



COSA SI INTENDE PER “AMBIENTE INDOOR”

*L'espressione “ambiente indoor” è riferita agli **ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali** (per quelli industriali vige una specifica normativa restrittiva), ed in particolare, a quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto. Secondo questo criterio, il termine “ambiente indoor” comprende:*

- **le abitazioni,***
 - **gli uffici pubblici e privati,***
 - **le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche etc.),***
 - **i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive etc.),***
 - **mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave etc.).***
-

Inquinamento “indoor”: tipologia delle cause.

TIPOLOGIA	FREQUENZA	ESEMPIO
Ventilazione insufficiente	52%	- Ricambio inadeguato - Sovraffollamento
Inquinamento da sorgenti interne	17%	- Fotocopiatrici - Fumo di sigarette - Prodotti di combustione - Prodotti di pulizia
Inquinamento da fonti esterne	11%	- Mandate improprie - Prodotti di scarico veicoli
Contaminanti biologici	5%	- Veicolati da impianti di condizionamento, umidif...
Materiali edilizi	3%	- Isolanti, rivestimenti, arredi (formaldeide ...)
Casi non definiti	12%	?



Fonte NIOSH – Revisione di 446 studi riferiti agli anni 1971-1986

IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI INQUINAMENTO e DEGLI INQUINANTI SPECIFICI



INQUINANTI CHIMICI

<i>Inquinanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
<i>Ossidi di azoto (NO_x)</i>	<i>Le fonti principali sono costituite da radiatori a cherosene, stufe e radiatori a gas privi di scarico esterno e dal fumo di tabacco.</i>	<i>I valori più elevati vengono generalmente rilevati nelle <u>cucine</u>.</i>
<i>Ossidi di zolfo (SO₂)</i>	<i>idem</i>	
<i>Monossido di carbonio (CO)</i>	<i>I livelli di CO sono significativamente influenzati dalla presenza di <u>processi di combustione</u> e dal <u>fumo di tabacco</u>, con scarsa o assente ventilazione.</i>	<i>La <u>vicinanza di sorgenti outdoor</u> (es. <u>strade a elevato traffico</u>) possono influenzare le concentrazioni indoor.</i>

INQUINANTI CHIMICI



<i>Inquinanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
Ozono (O₃)	<i>Le fonti principali interne sono identificabili in <u>strumenti elettrici ad alto voltaggio</u> (motori elettrici, stampanti laser, fax, fotocopiatrici, etc.), in apparecchi che producono raggi UV, in filtri elettronici per pulire l'aria malfunzionanti.</i>	<i>Tuttavia la <u>quota proveniente dall'esterno</u> rappresenta in genere la <u>maggior parte dell'ozono</u> presente nell'aria interna.</i>
Particolato aerodisperso (PM_{2,5} PM₁₀)	<i>Negli ambienti indoor il particolato è prodotto principalmente dal <u>fumo di sigarette</u>, dalle <u>fonti di combustione</u> e dalle <u>attività degli occupanti</u>.</i>	<i>Nel particolato raccolto è stato possibile verificare la presenza di n-alcani, acidi grassi (palmitico e stearico) ed esteri (ftalati).</i>

INQUINANTI CHIMICI



<i>Inquinanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
<i>Composti organici volatili (VOC): aldeidi (formaldeide), alcoli, chetoni, BTEX ...</i>	<i>Importanti fonti di inquinamento sono i <u>materiali di costruzione e gli arredi</u> (es. mobili, moquettes, rivestimenti), che possono determinare <u>emissioni continue durature nel tempo</u> (settimane, mesi). Altra fonte è l'uso di colle, adesivi, solventi.</i>	<i>Importanti concentrazioni di VOC sono riscontrabili in particolare nei <u>periodi successivi alla posa dei vari materiali o alla installazione degli arredi</u>.</i>
<i>Benzene</i>	<i>Le sorgenti di maggior rilievo sono i prodotti di consumo come <u>adesivi</u>, materiali di costruzione o <u>vernici</u> + il <u>fumo di tabacco</u>.</i>	<i>Il <u>fumo di sigaretta</u> contiene un quantitativo di benzene significativo e considerevolmente variabile (6 – 73 µg/m³)</i>

