

Università degli Studi di Pavia

Inquinanti indoor con particolare attenzione al gas radon, alla CO₂ ed alla formaldeide: aspetti sanitari correlati.

Dr. Lorenzo M. Capasso

DEFINIZIONE

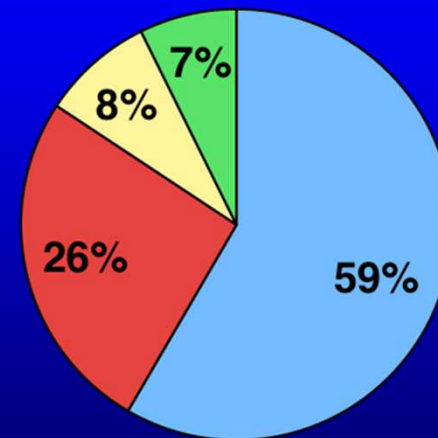
Per ambiente confinato si intende uno spazio delimitato da strutture fisiche, caratterizzato da limitati scambi con l'esterno.

Nei paesi più economicamente avanzati la popolazione trascorre più del 90% del tempo in ambiente confinato (OMS).

DEFINIZIONE

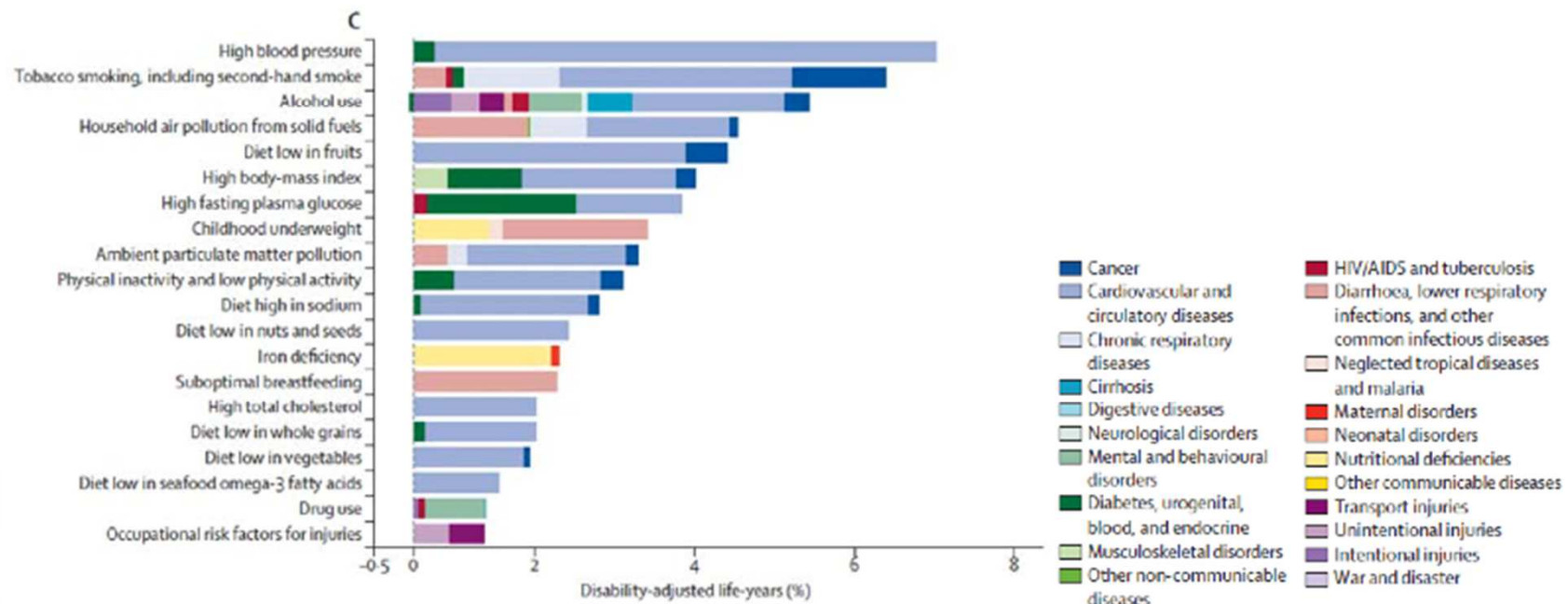
Possiamo classificare gli ambienti confinati in tre gruppi maggiori:

