti sintetici fa sì che la tecnica frigorifera si occupi anche di ecologia.

I refrigeranti sintetici (prodotti artificialmente) non devono essere dispersi nell'ambiente.

1.1.1 Assottigliamento dello strato di ozono

La relazione tra assottigliamento dello strato di ozono e le emissioni di refrigeranti non fu compresa immediatamente. A ciò si aggiunse il fatto che i produttori di queste sostanze comprensibilmente non erano entusiasti all'idea di interromperne la produzione. Per questo motivo, solo a partire dal 1990 fu possibile adottare decisioni valide a livello internazionale in merito alla riduzione della produzione e delle emissioni di CFC che avessero carattere vincolante (perlomeno nei paesi industrializzati). Queste decisioni contenevano anche le regole per la gestione dei refrigeranti. Ragionevolmente, tali regole furono dichiarate applicabili a tutti i refrigeranti. Per questo motivo nessun refrigerante di origine sintetica può essere disperso nell'ambiente.

I moderni refrigeranti non danneggiano più lo strato di ozono: dal 2002 in Svizzera e nell'UE è proibita la costruzione di nuovi impianti di refrigerazione contenenti refrigeranti dannosi per l'ozono. Gli impianti di refrigerazione, tuttavia, possono avere durate di vita molto elevate. Per questo motivo è possibile che ancora per un certo periodo ci si possa imbattere di tanto in tanto in impianti che non sono ancora stati sottoposti ad alcuna conversione.

I refrigeranti contenenti cloro presenti nei vecchi sistemi danneggiano lo strato di ozono in caso di emissione nell'ambiente.*

Il problema dello strato di ozono è ormai considerato dall'opinione pubblica come risolto. Tuttavia, visto che il bando internazionale dei CFC* fu applicato da divieti e regolamenti nazionali specifici solo dopo il 1990, la comunità scientifica ha dovuto attendere fino al 2014 per confermare l'effettiva efficacia delle misure. Le misure i hanno dimostrato che lo strato di ozono si sta lentamente riprendendo, ma ci vorrà almeno fino al 2050 per raggiungere il livello precedente al 1950.

1.1.2

Effetto serra

Dopo che il problema del buco nell'ozono fu considerato risolto eliminando il cloro alogenato dalla produzione di refrigeranti si presentò presto un nuovo problema: la maggior parte dei refrigeranti sintetici impiegati prima del 2020 possiede infatti un notevole potenziale di riscaldamento globale.

I refrigeranti sintetici stabili possiedono spesso un notevole potenziale di riscaldamento globale.

Anche se a livello di emissioni* gli impianti frigoriferi si posizionano abbastanza indietro per quanto riguarda la quantità di CO₂ emessa, bisogna considerare il potenziale di riscaldamento globale dei refrigeranti sintetici stabili che aumenta con un fattore compreso tra 50 a 5000.

A costituire un problema è in questo caso l'elevata stabilità di questi composti: dopo l'emissione* essi permangono mediamente per 15 anni nell'atmosfera prima di essere decomposti dall'azione combinata dell'irraggiamento solare e dell'ossigeno presente nell'aria. La soluzione a questo problema risiede nell'uso di refrigeranti meno stabili, in grado pertanto di decomporre più rapidamente. La gestione di tali refrigeranti richiede tuttavia personale qualificato ben formato e altamente motivato visto che tali prodotti sono spesso infiammabili e/o tossici. Inoltre, i refrigeranti non devono in alcun caso cominciare a decomporre già nell'impianto frigorifero, processo può essere innescato dalla contaminazione del sistema di refrigerazione causata da una mancanza di pulizia durante l'installazione e la manutenzione.

1.1.3

Prodotti degradabili

Il problema dei refrigeranti sintetici nell'atmosfera si è quindi spostato dal potenziale di distruzione dell'ozono all'effetto di riscaldamento globale, e dal 2020 sempre più verso le sostanze alchiliche perfluorurate e polifluorurate (PFAS*). Giungere all'unanimità globale a tale proposito è di gran lunga più difficile di quanto lo sia stato per il problema del buco dell'ozono. Praticamente tutte le aziende industriali di qualsiasi dimensione emettono infatti direttamente o indirettamente gas serra. Inoltre, molti prodotti di uso quotidiano producono tra l'altro anche PFAS* al momento dello smaltimento.

Ancora una volta anche il settore del freddo è chiamato in causa: l'idea di ridurre al minimo l'elevato potenziale di riscaldamento globale (GWP) di molti refrigeranti sintetici persistenti* ricorrendo a sostanze dalla vita breve porta a una maggiore concentrazione di prodotti di decomposizione (PFAS*) nell'area attorno al punto di emissione*.

I refrigeranti sintetici con un breve tempo di permanenza nell'atmosfera producono TFA* al momento della loro decomposizione.

Lo sviluppo di nuove sostanze sostitutive con un potenziale di rischio inferiore per l'ambiente si è rilevato difficile: nella maggior parte dei casi, le sostanze compatibili con l'ambiente hanno un potenziale di rischio maggiore per l'uomo. Ciò che sembra illogico a prima vista può essere facilmente giustificato: la richiesta di una rapida degradabilità dei refrigeranti dopo l'emissione implica che queste sostanze devono interagire con l'ambiente. Pertanto, le sostanze che soddisfano al 100% questo requisito sono di norma tossiche e/o infiammabili. L'impiego di questi refrigeranti risulta di conseguenza più costoso per questioni di sicurezza. I refrigeranti attualmente in uso rappresentano dunque spesso un compromesso tra la stabilità nel circuito frigorifero e la degradabilità nell'ambiente.

Cosa	Vettore energetico	Preparazione/Funzione	Intervallo temporale, disponibile dopo	Conservazione
Piante verdi Esseri viventi	Vettori energetici rinnovabili <i>Biomassa → energia chimica</i>	Combustione: composti da legna, piante e altri prodotti organici. Spesso ricavati da rifiuti, scarti e carcasse.	Da mesi ad anni	Conservazione dei prodotti Conveniente
Piante verdi Esseri viventi	Vettori energetici non rinnovabili <i>Vettori energetici fossili → energia chimica</i>	Decomposizione: ottenuti da combustibili formati nella preistoria geologica da prodotti della decomposizione di piante e animali morti. Comprendono lignite, carbon fossile, torba, gas naturale e petrolio. → Vettori energetici fossili o combustibili fossili	Milioni di anni	Conservazione dei prodotti Conveniente
Piante verdi Esseri viventi	Biogas <i>Energia chimica</i>	Digestione: tutti i tipi di idrocarburi. Si formano con la decomposizione di prodotti vegetali e animali. Anche il metabolismo* di umani e animali produce biogas attraverso la valorizzazione degli alimenti.	Da giorni a mesi	Conservazione in recipienti sotto pressione Costosa
Termica	Vento <i>Energia cinetica</i>	Le differenze di temperatura nell'aria atmosferica dovute all'incidenza irregolare della radiazione solare (giorno/notte; nuvolosità ecc.) producono movimenti delle masse d'aria causati da differenze di pressione. Il vento (<i>energia cinetica</i>) può essere sfruttato nelle centrali eoliche, p. es. per produrre energia elettrica.	Disponibilità immediata	Batteria Molto costosa (ancora)
Differenza di altitudine geodetica	Altitudine <i>Energia potenziale</i>	L'aria riscaldata dal sole può incorporare più acqua evaporata. Di conseguenza, tale umidità sale fino a grandi altitudini. Se la temperatura scende, l'aria non può trattenere l'acqua, che viene quindi rilasciata sotto forma di pioggia. In questo modo si riempiono i bacini idrici d'accumulazione, che contengono energia potenziale che può essere convertita in corrente elettrica.	Disponibilità immediata In caso di pioggia e scioglimento della neve	Bacino d'accumulazione e Costosa
Fotovoltaico	Irraggiamento <i>Energia delle onde elettromagnetiche</i>	L'energia solare viene convertita direttamente in energia elettrica tramite un collettore (pannello) solare. <i>(Principio delle celle solari)</i>	Disponibilità immediata quando splende il sole	Batteria Molto costosa (ancora)
Collettori termici	Irraggiamento <i>Energia delle onde elettromagnetiche</i>	L'energia solare viene convertita in calore tramite un collettore solare termico. <i>(Principio dell'effetto serra)</i>	Disponibilità immediata quando splende il sole	Accumulo di calore Costosa
Energia nucleare	Materia <i>Energia della massa</i>	Massa significa energia. Nelle centrali nucleari questa energia viene convertita per fissione o fusione in energia termica, a sua volta impiegata per alimentare una turbina. Il tutto comporta una perdita di massa.	Miliardi di anni	Materia Conveniente

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:

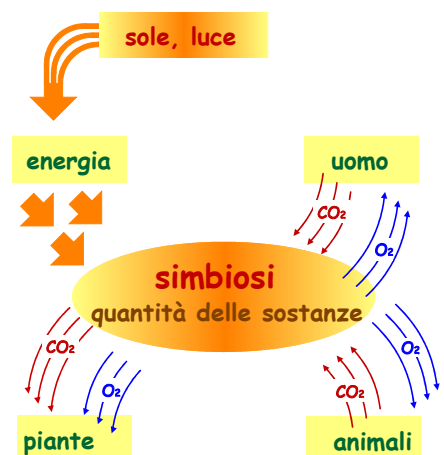
L'ambiente inanimato comprende da una parte gli **spazi vitali** di base come **l'aria**, **l'acqua** e **il suolo**. Dall'altra, questo sistema viene completato dal fornitore di energia, il sole. Tutta la vita si svolge all'interno di questi spazi vitali, in cui vengono scambiate anche delle sostanze.

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 . Questo perché i prodotti di combustione delle sostanze organiche, che includono la CO_2 , non vengono più considerati come sostanze organiche.



Simbiosi:

Coesistenza di specie diverse per beneficio reciproco / indipendenza reciproca

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**.