INQUINANTI CHIMICI



<i>Inquinanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
Formaldeide	<i>Emessa soprattutto da <u>resine a base di urea-formaldeide</u> usate per l'isolamento (cosiddette UFFI) e da resine usate per truciolato e compensato di legno, per tappezzerie e moquettes e per altro materiale da arredamento.</i>	<i>Negli ambienti indoor i livelli sono generalmente compresi tra 10 e 50 $\mu\text{g}/\text{m}_3$.</i>
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	<i>Le sorgenti principali sono le <u>fonti di combustione</u> (es. caldaie a cherosene) ed il <u>fumo di tabacco</u>.</i>	<i>I dati della letteratura disponibili sull'esposizione indoor a IPA sono piuttosto scarsi.</i>



INQUINANTI CHIMICI

<i>Inquinanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
<i>Fumo di tabacco ambientale (ETS)</i>	<i>Le principali sostanze tossiche del fumo liberate nell'ambiente allo stato gassoso sono: il <u>CO</u>, gli <u>IPA</u> (> <u>benzoapirene</u>), numerosi <u>VOC</u>, l'ammoniaca e le <u>ammine volatili</u>, l'acido cianidrico e gli alcaloidi del tabacco. Nel fumo si trova anche una <u>frazione particolata</u> rappresentata da catrame e diversi composti poliaromatici.</i>	<i>Tra i numerosi composti isolati dal fumo alcuni sono riconosciuti <u>cancerogeni</u>. Il fumo inoltre agisce come elemento <u>potenziante la nocività di altre sostanze cancerogene</u> come l'amianto e il radon.</i>
<i>Prodotti fitosanitari</i>	<i>Sono presenti in <u>prodotti per eliminare zanzare, mosche, blatte ed altri insetti</u>, usati all'interno degli edifici o di provenienza esterna + per <u>antimuffa del legno</u>.</i>	<i>Attenzione alle superfici del legno trattate con antiparassitari (> <u>pentaclorofenolo</u>).</i>

INQUINANTI CHIMICI



<i>Inquinanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
Amianto	<i>Nei decenni passati l'amianto è stato ampiamente usato nell'industria meccanica, edile e navale per le sue <u>notevoli qualità di isolamento termico e di materiale resistente alle alte temperature e alla frizione</u>. La liberazione di fibre di amianto all'interno degli edifici può avvenire per lento <u>deterioramento</u> dei materiali costitutivi, per <u>danneggiamento</u> degli stessi da parte degli occupanti o per interventi di <u>manutenzione</u>.</i>	<i>Con la L. 257 del 22/3/1992 l'Italia ha dichiarato <u>fuori legge l'amianto</u>; esso infatti non può essere più estratto né utilizzato per produrre manufatti.</i>

INQUINANTI CHIMICI



<i>Inquinanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
<i>Fibre minerali sintetiche (MMMMF)</i>	<i>I diversi tipi di materiali fibrosi naturali e artificiali sono suddivisi in <u>fibre artificiali minerali</u> (man made mineral fibers – MMMF) e in <u>fibre artificiali organiche</u> (man made organic fibers – MMOF). Le MMMF comprendono a loro volta diversi tipi di materiali fibrosi, tra cui in particolare le <u>fibre vetrose artificiali</u> (man made vitreous fibers – MMVF) e le <u>fibre ceramiche</u>.</i>	<i>Le fibre minerali sintetiche hanno <u>gradualmente sostituito l'amianto</u> nei suoi diversi usi.</i>