- Ambienti di vita
- Ambienti di lavoro
- Mezzi di trasporto

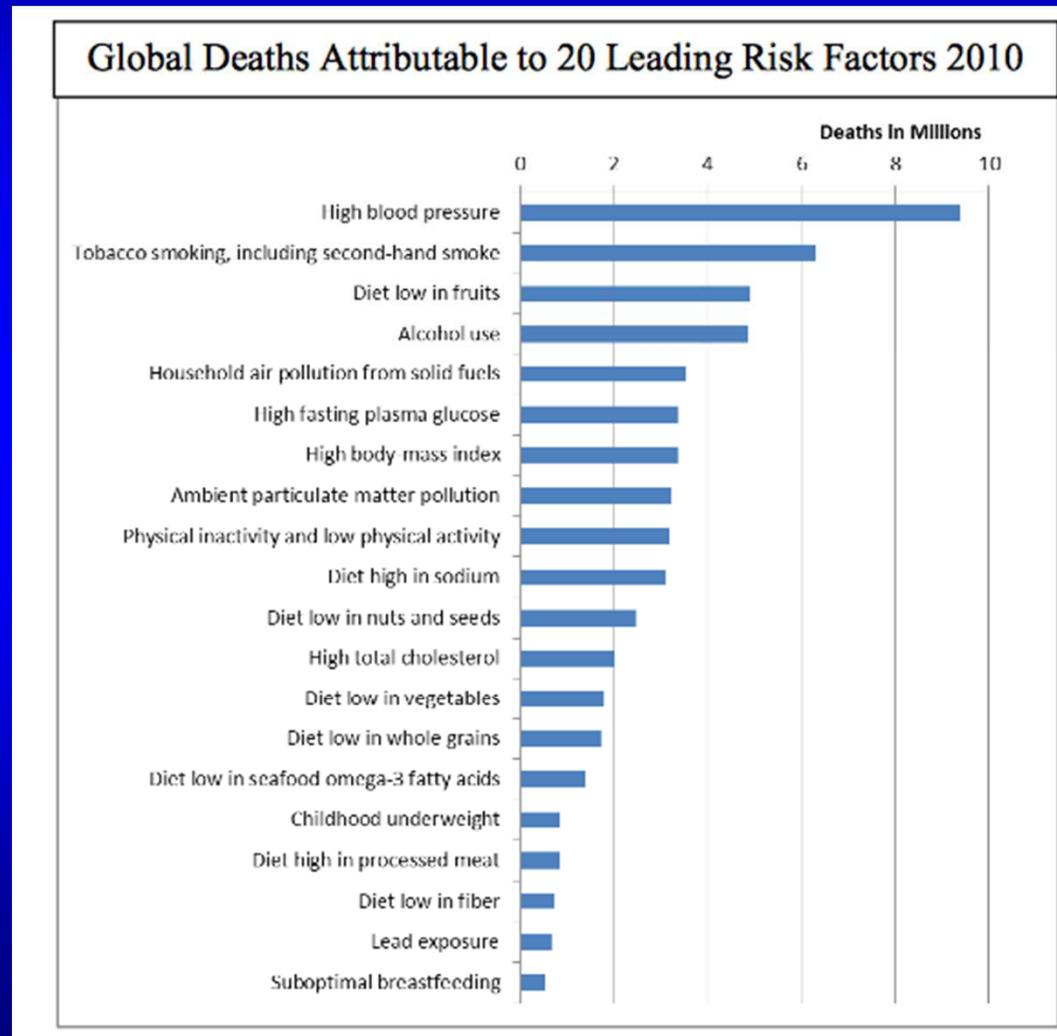


IMPATTO SULLA SALUTE

Global disease burden attributable to 20 leading risk factors

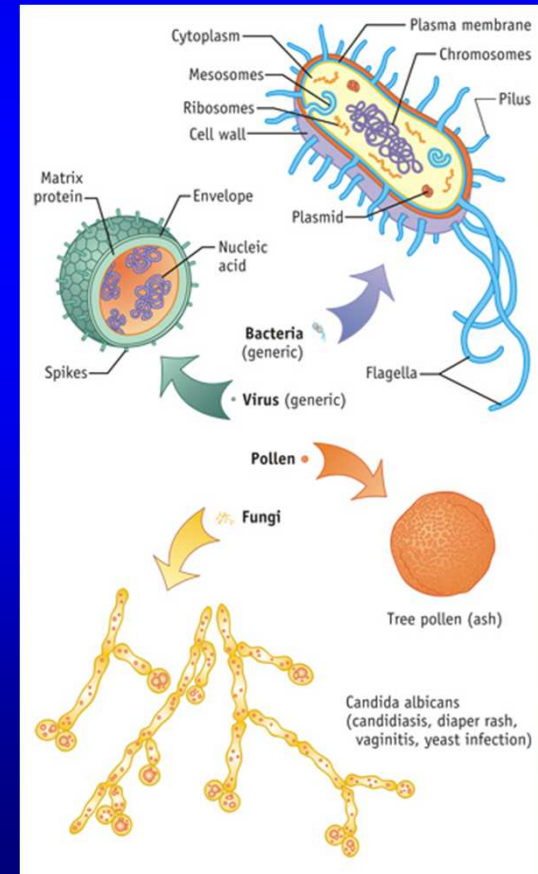


IMPATTO SULLA SALUTE (II)



INQUINANTI INDOOR

Oltre agli inquinanti chimici un ruolo importante è giocato anche da inquinanti di carattere biologico, ovvero i microrganismi, pollini ed odori.



**Concentrazione
e degli
inquinanti**

Tempo di esposizione

Danno alla salute

Ricordiamoci che trascorriamo oltre il 90% della vita in ambiente confinato!!!

INQUINANTI CHIMICI

- Ossidi di carbonio (CO_x)
- Ossidi di azoto (NO_x)
- Ossidi di zolfo (SO_x)
- Composti organici volatili (COV)
- Particolato solido
- Metalli pesanti
- Fibre minerali sintetiche