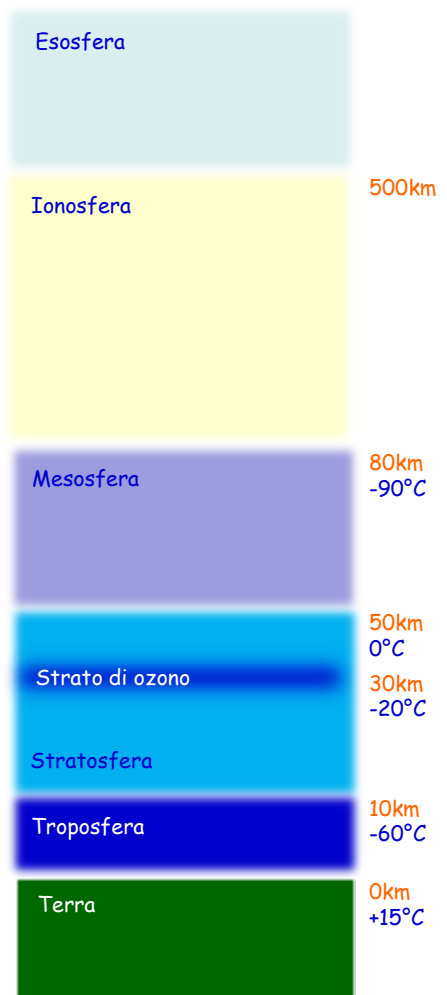
Il piano inferiore arriva ai Poli fino a una quota di ca. 8 km e all'equatore fino a una quota di ca. 16 km. Tipico del "piano terra", definito come **troposfera**, sono le temperature gradualmente sempre più basse mano a mano che si sale di quota. Nello strato successivo, la **stratosfera**, l'aria 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.



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

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:

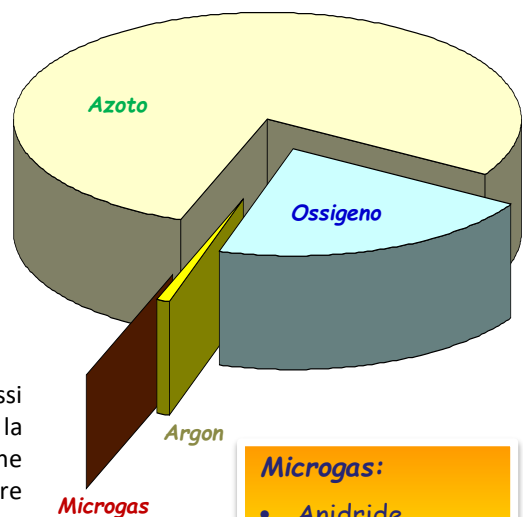
- 0,04% **Microgas**

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 2.2 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.

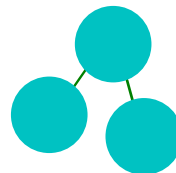
Le emissioni di sostanze stabili in aria devono essere limitate a un minimo non evitabile.



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). Pertanto, il contenuto di ossigeno rimane costante.

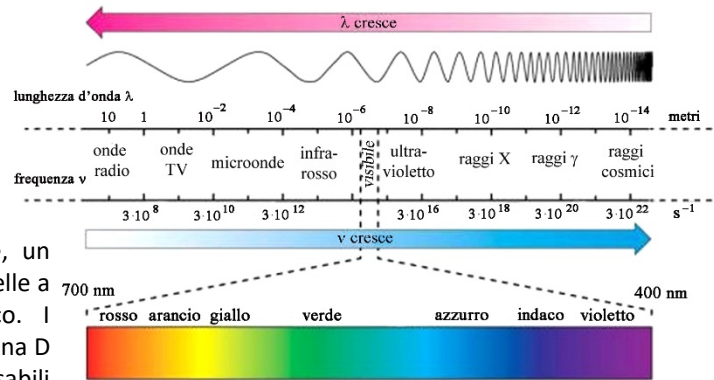
Lo **spettro di irraggiamento** del sole non comprende soltanto l'area visibile all'occhio umano. Al di sopra della luce visibile si trova l'area degli **ultravioletti** (a onda corta), al di sotto si trova l'area degli **infrarossi** (a onda lunga).

Contrariamente alle radiazioni infrarosse, un eccesso di raggi UV danneggia la nostra pelle a causa dell'elevato potenziale energetico. I raggi UV permettono la sintesi della vitamina D nell'organismo, ma sono anche responsabili delle ustioni solari. Per questo motivo, prima di esporsi al sole occorre proteggere la pelle. Ogni ustione aumenta il rischio di sviluppare un tumore della pelle.

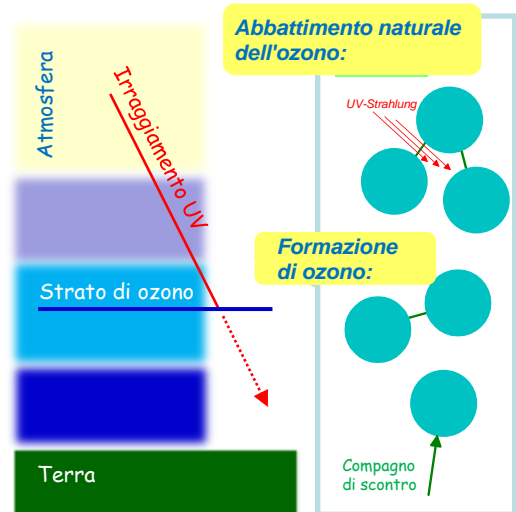
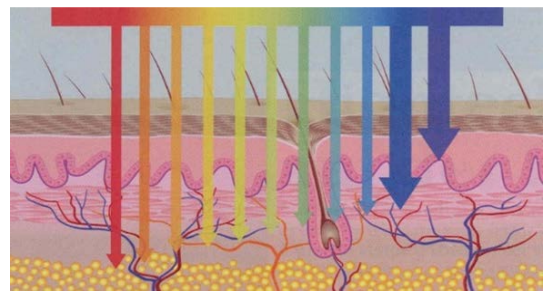
I raggi UV-A causano le rughe e penetrano più in profondità nel **tessuto connettivo**, che possono distruggere.

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.
- Attraverso questo processo l'ozono viene abbattuto e l'energia dei raggi UV viene convertita in calore.
- Tramite compagni di scontro, si forma ossigeno libero (O) dall'abbattimento di ozono con molecole di ossigeno (O_2) presenti in ozono (O_3).

I raggi UV-A penetrano in profondità nel tessuto connettivo.

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%. Il cloro può pertanto esercitare solo in misura ridotta la propria azione di assottigliamento dell'ozono. Per questo motivo i refrigeranti H-CFC* sono stati tollerati 10 anni più a lungo 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**.

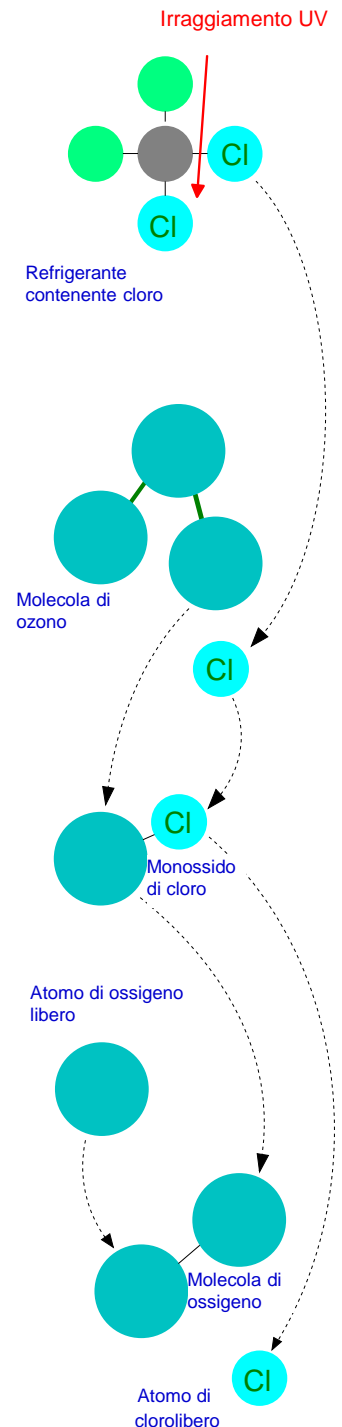
Abbattimento dell'ozono da parte di CFC e H-CFC:

- 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 sono autorizzati solo i refrigeranti che non contengono cloro o il cui ODP non supera lo 0,0005.

Abbattimento dell'ozono dovuto al cloro:



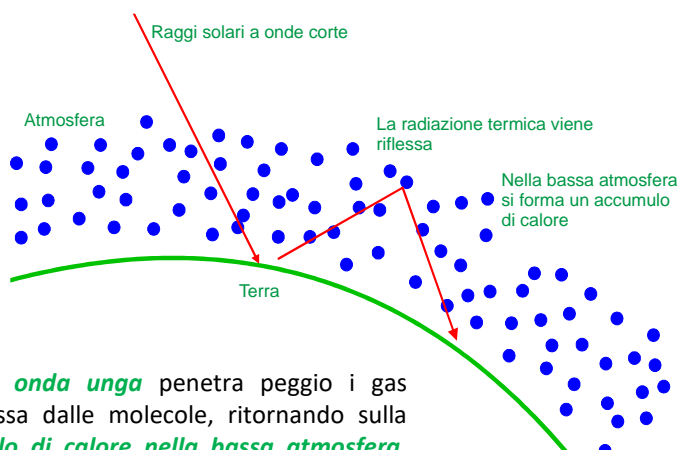
Il potenziale di riduzione dell'ozono di un refrigerante autorizzato non deve superare lo 0,0005.

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 possiede un effetto serra, è comunque ancora importante adottare misure per evitare emissioni* inutili 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:

NH₃ / 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. Nei sistemi con temperature superiori a 0 °C l'acqua è la migliore alternativa.

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

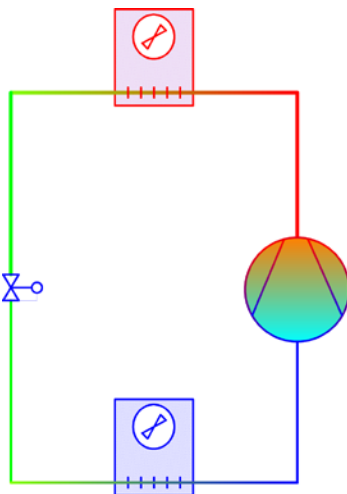
All'inizio della frigotecnica si utilizzava come refrigerante ciò che funzionava sempre. I refrigeranti non sempre sicuri della 1a generazione comportavano una serie di incidenti. Quando nel 1928 fu necessario sostituire l'ammoniaca e altre sostanze parzialmente tossiche o infiammabili, si prestò sempre 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 conforme alle specifiche del materiale.