INQUINANTI FISICI



<i>Inquinanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
Radon	<p><i>Il radon è un <u>gas radioattivo</u> classificato, insieme ai suoi prodotti di decadimento, come agente <u>cancerogeno di gruppo 1</u> (massima evidenza di cancerogenicità) dalla IARC; l'esposizione a radon è considerata la <u>seconda causa per cancro polmonare</u> dopo il fumo di sigaretta.</i></p> <p><i>Le principali <u>sorgenti di provenienza del radon indoor</u> sono il <u>suolo sottostante l'edificio</u> ed i <u>materiali di costruzione</u>, da cui, essendo un gas, si diffonde facilmente nell'ambiente interno.</i></p>	<p><i>In Italia l'esposizione della popolazione è stata valutata tramite una <u>indagine promossa e coordinata dall'ISS e dall'ANPA</u> (1989 – 1996) su un campione di oltre <u>5000 abitazioni</u>. Il <u>valore medio di concentraz.</u> è risultato <u>70-75 Bq/m³</u>, a cui corrisponde, secondo una stima preliminare, un rischio individuale dell'ordine dello 0,5%.</i></p>

CONTAMINANTI MICROBIOLOGICI



<i>Contaminanti</i>	<i>Sorgenti e/o usi</i>	<i>Note</i>
<ul style="list-style-type: none">• Batteri termofili• Endotossine batteriche• Funghi mesofili	<p>Le principali fonti di inquinamento microbiologico degli ambienti indoor sono gli <u>occupanti</u> (uomo e animali), la polvere, le strutture e i servizi degli edifici.</p> <p>Altre possibili sorgenti di microrganismi sono gli <u>umidificatori ed i condizionatori dell'aria</u>, dove la presenza di elevata umidità e l'inadeguata manutenzione facilitano l'insediamento e la moltiplicazione dei microrganismi che poi vengono diffusi negli ambienti dallo impianto di diffusione dell'aria.</p> <p>Altri siti sono le <u>torri di raffreddamento degli impianti di condizionamento e i serbatoi e la rete distributiva dell'acqua a uso domestico</u>.</p>	<p>I microrganismi oltre ad essere responsabili di <u>eventi infettivi</u> possono determinare anche <u>fenomeni allergici</u>. Altre fonti di allergia da fattori indoor sono notoriamente gli <u>acari della polvere</u> e gli <u>animali domestici</u> (cani e gatti).</p>

Principali inquinanti chimici degli ambienti confinati e loro possibili effetti sull'apparato respiratorio dei soggetti esposti (segue1/4).

INQUINANTE	FONTI	EFFETTI SULLA SALUTE	
		BAMBINI	ADULTI
Fumo di tabacco ambientale (ETS)	* Fumo di Tabacco	<ul style="list-style-type: none"> * Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici * Incremento della frequenza di episodi infettivi acuti * Iperattività bronchiale (aumentato rischio di sviluppare patologia asmatica) * Malattia più severa nei soggetti asmatici * Ridotto sviluppo della funzione ventilatoria 	<ul style="list-style-type: none"> * Probabile aumento della frequenza di sintomi respiratori cronici • Probabile decremento della funzione ventilatoria

Principali inquinanti chimici degli ambienti confinati e loro possibili effetti sull'apparato respiratorio dei soggetti esposti (segue 2/4).

INQUINANTE	FONTI	EFFETTI SULLA SALUTE	
		BAMBINI	ADULTI
Particolato totale sospeso (TPS)	<ul style="list-style-type: none">* Fumo di tabacco* Sistemi di riscaldamento* Inquinamento esterno* Combustione di legna etc.	<ul style="list-style-type: none">* Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici	<ul style="list-style-type: none">* Probabile decremento della funzione ventilatoria

Principali inquinanti chimici degli ambienti confinati e loro possibili effetti sull'apparato respiratorio dei soggetti esposti (segue 3/4).

INQUINANTE	FONTI	EFFETTI SULLA SALUTE	
		BAMBINI	ADULTI
Biossido di azoto (NO ₂)	<ul style="list-style-type: none">* Cucine a gas* Stufe a gas* Caldaie* Autoveicoli posti nelle vicinanze	<ul style="list-style-type: none">* Probabile abbassamento della soglia di sensibilizzazione a vari allergeni* Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici* In soggetti asmatici: incremento del numero di episodi broncospastici e ridotta risposta alla terapia antiasmatica	<ul style="list-style-type: none">* Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici* Incerto l'effetto sulla funzione ventilatoria

Principali inquinanti chimici degli ambienti confinati e loro possibili effetti sull'apparato respiratorio dei soggetti esposti (segue 4/4).