- Fumo di tabacco (*second and third hand*)

VIZIATURA DELL'ARIA

La perturbazione dello stato dell'aria in un ambiente confinato per la presenza di occupanti è legato a tre fattori:

- l'aumento di temperatura;
- l'aumento di umidità;
- la liberazione di prodotti organici volatili e microrganismi.

Concorrono alla cosiddetta viziatura dell'aria.

VIZIATURA DELL'ARIA (II)

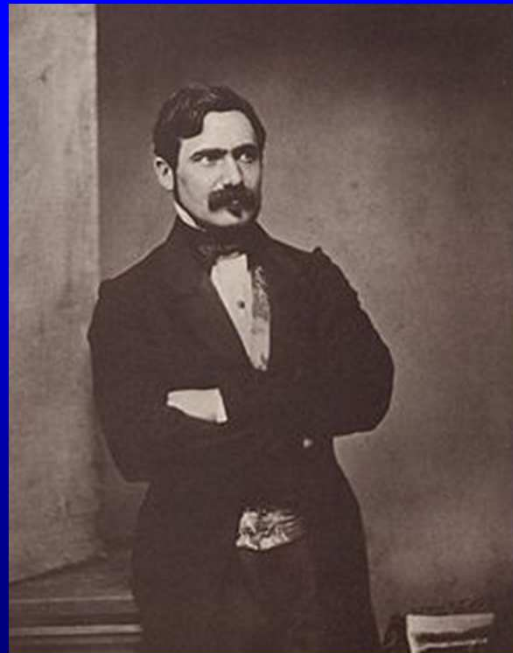
L'emissione di calore e la liberazione di umidità sono legati alla traspirazione cutanea e respiratoria, inoltre con il respiro si ha l'emissione di anidride carbonica e di microrganismi; una quota aggiuntiva di anidride carbonica e di altri prodotti della combustione può derivare dall'uso di gas naturali. Elemento fondamentale del concetto di viziatura è quello soggettivo degli odori.