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.

Quasi tutti i refrigeranti sintetici si basano su idrocarburi nei quali uno o più atomi di idrogeno sono stati sostituiti da fluoro. Con questa misura è stato possibile da un lato ridurre, se non addirittura eliminare, l'infiammabilità, adeguando dall'altro i valori fisici alle esigenze. Tuttavia, i corrispondenti prodotti di decomposizione* si ritrovano nell'ambiente dopo l'emissione*.

PFAS:

composti alchilici
perfluorurati e polifluorurati

TFA:

Acido trifluoroacetico

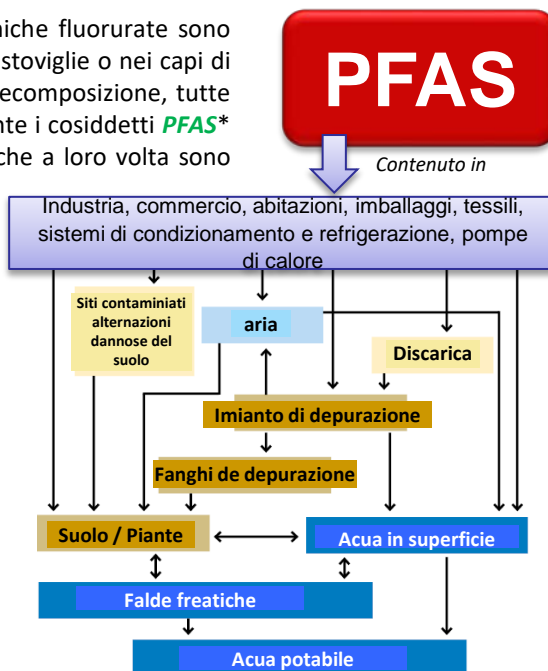
Oltre ai refrigeranti sintetici, simili sostanze chimiche fluorurate sono molto diffuse, per esempio nel rivestimento delle stoviglie o nei capi di abbigliamento idrorepellenti. Al momento della decomposizione, tutte queste sostanze fluorurate producono nell'ambiente i cosiddetti **PFAS*** (composti alchilici perfluorurati e polifluorurati), che a loro volta sono molto poco degradabili.

Per questo motivo vengono chiamati anche «**forever chemicals**», composti che i tipici processi di degradazione nell'ambiente non sono in grado di decomporre e che vengono distrutti solo a temperature superiori a 1000 °C.

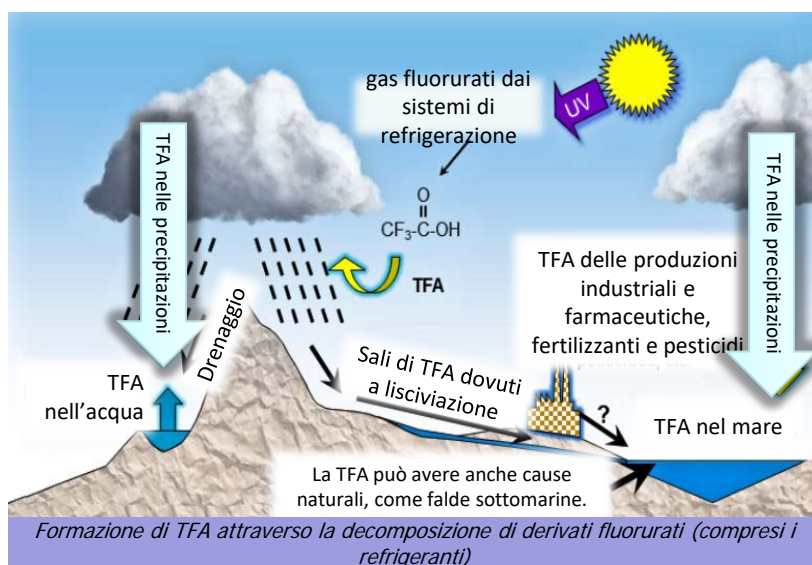
I PFAS* sono sostanze chimiche persistenti che sono state trattate per decenni e sono ora presenti nell'ambiente e nella catena alimentare. Sulla base dell'ultima valutazione dell'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA), l'Ufficio federale per la sicurezza alimentare e veterinaria (FSVO) sta esaminando le nuove misure da adottare..

TFA sta per acido trifluoroacetico, una sostanza chimica appartenente al gruppo dei PFAS*. Si tratta di un liquido incolore, fortemente igroscopico* con un pungente odore acetico. È nocivo per la salute se inalato, provoca gravi ustioni ed è dannoso per gli organismi acquatici anche se diluito. Nell'ambiente si forma tra l'altro per foto-ossidazione dei refrigeranti fluorurati.

A causa della minore stabilità dei refrigeranti HFO* (derivati* degli alcheni*), la concentrazione nell'ambiente di emissione è maggiore rispetto ai più stabili prodotti a base di HFC* (derivati* degli alcani*). Ciò porta a una discrepanza: sono infatti proprio gli HFO con un GWP inferiore a comportare una maggiore concentrazione di TFA* nell'ambiente di emissione.



TFA



L'effetto serra a livello fisico e la l'impovertimento dell'ozono a livello chimico tramite catalizzatori* sono due processi distinti. I refrigeranti attualmente impiegati nella tecnica frigorifera promuovono l'effetto serra nella troposfera, mentre quelli che impoveriscono lo strato di ozono nella stratosfera si ritrovano ancora solo in vecchi impianti.

Dopo l'emissione* il refrigerante fa la sua comparsa nell'atmosfera innanzitutto come gas serra*. Ogni gas presente nell'atmosfera ha un maggiore o minore potenziale di riscaldamento globale. L'impovertimento dell'ozono si verifica solo con i refrigeranti contenenti cloro quando raggiungono lo strato di ozono.

L'intensità di tale danneggiamento dipende dal corrispondente tenore di cloro e dalla stabilità del gas. I composti meno stabili si decompongono già prima di arrivare allo strato di ozono.

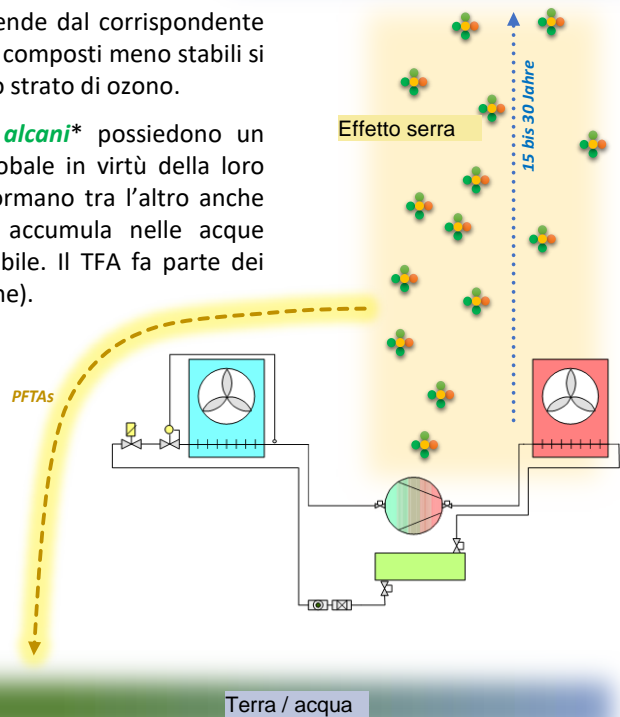
I refrigeranti fluorurati derivati dagli alcani* possiedono un elevato potenziale di riscaldamento globale in virtù della loro stabilità. Durante la decomposizione formano tra l'altro anche TFA* (acido trifluoroacetico), che si accumula nelle acque sotterranee ed è difficilmente degradabile. Il TFA fa parte dei PFAS*(sostanze per- e polifluoroalchiliche).

I refrigeranti fluorurati, derivati dagli alcheni* sono meno stabili, si degradano rapidamente nell'atmosfera e vantano pertanto un potenziale di riscaldamento globale solo ridotto. La concentrazione di TFA* è pertanto maggiore nell'area di emissione. In generale bisogna pertanto evitare le emissioni di refrigeranti sintetici.

Tramite un montaggio ineccepibile e un'assistenza professionale si mira a prevenire future perdite. Quelle che dovessero verificarsi comunque devono essere rilevate ed eliminate. Non devono essere tollerate perdite di refrigerante. Se correttamente impiegati, gli attuali materiali e utensili consentono di ridurre al minimo l'insorgenza di perdite. Affermazioni come «gli impianti perfettamente ermetici non esistono» non possono essere tollerate. Altrimenti la presunta normalità stroncherebbe sul nascere qualsiasi motivazione a migliorare sotto questo profilo.

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

Strato di ozono (ca. 30 km altezza)



Terra / acqua

Principi per la costruzione di impianti:

- Il sistema deve essere realizzato nel modo più ermetico possibile, senza tuttavia ridurre le possibilità di diagnosi o di assistenza.
- La carica di refrigerante deve essere contenuta il più possibile, senza tuttavia pregiudicare le prestazioni in condizioni di pieno carico.

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 impact

Totale impatto equivalente di riscaldamento Sostanza di riferimento

TEWI

A differenza del GWP, il TEWI non considera solo l'effetto serra diretto dovuto al rilascio di un gas. Esso tiene conto infatti anche dell'effetto serra indiretto (*emissioni secondarie*) causato dal fabbisogno di energia e dalle perdite di riciclaggio.

- *Fabbisogno di energia per il funzionamento*
- *Emissioni dirette prodotte da materiali d'esercizio*
- *Perdite di riciclaggio*

Mentre il GWP di qualsiasi gas può essere misurato direttamente, determinare il TEWI è più complesso. Per poter stabilire in anticipo le probabili perdite da fughe e riciclaggio servirebbero quasi doti «profetiche». Pertanto, sulla base dei dati statistici disponibili è stata elaborata una formula di approssimazione.