INQUINANTE	FONTI	EFFETTI SULLA SALUTE	
		BAMBINI	ADULTI
Fumo di legna	<ul style="list-style-type: none"> * Caminetti * Stufe a legna 	<ul style="list-style-type: none"> * Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici 	<ul style="list-style-type: none"> * Aumentato rischio per lo sviluppo di BPCO
Formaldeide	<ul style="list-style-type: none"> * Materiali da costruzione * Prodotti per la casa * Fumo di tabacco * Processi di combustione 	<ul style="list-style-type: none"> * Possibili fenomeni broncoreattivi in soggetti asmatici 	<ul style="list-style-type: none"> * Possibili fenomeni broncoreattivi in soggetti asmatici



EFETTI SULLA SALUTE UMANA

Vi sono difficoltà oggettive nell'individuare le cause specifiche di eventuali disturbi e/o sintomi determinati da una cattiva qualità dell'aria interna. In genere si tende a ricondurre i fenomeni morbosi a due sindromi principali:

BUILDING-RELATED ILLNESS (BRI) = Malattie associate agli edifici

Sintomi, segni o affezioni che si manifestano in uno o più occupanti di un edificio e che possono essere riferiti ad uno specifico fattore eziologico presente nell'aria dell'ambiente confinato (microrganismi, polveri, formaldeide, etc.), che possono essere responsabili di specifici quadri morbosi quali asma, febbre da umidificatori, alveoliti allergiche, legionellosi, etc.

SICK-BUILDING SINDROME (SBS) = Sindrome dell'edificio malato

Sindrome che colpisce la maggioranza degli occupanti di un edificio, si manifesta con sintomi aspecifici ma ripetitivi e non riconosce un agente eziologico specifico.

INQUINAMENTO INDOOR: effetti cancerogeni



*Recentemente è stata rivolta una particolare attenzione al possibile rischio di tumori legato alla presenza negli ambienti indoor di **composti con dimostrata evidenza di cancerogenicità**.*

*I principali cancerogeni che possono essere presenti sono il **fumo di tabacco**, il **radon** e l'**amianto**; è stato ipotizzato che anche l'inquinamento indoor da composti organici volatili (es. **formaldeide**, **benzene**) possa costituire un significativo rischio cancerogeno per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti confinati e contribuisca in modo significativo al rischio cancerogeno complessivo della popolazione generale.*

PROTOCOLLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA



Indagine strumentale ambientale di base



A) **INDICATORI di RILIEVO SISTEMATICO**

- CO_2 : indicatore indiretto di ventilazione^(*) + indice delle emissioni dalle sorgenti di combustione
- $T + UR$: indici di confort termico
- PM : indice di inquinamento particolato e di efficienza dei sistemi di filtrazione dell'aria
- VOC : indice di carico globale di composti organici volatili
- CFU : indice di contaminazione globale da microrganismi

B) **INDICATORI di RILIEVO OPZIONALE**

- **FIBRE MINERALI** : indice di contaminazione da fibre minerali
- **ALFA-EMISSIONI** : indice della contaminazione da radon
- **DILUIZIONE DA GAS TRACCIANTI**: indicatore del ricambio d'aria^(*)

(*) N.B. Sono utilizzabili anche strumenti per la misurazione diretta della ventilazione e dei ricambi d'aria.

Standard della qualità dell'aria e limiti di esposizione



In **Italia** non esistono normative vere e proprie per la qualità dell'aria, né sono stati definiti standard o limiti di esposizione. L'accordo tra il Ministero della Salute e le Regioni e le Province autonome del 27/9/2001 ha emanato comunque le “Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”.

In tale documento viene disegnato un quadro conoscitivo sullo stato della qualità dell'aria indoor, fornito un indirizzo per un programma di prevenzione e sono tracciate le linee strategiche per la messa in opera del programma stesso. Un successivo accordo del 5/10/2006 ha recepito inoltre le “Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione”.