TEORIA CHIMICA

La viziatura dell'aria fu attribuita in un primo momento ad una variazione della composizione chimica dell'atmosfera indoor, questo partendo dal fatto che esiste una notevolissima differenza fra l'aria inspirata e quelle espirata. Nell'aria inspirata c'è una concentrazione di O_2 di circa il 21%, mentre la CO_2 è solo dello 0,03% ed il vapore acqueo presente in tracce, mentre in quella espirata la CO_2 sale fino al 4% , mentre l' O_2 scende al 17%, elevatissima è poi la percentuale di vapore acqueo, che può giungere sino alla saturazione.

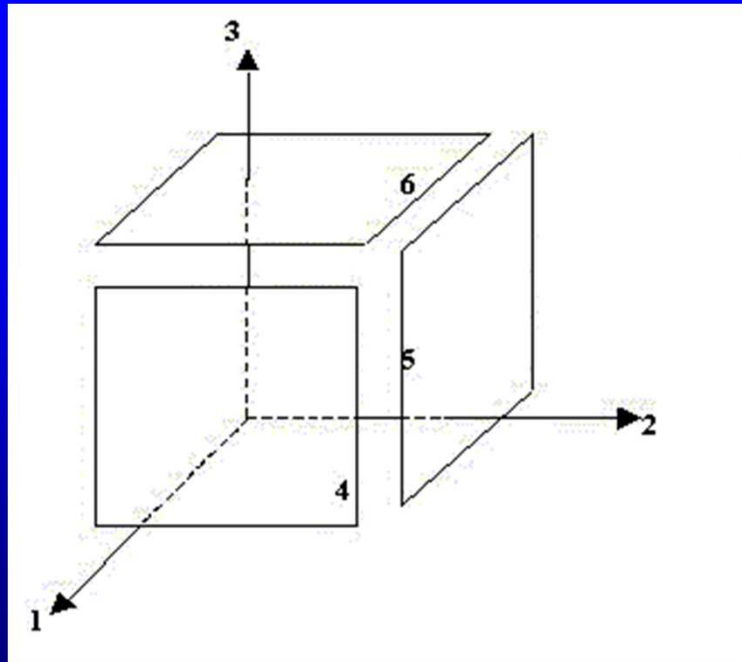
TEORIA CHIMICA (II)

Questa teoria, denominata teoria chimica, fu sostenuta dagli studi effettuati da Max Joseph von Pettenkofer alla fine dell'ottocento e si basava sui livelli di anidride carbonica nell'aria, egli stabilì che i livelli di questo gas dovessero oscillare fra 0,07% e 0,1%.



TEORIA CHIMICA (III)

Pettenkofer elaborò la teoria del cubo d'aria, ovvero la quantità d'aria necessaria per ogni persona, affinché la concentrazione di CO_2 in atmosfera non superi 0,1% in volume. Egli elaborò una formula per il calcolo del cubo d'aria.



CRITICHE ALLA TEORIA CHIMICA

Critiche furono mosse alla teoria di chimica, in particolare perché veniva considerata solo la CO_2 nella determinazione del malessere degli occupanti. Studi successivi determinarono che la persistenza dell'uomo in ambienti con una bassa concentrazione di O_2 (anche il 15%) era compatibile senza arrecare danni agli occupanti, ma solamente grazie all'adozione di normali mezzi di compensazione fisiologica (aumento dell'ematocrito e della frequenza respiratoria e cardiaca).

TEORIA BIOCHIMICA

Nacque quindi una nuova teoria che soppiantò l'aspetto antracometrico, con quello delle antropotossine, ovvero la teoria biochimica. D'Arsonval e Sequard sottolinearono nella presenza dell'uomo la causa di viziatura dell'aria al di là delle concentrazioni di gas nell'atmosfera, imputandola a sostanze organiche, le antropotossine, appunto, prodotte dalle attività respiratorie e dalle fermentazioni batteriche intestinali.

NUOVE TEORIE

Gli studi pubblicati da Sergeev nel 1963, determinarono che con un cubo d'aria di 15 m^3 in 6 h, la CO_2 saliva allo 0,2%, la temperatura da 19° C a 22° C e l'umidità relativa al 70%, provocando aumenti di frequenza respiratoria e cardiaca del 13-14%. Riducendo il cubo d'aria ad 8 m^3 , la CO_2 saliva allo 0,3%, la temperatura a 23° C e l'umidità relativa al 75%, provocando un innalzamento dell'attività elettrica cerebrale. Dimostrò che è necessario avere a disposizione un cubo d'aria di $25\text{-}30 \text{ m}^3$ a persona, garantendo un ricambio d'aria/ora.

COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

Composti Organici Volatili (COV): detti in inglese VOC (Volatile Organic Compounds), si tratta di sostanze organiche estremamente eterogenee fra di loro ed estremamente numerose. Le fonti di queste sostanze sono i mobili e loro componenti (colle e vernici), vernici, igienizzanti e disinfettanti, sostanze antiparassitarie, deodoranti, stampanti, solventi, utilizzo di caldaie, fornelli, oltre al traffico veicolare.

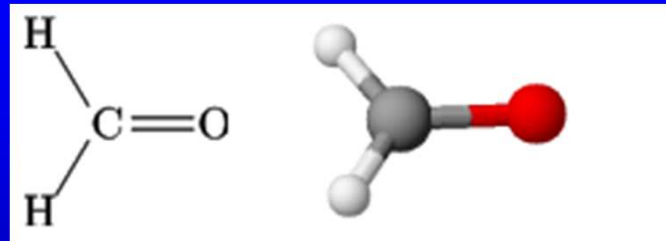
COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (II)

Così come la provenienza, anche la gamma di COV è estremamente vasta, secondo *l'Institute de Recherche en Construction* del *Conseil National de Recherches* del Canada sono classificati in 10 categorie:

- Aldeidi
- Chetoni
- Alcoli
- Esteri
- Halocarbons
- Idrocarburi alifatici
- Idrocarburi aromatici
- Ciclo alcani
- Terpeni
- Altri

FORMALDEIDE

La formaldeide (od aldeide formica, CH_2O), è il primo e più semplice composto della serie delle aldeidi. Si presenta in forma sia liquida che gassosa (a temperatura ambiente) e parte della sua rilevanza sanitaria è legata propria alla sua natura fisica.



UTILIZZI

Utilizzata in ambito sanitario come disinfettante, ma anche in edilizia e nell'industria del mobile, essendo presente in colle e vernici. Presente in diversi coloranti, la troviamo anche nella tappezzeria, nei vestitari, negli imballaggi, nei cosmetici (smalti, prodotti per capelli).



EFFETTI SULLA SALUTE

La formaldeide appartiene al Gruppo 1B secondo lo IARC di Lione. Per via inalatoria oppure disciolta in acqua può causare carcinomi del nasofaringe, linfomi e leucemie. Inoltre è un composto irritante può provocare oro-faringiti, congiuntiviti, dermatiti da contatto, eczemi, oltre a sintomi respiratori (dispnea, tosse) arrossamenti degli occhi, congiuntivite, nonché sintomi generali quali astenia, cefalea, nausea e vertigini; ad alte concentrazioni (100 mg/m^3) l'inalazione può essere fatale.

NORMATIVA

In Italia già la Circolare n. 57 del 22/06/1983 del Ministero della Sanità, “Usi della formaldeide – Rischi connessi alle possibili modalità di impiego” , fissa come limite massimo di esposizione alla formaldeide il valore di 0,1 ppm negli ambienti di vita e di soggiorno nei quali siano stati utilizzati schiume di urea-formaldeide, compensati, truciolati, conglomerati di sughero, ma anche in manufatti provenienti da settori diversi da quello dell’edilizia, quali il settore tessile, quello della carta, delle vernici, degli abrasivi, della moquette, ecc.

NORMATIVA II

La EN 13986, sui pannelli per edilizia, e le altre norme EN sui diversi tipi di pannello a base di legno (EN 312 per il truciolare, EN 622 per i pannelli di fibra, EN 636 per il compensato, ecc.) definiscono due classi di emissione di formaldeide, E1 ed E2. E' stato adottato dalla legislazione cogente in vari paesi europei, che, in diversi casi, vietano la commercializzazione e l'utilizzo di pannelli di classe E2 (L'Italia è tra questi, a partire dal 11 dicembre 2008 (Decreto 10 ottobre 2008). Il valore-soglia che caratterizza la classe E1 è una concentrazione di equilibrio di formaldeide di 0,1 ppm (valore indicato anche dall'OMS nel 2010).