La seguente formula consente di determinare per approssimazione il TEWI. I dati relativi al tasso di perdita annuo e alle probabili perdite di riciclaggio possono essere ottenuti dai rilievi statistici.

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times [1 - \alpha_r]) + (n \times E_a \times \beta)$$

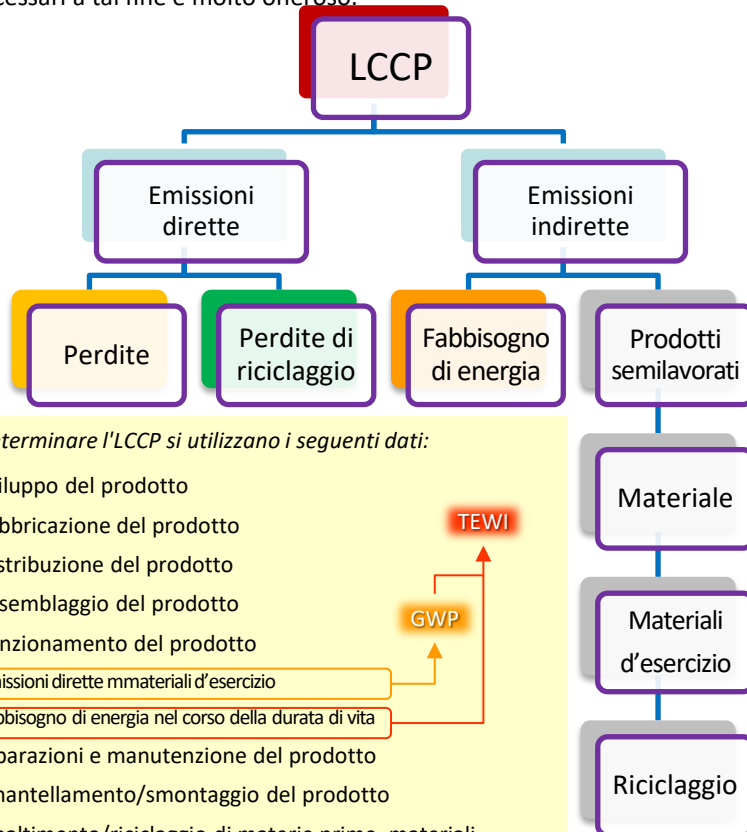
TEWI:	Total Equivalent Warming Impact	include anche le emissioni secondarie
GWP:	Global Warming Potential	equivalente di CO ₂ secondo IPCC IV
L:	tasso di perdita annuo	in kg
n:	tempo operativo dell'impianto	in anni
m:	carica di refrigerante	in kg secondo le specifiche del produttore
α_r :	Fattore di riciclaggio	perdite durante il riciclaggio
E_a :	fabbisogno energetico	in kWh/anno
β :	emissioni di CO ₂ per kWh di energia fornita	

Life Cycle Climate Performance

Comprende le emissioni primarie e secondarie

LCCP

L'LCCP considera l'intero ciclo di vita dell'impianto, compresi i prodotti semilavorati e il relativo fabbisogno di risorse per la produzione, l'usura nonché il fabbisogno di energia durante montaggio e manutenzione. Rilevare i dati necessari a tal fine è molto oneroso.



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

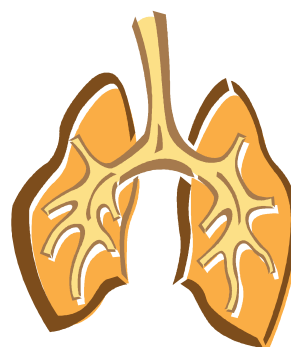
3.1

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.

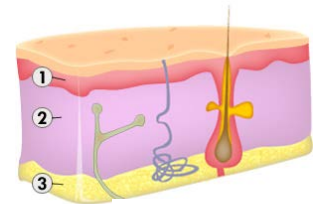
In base alla **grandezza delle particelle**, una parte della sostanza inalata si deposita nelle alte vie respiratorie. Con il movimento delle ciglia vibratili presenti nei bronchi, le particelle vengono spinte nuovamente verso l'alto ed eliminate con la tosse oppure assorbite nel tratto digerente tramite 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.



Assorbimento attraverso la pelle

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

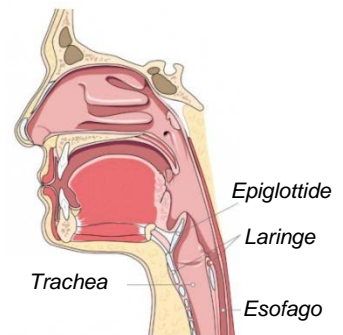
Assunzione attraverso la bocca

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 gonfiori 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. 40.

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'a presa dell'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:

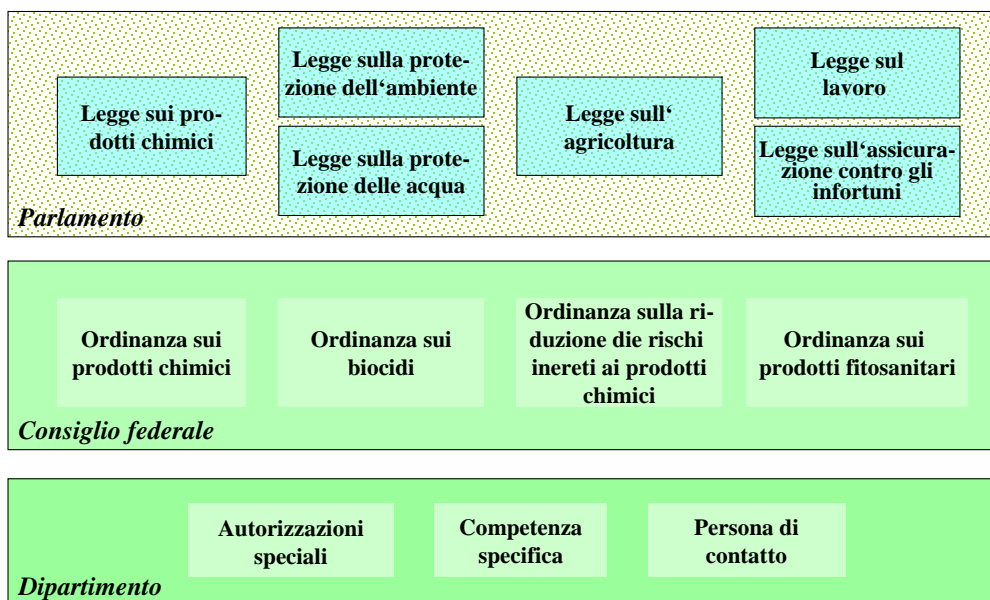
- Pericolo di ustioni dovuto a spruzzi di liquido
- Allontanamento dell'ossigeno
- Anche i refrigeranti non tossici possono dare origine a prodotti di degradazione tossici.

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.

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.

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.

Un'autorizzazione speciale per l'utilizzo di sostanze refrigeranti è necessaria per chi lavora con queste sostanze.

Se deve essere svolto un lavoro per cui non si è qualificati, si diventa soggetti all'obbligo di fare appello a specialisti.

Solo i possessori di autorizzazione speciale sono autorizzati a trattare le sostanze refrigeranti.

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 (v. capitolo «Triangolo transizione ecologica»).

Etichettatura

Gli impianti con refrigeranti stabili nell'aria (secondo la lista di pagina 40) sono soggetti all'obbligo di etichettatura. La dicitura contiene:

- Gas serra fluorurati
- Denominazione ASHRAE*
- Quantità e tonnellate di CO₂ equivalente
- Potenziale di riscaldamento globale (GWP) del refrigerante
- Se pertinente, l'aggiunta «Con chiusura ermetica»

È vietato la ricarica di refrigeranti stabili nell'aria (nuovi) con un GWP di oltre 2500 in impianti con una quantità di oltre 40 tonnellate di CO₂ equivalenti.

Libretto di manutenzione

Il titolare di apparecchi e impianti con **oltre 3 kg di refrigerante** è responsabile della tenuta di un libretto di manutenzione con le seguenti indicazioni:

- Nome del titolare
- Lavori eseguiti con data
- Prova di tenuta con risultato
- Quantità e tipo del refrigerante prelevato o aggiunto
- Nome della ditta che esegue i lavori, nome e firma dello specialista.

Esempio R404A (GWP = 3922):

$$Füllmenge\ max. = \frac{40'000}{3'922} = 10,2\ kg$$

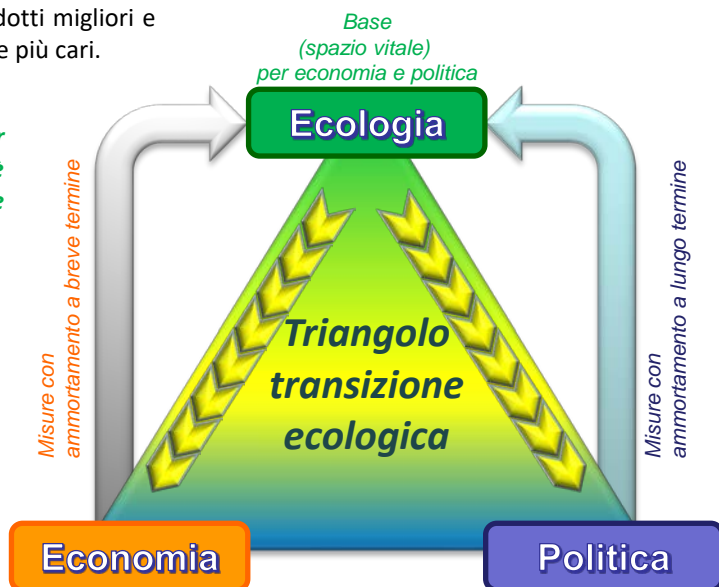
Obiettivo: stabilendo requisiti politici adeguati, è possibile vendere sul mercato prodotti migliori e più efficienti, ma inizialmente anche più cari.

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.

In questo modo si garantisce che anche chi non è esperto ottenga un prodotto che soddisfa lo stato della tecnica.