Standard della qualità dell'aria e limiti di esposizione



In **campo internazionale** esistono invece diversi standard di qualità dell'aria che si riferiscono a **standard per la qualità dell'aria esterna** oppure a **specifici standard per gli ambienti di tipo residenziale**, con i quali si è inteso garantire ragionevoli livelli di salute e confort per gli occupanti:

- ❖ **Air Quality Guidelines for Europe dell'OMS (WHO)**, designate per la protezione della popolazione generale, riguardanti un largo numero di sostanze; esse risultano di buona applicazione anche nell'ambiente indoor.
- ❖ **Standard della American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)**, sviluppati specificamente per gli ambienti confinati ma riguardanti un numero ristretto di sostanze e riferiti ad un grado di confort pari a 80% dei soddisfatti.

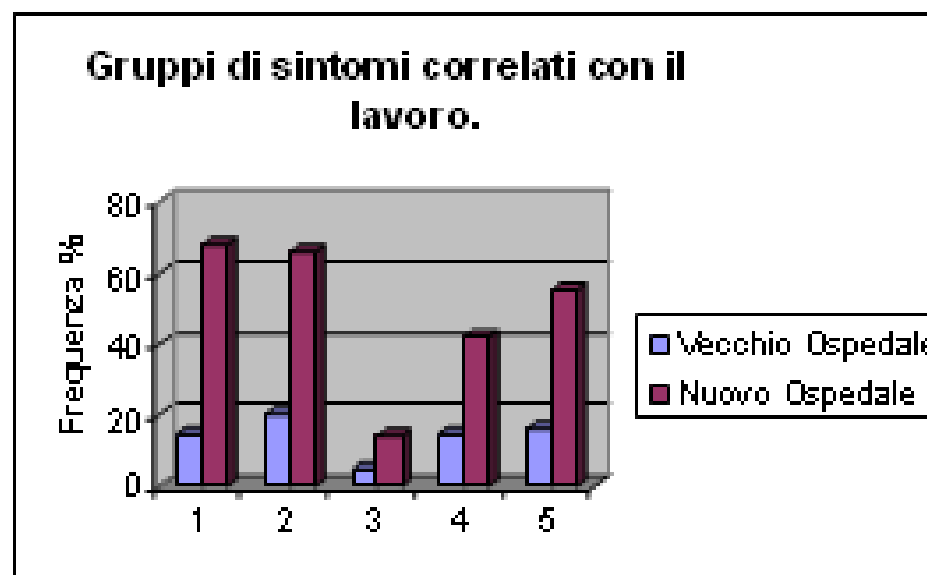


Uffici di un Istituto Bancario

Concentrazioni di FORMALDEIDE.

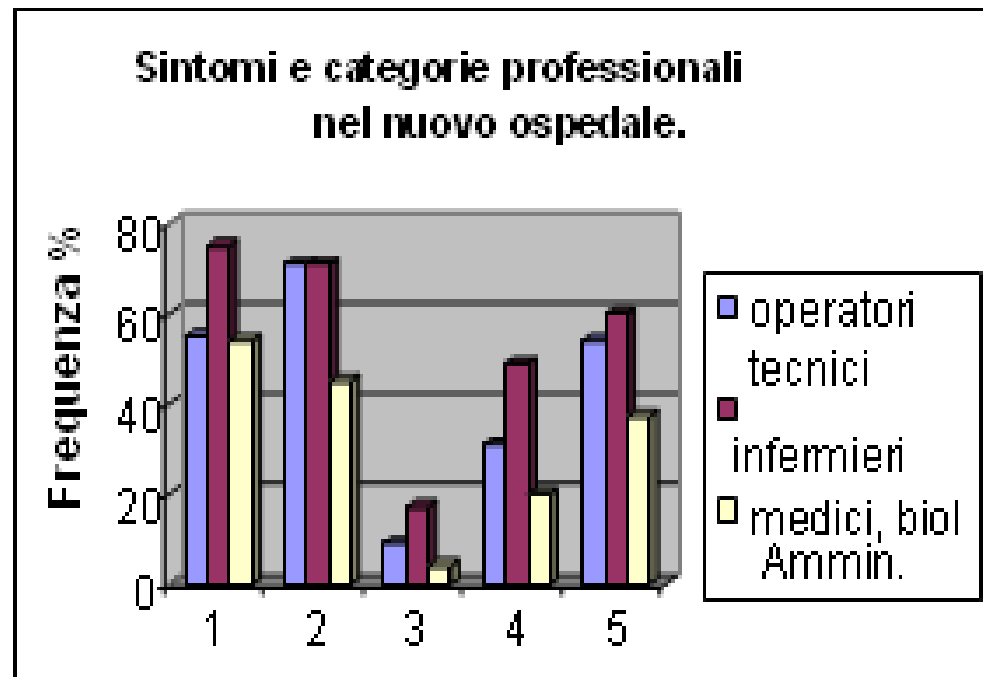
Ufficio	Collocazione	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Standard di riferimento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ufficio A	Interno esterno	19.50 18.00	60 (Norvegia) 120 (Canada) 100/30 min (WHO) 100/30 min. (ASHRAE)
Ufficio B	Interno esterno	29.83 10.54	
Ufficio C	Interno esterno	27.64 13.11	
Ufficio D	Interno esterno	28.23 10.14	