PREVENZIONE

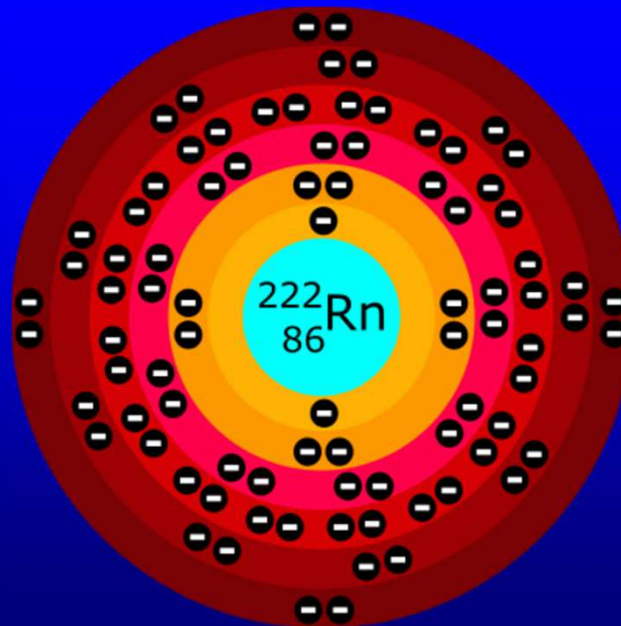
La riduzione delle emissioni di formaldeide è legata sia alle fonti *indoor* (mobili, fumo di sigaretta, detersivi, ecc.) che a quelle *outdoor* (traffico veicolare, inquinamento industriale, ecc.). Quindi una corretta igiene edilizia (ventilazione, scelta dei mobili e delle piante da appartamento, ecc.), che urbana (zonizzazione, fasce di rispetto, ecc.) riducono sensibilmente il rischio di esposizione.

PREVENZIONE (II)

Specie (1 pianta per stanza)	Rimozione di formaldeide nell'aria da parte di piante depuratrici inserite all'interno di una stanza di media grandezza		
	Quantità presente	Dopo 6 ore	Dopo 24 ore
7 – Dracena	10,30 µg/m ³	7,87 µg/m ³	5,97 µg/m ³
11 – Spatifillo	10,29 µg/m ³	6,65 µg/m ³	5,38 µg/m ³
13 – Filodendro	11,57 µg/m ³	4,66 µg/m ³	3,45 µg/m ³