Esempio: poiché la politica ha imposto prescrizioni energetiche più severe per gli impianti di riscaldamento, i produttori di pompe di circolazione sono stati praticamente obbligati a convertire i loro prodotti con motori più efficienti. Di conseguenza questa tecnologia un tempo costosa ha potuto affermarsi sul mercato con il numero di prodotti che è aumentato, mentre al tempo stesso i prezzi sono diminuiti. In futuro la politica nei Paesi industrializzati e sviluppati avrà sempre più spesso un ruolo di guida al fine di garantire l'affermazione sul mercato di tecnologie migliori e più parsimoniose, ma inizialmente più costose.



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 cantonali sono responsabili dell'applicazione delle disposizioni secondo l'ORRPChim. Gli impianti fissi con una quantità di riempimento di oltre 3 kg devono essere notificati e registrati sul sito cooling-reg.ch.

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).

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.

L'**Unione professionale svizzera dell'automobile (UPSAs)** è l'associazione dei garagisti svizzeri. Tutela gli interessi del ramo dell'automobile e opera come interlocutore tra autorità e aziende. Si occupa della formazione, e formazione continua, del personale qualificato.

Enti e associazioni:

- Cantoni
- UFAM
- SUVA
- ASF
- UPSA

5

Refrigeranti organici

La chimica organica si basa sul carbonio (eccezione: CO₂; R744 quale prodotto di combustione). Idrocarburi come propano, propene e isobutano trovano oggi sempre più spazio come refrigeranti ecologici. Se gli idrocarburi vengono miscelati con alogeni* (generalmente fluoro*) si ottengono refrigeranti organici sintetici più o meno infiammabili in base al tenore di fluoro.

Idrocarburi

Gli idrocarburi sono sostanze naturali e combustibili che possono essere utilizzati come refrigeranti con una buona efficienza. Essi sono sostanze di base per la produzione di refrigeranti sintetici.

ODP: **no** da osservare: **infiammabile**
 GWP: **molto basso** nuovi impianti: **consentito**

naturale

HC

Prodotti refrigeranti naturali

Idro-fluoro-olefine

L'alogeno* fluoro sostituisce una parte dell'idrogeno nella molecola dell'idrocarburo. In virtù del doppio legame (alcheni*), gli HFO sono meno stabili rispetto agli HFC e hanno quindi un minor potenziale di riscaldamento globale.

ODP: **no** da osservare: **forma TFA* durante la decomposizione**
 GWP: **molto basso** nuovi impianti: **consentito**

sintetico

HFO

Prodotti refrigeranti parzialmente alogenati

Fluorocarburi idrogenati

Gli HFC sono costituiti dagli stessi elementi presenti negli HFO, ma considerata la mancanza del doppio legame (alcani*) hanno un potenziale di riscaldamento globale maggiore, ma sono però perlopiù non infiammabili.

ODP: **no** da osservare: **forma TFA* durante la decomposizione**
 GWP: **elevato** nuovi impianti: **parzialmente vietati**

sintetico

H-FC

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.

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

sintetico

H-CFC

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. Non si trovano quasi più.

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

sintetico

CFC

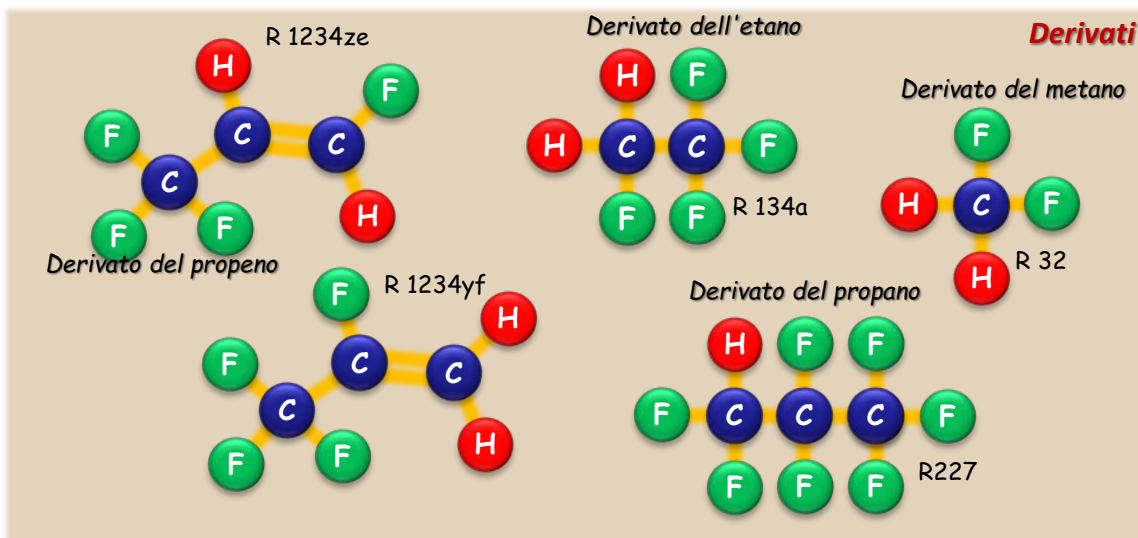
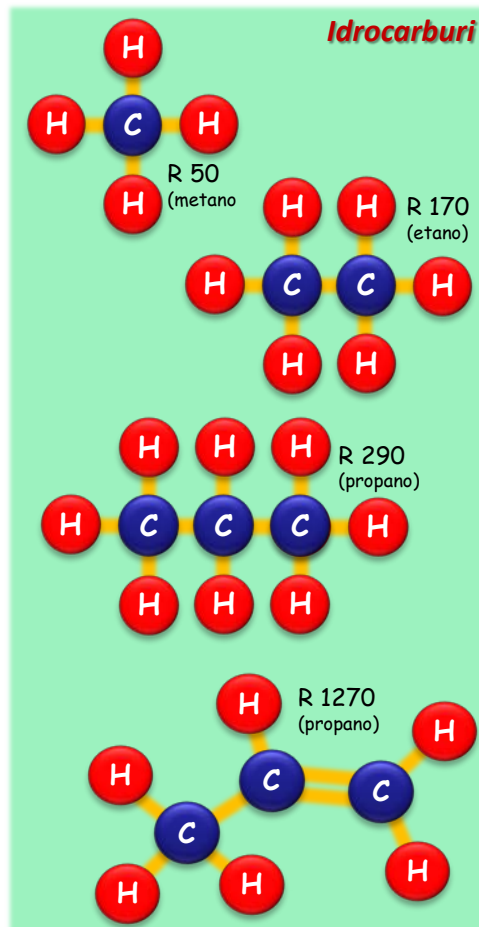
Prodotti refrigeranti completamente alogenati

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* o *propene* 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 abbatte l'ozono viene trasportato nella stratosfera per un periodo anche superiore a 30 anni.

A essere usati più di frequente erano gli alogeni* fluoro e cloro. A seconda della sostanza di base si parla di *derivato del metano*, *dell'etano* o *del propano*. In questo modo è possibile produrre un certo numero di derivati basati su metano, etano, propano o propene. Poiché è stato dimostrato l'effetto di riduzione dell'ozono da parte del cloro, l'alogenazione viene ora effettuata praticamente solo con il fluoro, il che ha ovviamente ridotto notevolmente il numero di possibili derivati. Per questo motivo sono state introdotte sul mercato sempre più miscele di refrigeranti. Quanto più idrogeno contiene l'idrocarburo, tanti più derivati possono essere realizzati. Poiché oltre a quelli citati esiste un gran numero di ulteriori idrocarburi sono possibili altri composti.

Tutti i refrigeranti sintetici si basano su idrocarburi organici e pertanto sono anch'essi organici.



Ulteriori informazioni sulla produzione, come ad es. il triangolo dei refrigeranti, sono reperibili in Internet.

La stabilità dei refrigeranti HFC e il conseguente lungo tempo di permanenza nell'atmosfera comportano un elevato potenziale di riscaldamento globale dopo l'emissione*. Pertanto, sono stati sviluppati composti meno stabili che si degradano più rapidamente nell'atmosfera. Poiché in precedenza la stabilità era un criterio in positivo, come sostanza di base per la produzione dei refrigeranti sintetici venivano impiegati quasi esclusivamente alcani*. Dopo che però il potenziale di riscaldamento globale è finito sotto i riflettori, lo sviluppo dei refrigeranti è stato portato avanti sulla base degli alcheni*. Ad ogni modo, visto che qualsiasi reazione chimica nel sistema di refrigerazione resta indesiderata, un funzionamento «pulito» all'interno dello stesso è il presupposto più importante per garantire una sufficiente stabilità nel circuito frigorifero. Poiché nell'atmosfera i refrigeranti si degradano con l'aiuto dell'ossigeno, all'interno degli impianti frigoriferi non devono essere presenti né ossigeno né i suoi vettori.

I refrigeranti HFO e HFC si basano sugli stessi elementi: carbonio*, idrogeno e fluoro.

Tempo di permanenza in atmosfera:

- HFC: 15 anni circa
- HFO: alcuni giorni

Alcani:

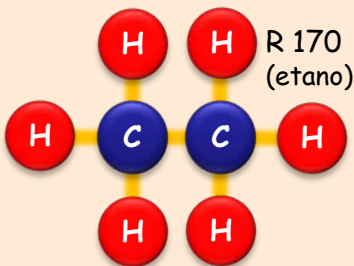
idrocarburi con legame singolo (stabili)

Alcheni:

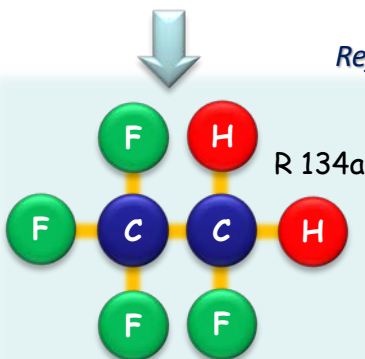
idrocarburi con doppio legame (meno stabili)

Refrigeranti organici naturali

Alcano

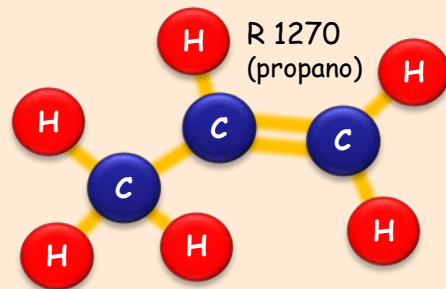


Derivato dell'etano

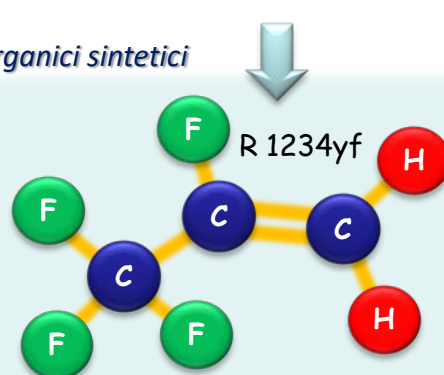


Gruppo:	HFC
GWP:	1430
Classe:	A1

Alchene



Derivato del propeno



Refrigeranti organici sintetici

Gruppo:	HFO
GWP:	4
Classe:	A2L

Ulteriori informazioni sui gruppi di idrocarburi, sulle relative caratteristiche e idoneità sono reperibili su internet.