Gruppi di sintomi correlati al lavoro.



- 1 = sintomi oculari**
($p < 0.001$)
- 2 = sintomi vie aeree superiori**
($p < 0.001$)
- 3 = sintomi respiratori**
($p < 0.001$)
- 4 = sintomi cutanei**
($p < 0.001$)
- 5 = sintomi generali**
($p < 0.001$)

Gruppi di sintomi correlati al lavoro.

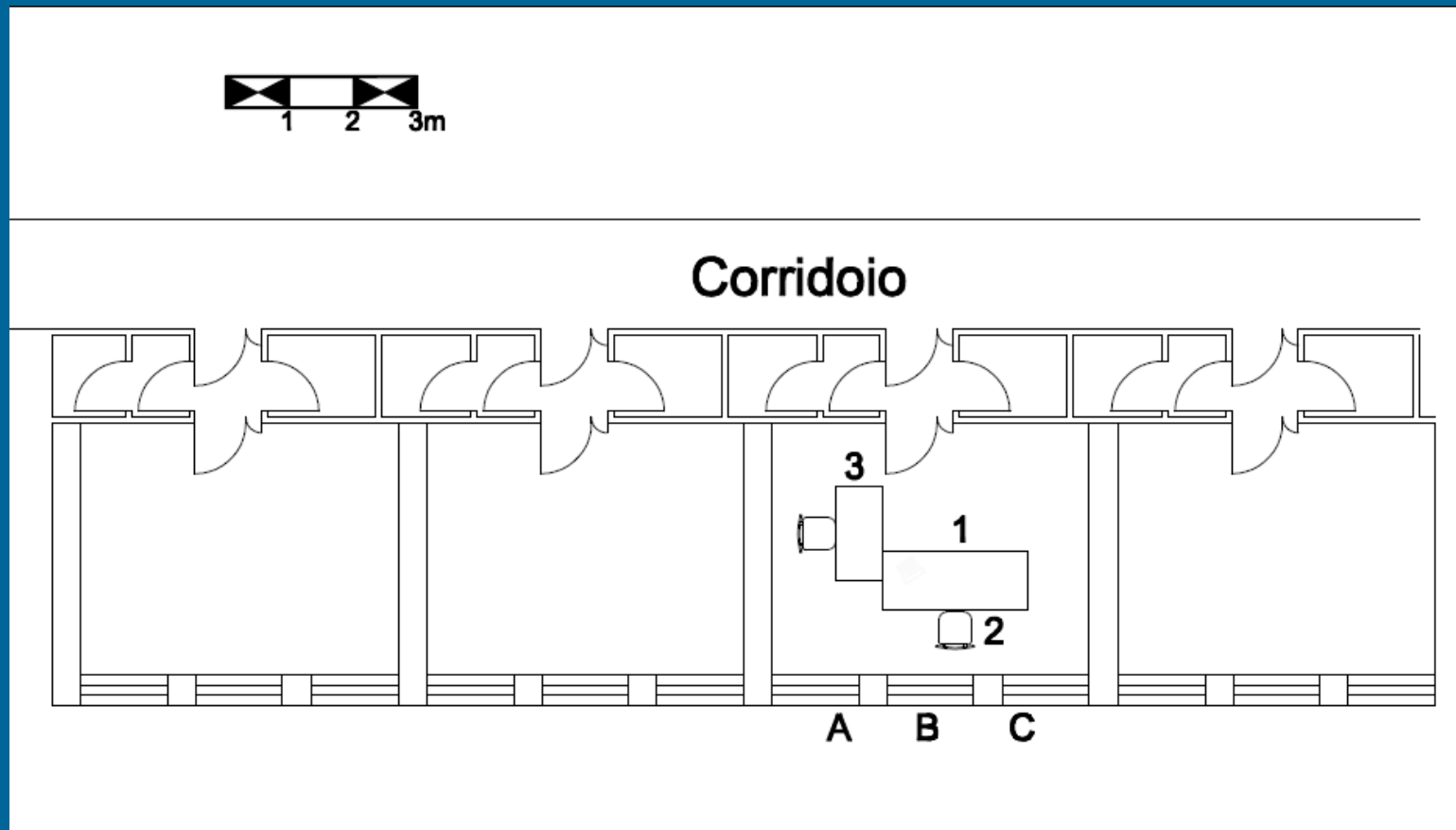


- 1 = sintomi oculari**
($p < 0,011$)
- 2 = sintomi vie aeree superiori**
($p < 0,003$)
- 3 = sintomi respiratori**
($p < 0,051$)
- 4 = sintomi cutanei**
($p < 0,02$)
- 5 = sintomi generali**
($p < 0,018$)

Risultati delle indagini chimico-fisiche.

REPARTI ATTIVATI	Polveri µg/m³	Fibre totali/l1	Fibre lana di vetro/l1	V.O.C. µg/m³	Formaldeid e µg/m³
Ostetricia sala travaglio	--	10	<2	170	40
DEU sala operatoria	--	15,6	<7,8	50	10
Neurofisiopatologia day hospital	--	17	<2,8	300	32
Gastroenterologia corridoio degenza	--	37	<1,2	330	13
REPARTI da ATTIVARE					
Chirurgia 2 – Stanza 2	44	5,4	<2,7	70	16
Ortopedia donne Stanza 2	29	2,7	<1,3	60	14

Planimetria dell'ufficio



Legenda: l'ufficio in cui abbiamo effettuato i rilievi ha un volume di 63 m^3 , presenta tre finestre di cui due a vasistas (A e C) ed una a scorrimento verso l'alto (B) ed è provvisto di impianto di condizionamento che al momento dei rilievi era spento.

Concentrazioni di POLVERI TOTALI riscontrate.

Concentrazione in condizioni "basali" ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentrazione dopo cinque sigarette ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Standard di riferimento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
99	383	90 / 8 ore (Norvegia) 120 / 24 ore (WHO)

Concentrazioni medie di BTEX (benzene, toluene, etilbenzene, xileni).

Concentrazione media in condizioni "basali" ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentrazione media con 5 sigarette ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Standard di riferimento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
130	21566 * 14095 **	400 (Norvegia) 300-3000*** (WHO)

*Concentrazione media riscontrata in 20 minuti dopo accensione simultanea di 5 sigarette.

** Concentrazione media riscontrata in 1 ora con accensione consecutiva di 5 sigarette a distanza di 10 minuti l'una dall'altra.

*** <300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ disagi improponibili; 300-3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ disagi possibili; >3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ disagi probabili

Concentrazioni medie di FORMALDEIDE riscontrate.

Concentrazione media in condizioni "basali" ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentrazione media con cinque sigarette ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Standard di riferimento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
12	883 * 571 **	60 (Norvegia) 120 (Canada) 100/30min (WHO) 100/30 min. (ASHRAE)

*Concentrazione media riscontrata in 20 minuti dopo accensione simultanea di 5 sigarette.

** Concentrazione media riscontrata in 1 ora con accensione consecutiva di 5 sigarette a distanza di 10 minuti l'una dall'altra.