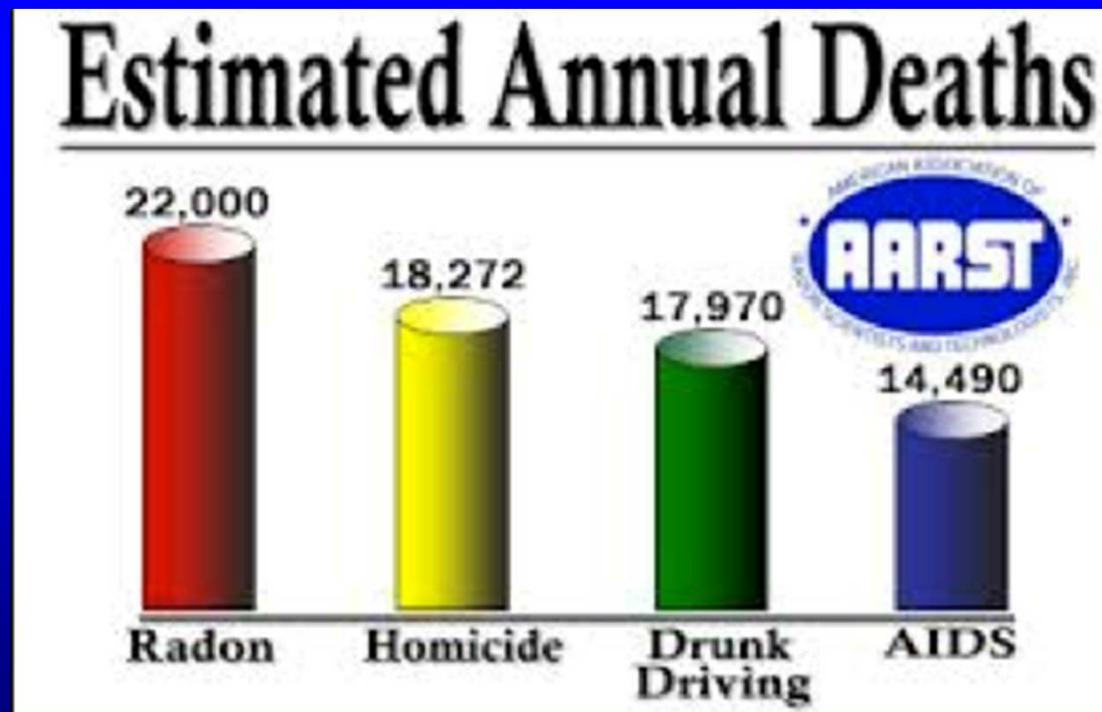
IL RADON

Il Radon è un gas nobile, incolore ed inodore, radioattivo e cancerogeno (Gruppo I secondo lo IARC di Lione) per inalazione; deriva dal decadimento di Uranio e Torio, il radioisotopo di maggiore interesse in sanità pubblica è Rn222.



IMPORTANZA SANITARIA

E' la seconda causa di tumore al polmone, oggi in Italia gli si attribuiscono il 18% di queste neoplasie con circa 700 casi l'anno, anche se altri studi gli attribuiscono sino a 6000 casi l'anno.



CARATTERISTICHE

Essendo un gas ha la caratteristica, rispetto ad altre specie radioattive, di poter migrare dal sito ove si trova, ovvero le rocce di origine vulcanica (pozzolane, tufi, e graniti). I terreni di origine vulcanica sono dunque i più pericolosi, tuttavia elevati livelli di radon possono riscontrarsi, ove formazioni calcaree siano poste al di sopra di rocce di origine vulcanica e la porosità delle stesse ne permette la risalita in superficie.

ORIGINE

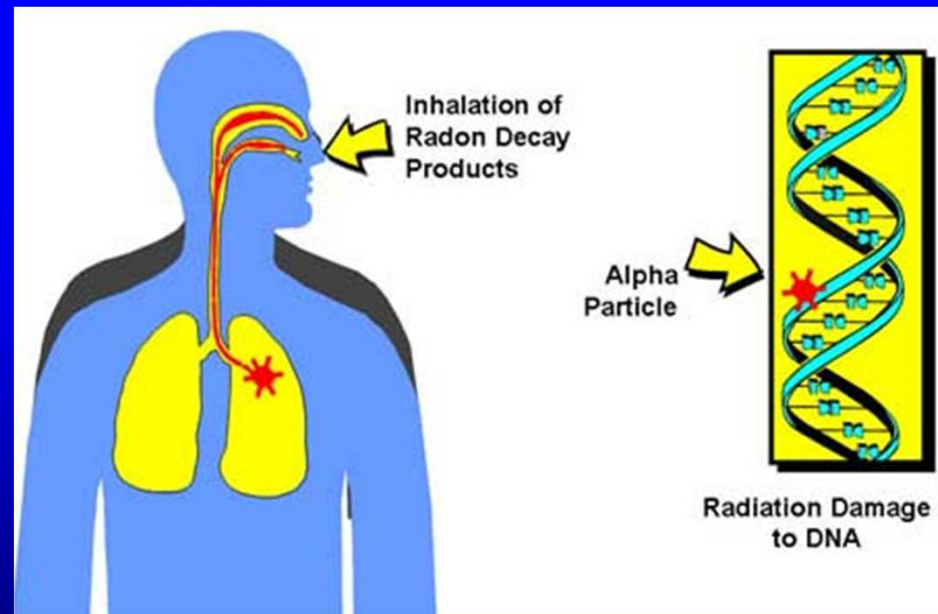
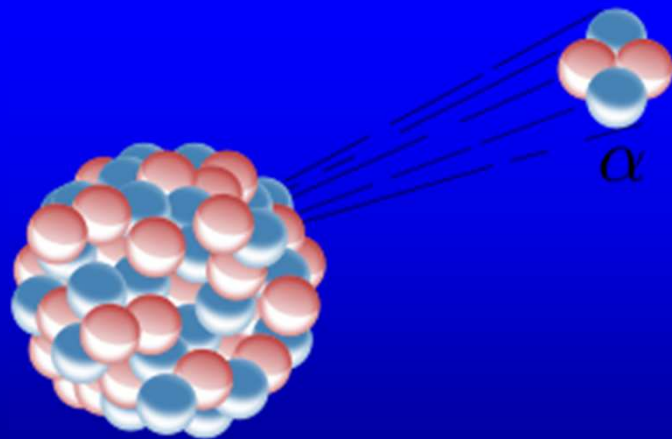
Tabella 8.4 **Concentrazioni medie di radon in alcuni Paesi**