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. Al fine di evitare malintesi si dovrebbero utilizzare solo queste denominazioni.

Significato delle singole lettere e cifre:

Refrigerante

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

Si consiglia di utilizzare solo queste denominazioni.

R

1° 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

2° 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. Se qui c'è un «1» si tratta di un derivato dell'etano.

b

3° cifra da destra

3° 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, e quindi il contenuto di idrogeno, più la molecola è combustibile.

c

2° cifra da destra

4° cifra = quantità di fluoro

Il contenuto di cloro non viene indicato direttamente, si ottiene contando il numero di "braccia" ancora libere della molecola. Se è presente un altro alogeno, questo deve essere indicato esplicitamente: R1311 significa per esempio che la molecola contiene anche un atomo dell'alogeno iodio.

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.

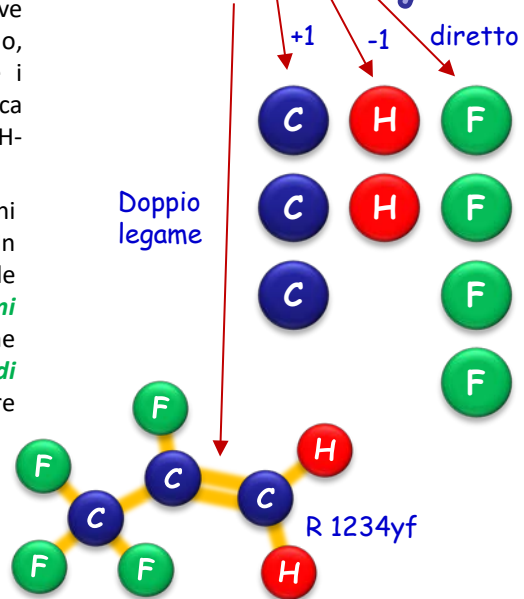
Appendice

Note: Gli zero iniziali non vengono scritti. Ad esempio, ci sono solo 2 cifre per tutti i derivati del metano.

Prendendo come esempio l'R1234yf, qui viene illustrato come si passa dalla denominazione ASHRAE alla formula chimica e struttura. La chiave ASHRAE si riferisce ai derivati del metano, dell'etano, del propano o del propene. 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.

La deduzione logica consente di scomporre ogni **refrigerante** organico nei suoi **componenti**. In questo modo si ottengono informazioni sulle proprietà **fisiche** e **chimiche**, sulle **limitazioni previste dalla legge**, in funzione dell'assegnazione a un determinato gruppo, nonché sul **campo di impiego**. In questo modo è possibile valutare meglio anche l'idoneità per l'impianto.

R 1234yf



5.3.1

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 (A3)

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 infiammabili
- 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. È inoltre necessario trovare il miglior compromesso tra GWP e infiammabilità.

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***.

Tramite la miscelazione si cerca di mantenere le caratteristiche positive di un refrigerante monocomponente senza acquisirne anche i relativi svantaggi, per esempio il minor GWP possibile mantenendo l' incombustibilità.

Affinché per una miscela non sia necessario citare ogni singolo refrigerante contenuto, la miscela stessa ottiene un nuovo numero. Per queste miscele di refrigeranti è stato introdotto il **gruppo 400**. La prima miscela registrata ha quindi ricevuto la denominazione R400. Il valore della denominazione permette quindi di risalire alla data di introduzione sul mercato.

Il **punto di ebollizione** desiderato viene ottenuto miscelando le corrispondenti percentuali in massa. Leggere modifiche sono possibili anche variando le percentuali di miscelazione. Le miscele degli stessi refrigeranti ma con diversa distribuzione percentuale ottengono lo stesso numero del gruppo 400. La distinzione avviene in quel caso con l'aggiunta di una lettera maiuscola. Le miscele R454A e R454B sono quindi composte dagli stessi refrigeranti, ma con percentuali diverse.

Le miscele di liquidi con diverse temperature di evaporazione tendono a separarsi durante l'evaporazione o la liquefazione poiché uno dei liquidi comincia a bollire o a condensarsi prima degli altri. Questo comportamento è definito **zeotropico**. La differenza tra il punto di ebollizione più alto e quello più basso è definita **glide**.

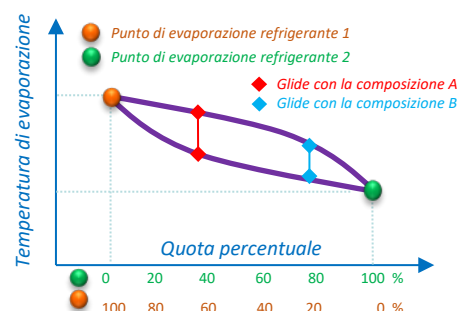
Per questo motivo, tali miscele devono essere **immesse nel sistema allo stato liquido**; ciò rende necessario il montaggio di un **rubinetto di riempimento** a valle del ricevitore a protezione del compressore. Il caricamento nella fase di evaporazione è consentito solo se viene immesso tutto il contenuto del recipiente o se viene impiegato un **cilindro di riempimento** precedentemente riempito con la quantità corretta.

Per le miscele di refrigeranti con glide (miscele zeotropiche) è stato introdotto il gruppo dei refrigeranti 400.

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.



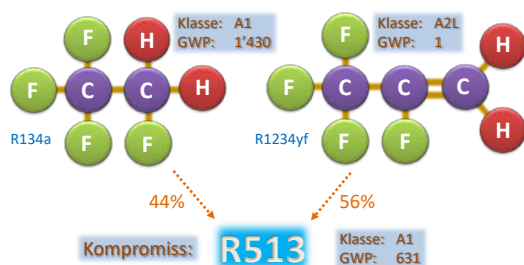
5.4.2

Miscele azeotropiche

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.

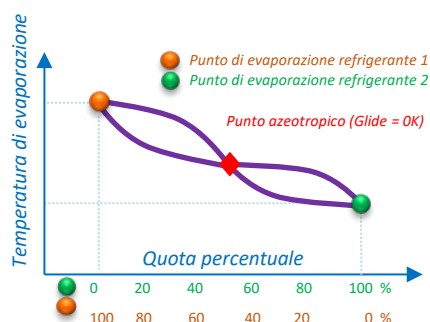
Esempio: la miscela azeotropica R513 rappresenta un compromesso tra incombustibilità e basso GWP.



Per le miscele di refrigeranti senza glide (miscele azeotropiche) è stato introdotto il gruppo dei refrigeranti 500.

Le miscele di refrigeranti azeotropici sono di norma composte da due soli refrigeranti monocomponente.

Le miscele azeotropiche possono essere trattate come refrigeranti monosostanza.



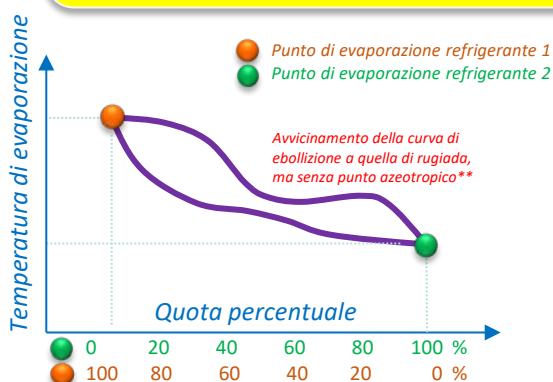
5.4.3

Miscele quasi azeotropiche

I refrigeranti del gruppo 400 con un glide inferiore a 1 K sono definiti anche *quasi azeotropici*. Con queste miscele non si prevedono conseguenze negative a livello di composizione, anche nel caso in cui dovesse capitare per errore di effettuare il riempimento sotto forma gassosa. Ciononostante, anche in questo caso vale la regola di effettuare il riempimento allo stato liquido (se non viene rispettata, tuttavia, le conseguenze sono meno gravi).

Mentre nel caso delle miscele con un glide superiore a 5 K dopo una perdita e un successivo riempimento con la miscela originale possono essere riscontrati variazioni dei punti d'esercizio (evaporazione), di norma con le miscele quasi azeotropiche questo non succede.

Le miscele con un glide ridotto sono definite dai produttori come refrigeranti «quasi azeotropici».



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.

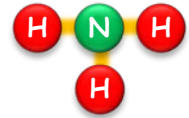
Nella nomenclatura di questi refrigeranti, dopo il "7" iniziale ci sono altre due cifre. Il numero che si forma corrisponde al peso molecolare* del composto. I refrigeranti indicati come gruppo 700 in questo materiale didattico sono considerati ecocompatibili e quindi rappresentano una vera alternativa. 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 718 acqua H_2O
- 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. In virtù delle sue straordinarie caratteristiche termodinamiche, l'R 717 viene impiegato principalmente in campo industriale per **impianti di grandi dimensioni**. Inoltre, dopo l'emissione* si decompone rapidamente e ha pertanto un effetto di riscaldamento globale praticamente nullo. Poiché l'ammoniaca e i metalli non ferrosi non sono compatibili, per la costruzione degli impianti **non deve essere utilizzato rame**. Per questo motivo vengono impiegati quasi esclusivamente **compressori aperti**.



R 718 (acqua; H_2O)

La ricerca di un refrigerante rispettoso dell'ambiente ha portato l'acqua al centro dell'attenzione di diversi produttori. L'idea non è nuova, ma fino ad oggi non è stata perseguita a causa delle difficoltà iniziali di gestione dei sistemi sotto **vuoto** un tempo difficili da gestire. Come refrigerante, l'acqua è idonea per processi con elevata temperatura di evaporazione sopra gli 0 °C. Campi di applicazione ideali sono il raffreddamento industriale, il raffreddamento dei locali server e la climatizzazione degli edifici.

R 744 (CO_2 ; diossido di carbonio)

Poiché il CO_2 si forma durante qualsiasi combustione pulita, può essere ottenuto facilmente, e anche in caso di emissione* non aumenta ulteriormente l'effetto serra. Il CO_2 è stato impiegato fino al 1930 come refrigerante di prima generazione e attualmente sta tornando in auge. Le **pressioni di sistema molto elevate** richiedono tuttavia componenti adeguati.

Il CO_2 nell'aria:

ostacola lo scambio osmotico* di gas quando viene espirato fuori dal corpo.

Inoltre, una temperatura al di sopra dei +31 °C porta a una cessione di calore nell'intervallo supercritico, circostanza che porta a un processo transcritico. Tutto ciò non favorisce le **prestazioni** e limita l'impiego nelle regioni calde. Se il processo si svolge a livello transcritico, il condensatore – che altrimenti lavorerebbe perlopiù in maniera latente – diventa un desurriscaldatore che raffredda solo in modo sensibile, denominato anche raffreddatore di gas*.

7

Tabella di importanti prodotti refrigeranti

Gruppo	Osservazioni	ASHRAE	Classe	GWP rispetto al CO ₂	Glide in K	Componenti	to in °C		
Refrigeranti organici	CFC	Vietati per nuovi impianti e rabocchi.	R502	A1	4657	azeotropico	22 / 115	-46,0	
			R11	A1	4750			+24,0	
	H-CFC	Funzionamento consentito.	R12	A1	10900		Monomateriale	-29,8	
			R13B1	A1	7140			-57,8	
		In caso di perdite deve essere convertito o sostituito.	R22	A1	1810			-41,0	
			R401A	A1	1182	4,9	22 / 152a / 124	-33,0	
			R402A	A1	2788	1,6	22 / 290 / 125	-49,0	
			R408A	A1	3152	0,5	22 / 125 / 143a	-44,0	
	R409A	A1	1585	6,4	22 / 124 / 142b	-34,0			
	HFC	Applicazione limitata: finché una sostanza più adatta non è economicamente sostenibile. Serie 400: Con glide > 5 K separazione dei componenti in caso di uso scorretto. Con glide < 1 K non sono previsti problemi (quasi azeotropici**).	R23	A1	14800			-80,1	
			R32	A2L	675		Monomateriale	-52,0	
			R134a	A1	1430			-26,3	
			R143a	A2	4470			-47,6	
			R125	A1	3500			-48,5	
			R507	A1	3985		azeotropico	125 / 143a	-46,7
			R513	A1	630			1234yf / 134a	-29,2
			R404A	A1	3922	0,7		125 / 134a / 143a	-46,6
			R407A	A1	2107	6,4		32 / 125 / 134a	-46,0
			R407C	A1	1774	7,2		32 / 125 / 134a	-43,8
			R407D	A1	1627	6,8		32 / 125 / 134a	-39,5
			R407F	A1	1825	6,4		32 / 125 / 134a	-45,5
			R407H	A1	1495	7,1		32 / 125 / 134a	-44,7
		R410A	A1	2090	0,2		32 / 125	-52,3	
		R413A	A1	2050	6,9		134a / 218 / 600a	-35,0	
		R417A	A1	2346	5,6		125 / 134a / 600	-43,0	
		R422A	A1	3140	2,5		125 / 134a / 600a	-47,0	
		R422D	A1	2729	3,4		125 / 134a / 600a	-45,0	
		R427A	A1	2140	7,1		32/125/143a/134a	-43,0	
		R444B	A2L	295	7,8		32 / 152a / 1234ze	-36,7	
		R445A	A2L	135	k. A.		134 / 1234ze / CO ₂	-48,3	
		R448A	A1	1387	5,4		32/125/134a/1234yf/1234ze	-46,0	
		R449A	A1	1397	4,0		32/125/134a/1234yf	-46,0	
	R450A	A1	547	0,4		134a / 1234ze	-22,8		
	R452A	A1	2140	3,7		32 / 125 / 1234yf	-47,0		
	R452B	A2L	676	0,9		32 / 125 / 1234yf	-51,0		
	R454A	A2L	238	5,0		32 / 1234yf	-48,3		
	R454B	A2L	467	1,5		32 / 1234yf	-50,9		
	R454C	A2L	146	6,0		32 / 1234yf	-45,9		
	R455A	A2L	145	6,0		32 / 1234yf / CO ₂	-52,1		
	H-IFC	Contenenti iodio	R466A	A1	733	1,5	32 / 125 / 1311	-51,0	
	HFO	Refrigeranti con doppio legame. Formano TFA* quando si decompongono.	R1233zd	A1	3		Monomateriale	+19,0	
			R1234yf	A2L	4			-29,3	
R1234ze			A2L	4			-18,2		
R1336mz			A1	2			+31,8		
R514			B1	2	azeotropico	1336 / t-DCE	+29,1		
Idrocarburi HC	Refrigeranti naturali.	R50	A3	30		Metano	-161,6		
		R170	A3	6		Etano	-88,6		
		R290	A3	3		Propano	-42,0		
	Prodotti di degradazione non critici.	R600	A3	3		Butano	-0,5		
		R600a	A3	3		Isobutano	-11,7		
		R1270	A3	2	Mono-materiale	Propilene	-47,6		
						Ammoniaca	-33,4		
Refrigeranti inorganici	Refrigeranti naturali.	R717	B2L	0		Acqua	100,0		
		R718	A1	1		Diossido di carbonio	-56,6 °C a		
		R744	A1	1		5,18bar	<=		
		R723	k. A.	8	azeotropico	NH ₃ / DME	-36,6		

Alla pressione atmosferica normalizzata di 1013,25 hPa. Per le miscele zeotropiche* (gruppo ASHRAE* 400) il valore «to» vale per la temperatura di evaporazione più bassa.

Su internet sono disponibili dati aggiornati su tutti i refrigeranti. I valori GWP possono differire leggermente a seconda della procedura di misurazione.

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.

8.1

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.

8.2

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

8.3

Riciclo secondario

Con il riciclo secondario le materie prime vengono **scomposte nei loro componenti**, ottenendo in questo modo materie prime secondarie. Sulla base di queste ultime, e con l'aggiunta di ulteriori sostanze, si creano **nuovi prodotti** (ecosistema* industrializzato). L'importanza delle materie prime secondarie è data da un lato dal risparmio sui costi rispetto alla produzione basata esclusivamente su materiali primari; dall'altro, le sostanze rimangono all'interno del ciclo economico anziché essere disperse nell'ambiente sotto forma di gas di scarico. A fronte dell'aumento dei prezzi, per l'industria che lavora le materie prime l'utilizzo di materie prime secondarie presenta un potenziale di risparmio considerevole.

Riciclo secondario:

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

- Acido liquido
- Acido cloridrico
- Vari sali

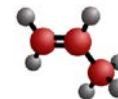
Aerosol: miscela composta da particelle sospese liquide o solide e aria. Raramente servono anche altri gas come vettore.



Alcani: idrocarburi che possiedono solo legami singoli tra gli atomi di carbonio. Sono piuttosto stabili e costituiscono i prodotti di partenza per la produzione degli HFC*.



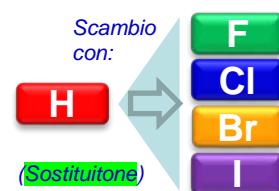
Alcheni: idrocarburi che possiedono almeno un doppio legame tra gli atomi di carbonio. Sono meno stabili degli alcani* e costituiscono i prodotti di partenza per la produzione degli HFO*.



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 elementi, che vengono sostituiti con altri, appartenenti alla famiglia degli alogeni*. Per la produzione dei refrigeranti organici, alla molecola di un idrocarburo come metano, etano o propano viene sottratta una parte dell'idrogeno, che viene sostituito da un elemento della famiglia degli alogeni*. I moderni refrigeranti vengono ormai alogenizzati solo mediante il fluoro.



Alveoli: gli alveoli polmonari servono allo scambio di gas tra polmone e sangue. Quest'ultimo assorbe il contenuto di ossigeno dell'aria inspirata e cede il proprio CO₂ all'aria che sarà espirata.



Amminoacidi: costituiscono per così dire i mattoni di una cellula biologica. Gli amminoacidi proteinogeni sono la base di tutte le proteine* di qualsiasi essere vivente sulla Terra e assieme agli acidi nucleici (vettori del DNA) rappresentano gli elementi costitutivi fondamentali della vita.

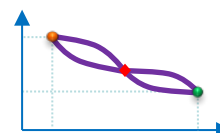
ASHRAE: American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers. Associazione americana di ingegneri del riscaldamento, della ventilazione e della climatizzazione. Definisce vari standard, come ad esempio la denominazione dei refrigeranti.



Assorbimento: l'atto di assorbire sostanze in un sistema biologico. Nel caso di esseri umani e animali vertebrati, con questo termine si intende in particolare l'assorbimento dei componenti dei generi alimentari durante la digestione. Nelle persone, l'assorbimento dei principi nutritivi avviene per la maggior parte nell'intestino tenue. Nel caso di alcune sostanze (p. es. pomate, veleni per contatto) l'assorbimento può avvenire anche attraverso la pelle.



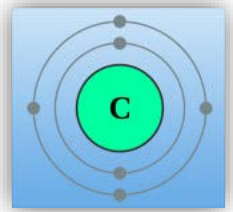
Azeotropico: una miscela di liquidi con diverse temperature di ebollizione, che nella miscela hanno un punto di ebollizione uniforme ma inferiore. Le miscele azeotropiche si comportano verso l'esterno come sostanze pure.