PAESE	MEDIA VALORE	DEVI AZ.	% SOPRA	% SOPRA
	PRINCIP.	STANDARD	200Bq/m ³	400Bq/m ³
Australia	11	8	2,1	<0,1
Belgio	48	37	1,9	1,7
Canada	33	15	3,6	2,3
Cecoslovac.	140	-	-	-
Danimarca	47/53	29	2,2	2,2
Finlandia	123	84	2,1	12,3
Francia	85	52	2,3	7,1
Germania	50	40	-	1,5-2,5
Grecia	92	68	2,9	3,3
Ungheria	55	42	-	-
Irlanda	60	34	2,5	3,8
Italia	77	-	-	5
Giappone	29	23	1,6	<0,4
Lussembur.	-	65	-	-
Olanda	29	24	1,6	-
Norvegia	51/60	26	-	3,7/5
Portogallo	81	37	-	8,6
Spagna	86	41-43	2,6-3,7	-
Svezia	108	56	-	14-26
Svizzera	70/80	-	-	5
Inghilterra	20,5	15	2,2	0,5
USA	46	25	3,1	3,5

Fonte: European Commission, 1990

ATTIVITA' CANCEROGENA

La sua attività si esplica principalmente grazie alla capacità elettrostatica di legarsi al pulviscolo e di penetrare negli alveoli polmonari ove le sue specie discendenti (Polonio), sono Alfa emittenti.



PERICOLOSITA' INDOOR

La concentrazione indoor del Radon è superiore a quella esterna sia per la minore diluizione atmosferica, che per la deposizione nel pulviscolo, che per la presenza di materiali da costruzione contenute Radon (in particolare tufi e graniti, ma anche il fosfato di gesso utilizzato per gli intonaci).

FONTI INDOOR

Tabella 8.2 **Concentrazioni medie di radon**

	Contributo al piano terreno	Contributo ai piani superiori
- Suolo	60%	- -
- Materiali da costruzione	20%	50%
- Aria esterna	20%	50%

ECA- Radon in indoor air- Report n° 15, EUR 16123 EN, Luxemburg; Office for Official Publications of the European Community.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa consiste sia nell'UE 96/29 Eurotam, che in due importanti norme italiane il D.lgs 230/95 ed il D.lgs. 241 del 26/05/2000 che integra e modifica il precedente; inoltre il CCM in Italia ha attivato il Piano Nazionale Radon con la collaborazione dell'Istituto Superiore di Sanità e le Agenzie Regionali/Province di Protezione ambientale. I valori di riferimento dettati dalle norme sono di 500 Bq/m³, ma per le abitazioni le Raccomandazioni UE (90/143), suggeriscono valori di 400 Bq/m³ per le esistenti e di 200 Bq/m³ per quelle di nuova costruzione.

PREVENZIONE

NUOVI EDIFICI:

- Conoscenza del territorio
- Predisposizione di mappe di rischio per la pianificazione urbanistica del territorio
- Adozione di metodiche che riducano l'entrata di radon nell'edificio nella fase di progettazione e costruzione

PREVENZIONE

EDIFICI ESISTENTI:

- Ventilazione degli ambienti
- Sigillature vie di ingresso
- Pressurizzazione dell'edificio
- Depressurizzazione del suolo