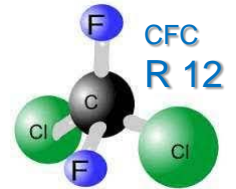
Biotopo: un biotopo definisce un determinato habitat di una comunità biotica (vivente). La somma di tutti i biotopi e della biocenosi (comunità di organismi) forma l'ecosistema.

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

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.



CFC: derivato di idrocarburi in cui l'idrogeno è stato completamente sostituito da fluoro e cloro. A causa del notevole effetto serra e dell'elevato potenziale di distruzione dell'ozono sono attualmente proibiti.



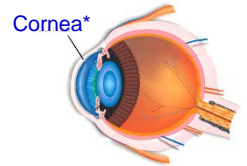
Chimica organica: ramo della chimica che studia i composti del carbonio.

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 con un 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.

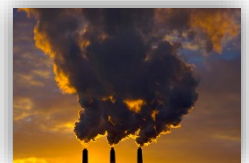


Drop-in: se un impianto frigorifero viene modificato passando dall'esistente fluido refrigerante ad un altro, senza la necessità di sostituire dei componenti o l'olio refrigerante, si parla di conversione drop-in. Vantaggio: rapidità e semplicità. Svantaggio: in questa procedura veloce l'efficienza non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



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

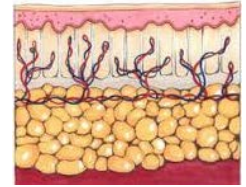
Emissione: rilascio di sostanze nell'ambiente. Le emissioni di gas e vapori raggiungono un grado di distribuzione maggiore rispetto ai solidi o ai liquidi.



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

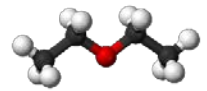


Epidermide: tessuto più esterno negli animali e nell'uomo. Forma lo strato più esterno, il rivestimento protettivo vero e proprio esposto all'ambiente. È a più strati ed è formata per il 90 per cento da cheratinociti, le cellule costitutive dell'epidermide. Negli strati superiori l'epidermide è costituita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

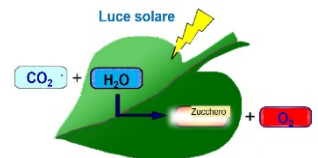


Fisiologico: che si riferisce alla fisiologia. Gli effetti fisiologici non hanno conseguenze chimiche o meccaniche. Fisiologia: studio delle funzioni vitali degli organismi viventi.



Fluoro: elemento della famiglia degli alogeni*. Viene spesso utilizzato per la produzione di refrigeranti sintetici a base di idrocarburi.

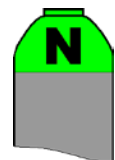
Fotosintesi: produzione (sintesi) di sostanze organiche negli esseri viventi e nelle piante grazie all'utilizzo dell'energia contenuta nella luce. Il carbonio a tal fine necessario deriva da semplici composti organici o dal diossido di carbonio presente nell'aria. Il carbonio viene utilizzato per costruire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



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.



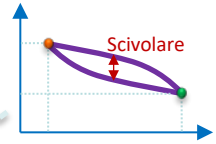
Gas effetto serra: gas con un potenziale effetto serra di gran lunga superiore alla media. Il CO₂ (diossido di carbonio) è stata selezionata come riferimento per la misurazione e impostata a 1. I gas con questo o un potenziale di riscaldamento globale superiore sono considerati gas a effetto serra. I refrigeranti del gruppo HFO* hanno valori compresi tra 1 e 120, il gruppo HFC* tra 450 e oltre 10.000.



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.



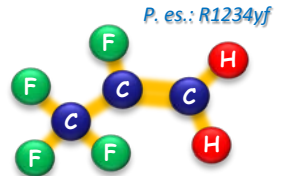
HC: Abbreviazione di idrocarburo. Famiglia di molecole basate esclusivamente su carbonio* e idrogeno. Sono i materiali di partenza per la produzione di tutti i refrigeranti sintetici.



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.

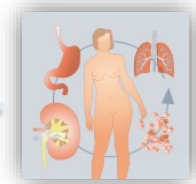


HCFC: derivato di idrocarburi in cui l'idrogeno è stato sostituito in parte da fluoro e cloro. A causa del potenziale di distruzione dell'ozono sono attualmente proibiti.



HFC: refrigeranti organici sintetici prodotti a base di alcani*. Sono più stabili rispetto ai refrigeranti appartenenti al gruppo degli HFO*.

HFO: refrigeranti organici sintetici prodotti a base di alcheni*. Sono meno stabili rispetto ai refrigeranti appartenenti al gruppo degli HFC*.



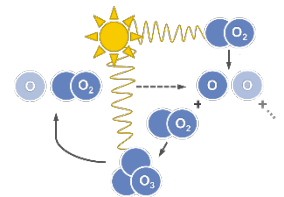
Igroscopico: capace di assorbire l'acqua presente nell'atmosfera.

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

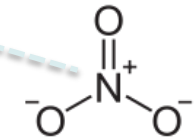
Mezzi secondari: se il calore viene trasportato all'evaporatore o rimosso dal condensatore non solo tramite il refrigerante ma anche da un altro fluido (che spesso è un liquido), si parla di impianto con circolazione secondaria; tale circolazione può essere sul lato dell'evaporatore, su quello del condensatore 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.



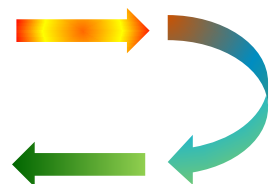
Molecola urtante: molecola che dà il via alla reazione chimica di altre due molecole o elementi attraverso un "urto". La molecola urtante non entra a far parte del composto che si forma.



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 resti di prodotti chimici e apparecchiature pericolose o dannose per l'ambiente (ad es. batterie) al punto vendita o a un punto 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.

Osmosi: Migrazione di molecole attraverso una membrana per equalizzare le differenze di pressioni parziali.

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*.

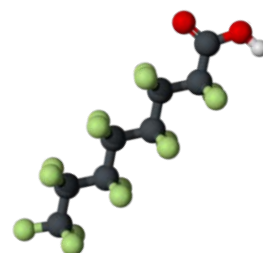
Pericoloso per l'ambiente: (simbolo: N) sono i prodotti chimici che, direttamente o con i prodotti derivanti dalla loro trasformazione, possono modificare l'equilibrio naturale di acqua, suolo o aria, clima, flora, fauna o microrganismi, causando pericoli immediati o futuri per l'ambiente.



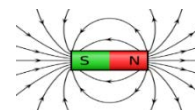
Persistente: che non esercita un'azione nociva diretta, ma risulta nocivo solo per la sua presenza prolungata. Il contrario di persistenza è transistenza.

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

PFAS: Sostanze per- e polifluoroalchiliche (dall'inglese: per- and polyfluoroalkyl substances). Si formano tra l'altro con la decomposizione dei refrigeranti fluorurati nell'atmosfera. È difficile che si decompongano ulteriormente e si accumulano nelle acque e nel suolo. Per questo motivo i PFAS sono denominati anche «forever chemicals».

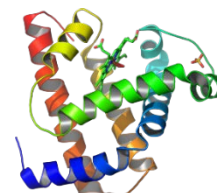


Polare: le particelle con una carica elettrica, che presentano un diverso numero di protoni nel nucleo e di elettroni nella membrana, sono polari (ione). Se predominano gli elettroni negativi si ha un anione. In caso di eccedenza di protoni si ha un catione.



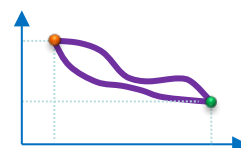
Prodotto della dissociazione: se un composto viene decomposto / smaltito, non si dissolve nel nulla. Si formano nuovi prodotti la cui azione sull'ambiente deve essere oggetto di studio.

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.



Punto di fusione: il punto di temperatura in cui un mezzo liquido passa allo stato solido.

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.



Raffreddatore di gas: scambiatore di calore che cede l'energia termica del fluido solo in modo sensibile, cioè senza che si svolga una transizione di fase.

Retrofit: conversione di un impianto frigorifero o di una pompa di calore in cui oltre al refrigerante vengono sostituiti anche l'olio di refrigerazione e a volte singoli componenti.

Refrigerante monocomponente: refrigerante composto da un unico legame. La gestione di queste sostanze è più semplice rispetto a quella delle miscele.

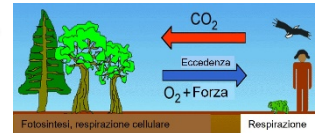
Scheda di dati di sicurezza: la scheda di dati di sicurezza contiene informazioni particolareggiate sui pericoli, sull'uso e sulle misure di protezione. Essa si basa sulla classificazione del prodotto.

SDB

Scorie: le scorie sono un composto di ossigeno e rame. Si formano quando il rame viene riscaldato per reazione con l'ossigeno contenuto nell'atmosfera. La formazione di scorie durante la brasatura può essere evitata soppiantando durante questo processo l'ossigeno con un altro gas, detto gas di protezione*. A tale scopo viene utilizzato principalmente l'azoto. Un sistema contaminato da scorie* può subire guasti per diversi motivi: da un lato le scorie* promuovono la formazione di acidi, dall'altro l'olio assorbito dalle scorie stesse perde le sue proprietà lubrificanti.



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 necessario all'uomo. Si parla di simbiosi quando tutti i partecipanti traggono un vantaggio.



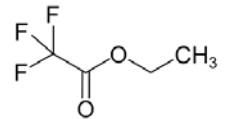
Smog: il termine "smog" è formato dall'unione tra "smoke" (fumo) e "fog" (nebbia). Da un punto di vista scientifico si intende per smog un'altissima concentrazione di sostanze nocive nell'aria, estesa sopra aree a notevole densità di popolazione, causata da particolari condizioni meteorologiche. Uno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

TFA: acido trifluoroacetico, si forma con la decomposizione di refrigeranti sintetici del gruppo HFO e HFC*. Il TFA fa parte dei PFAS*.



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.

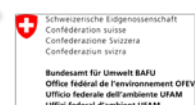


Tossico: avente l'effetto di un veleno o contenente sostanze velenose

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.



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



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*.