Grafico relativo all'incremento della **FORMALDEIDE, TOLUENE, BENZENE** e **CO** con cinque sigarette fumate consecutivamente a distanza di circa 10 minuti l'una dall'altra.

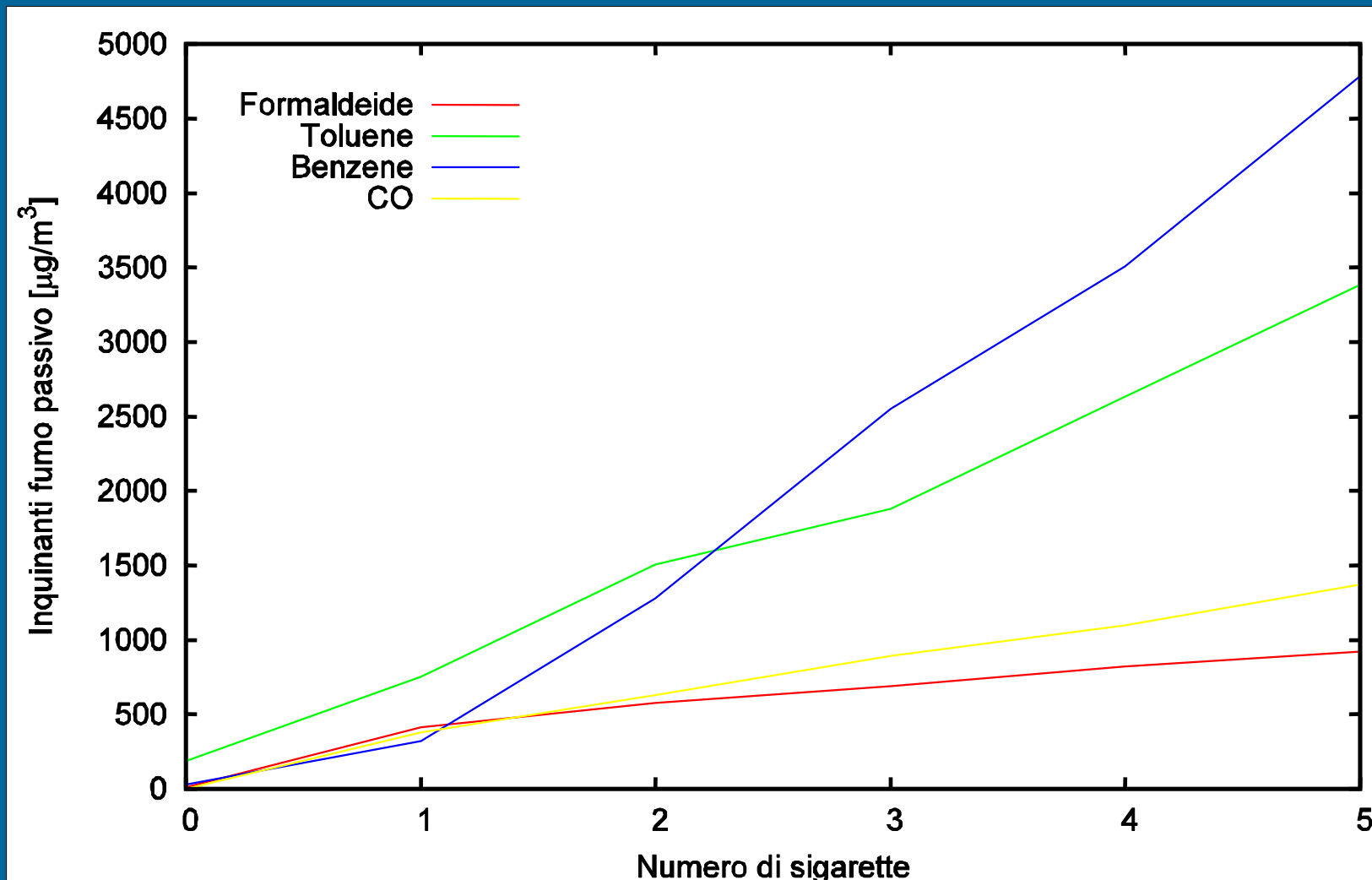
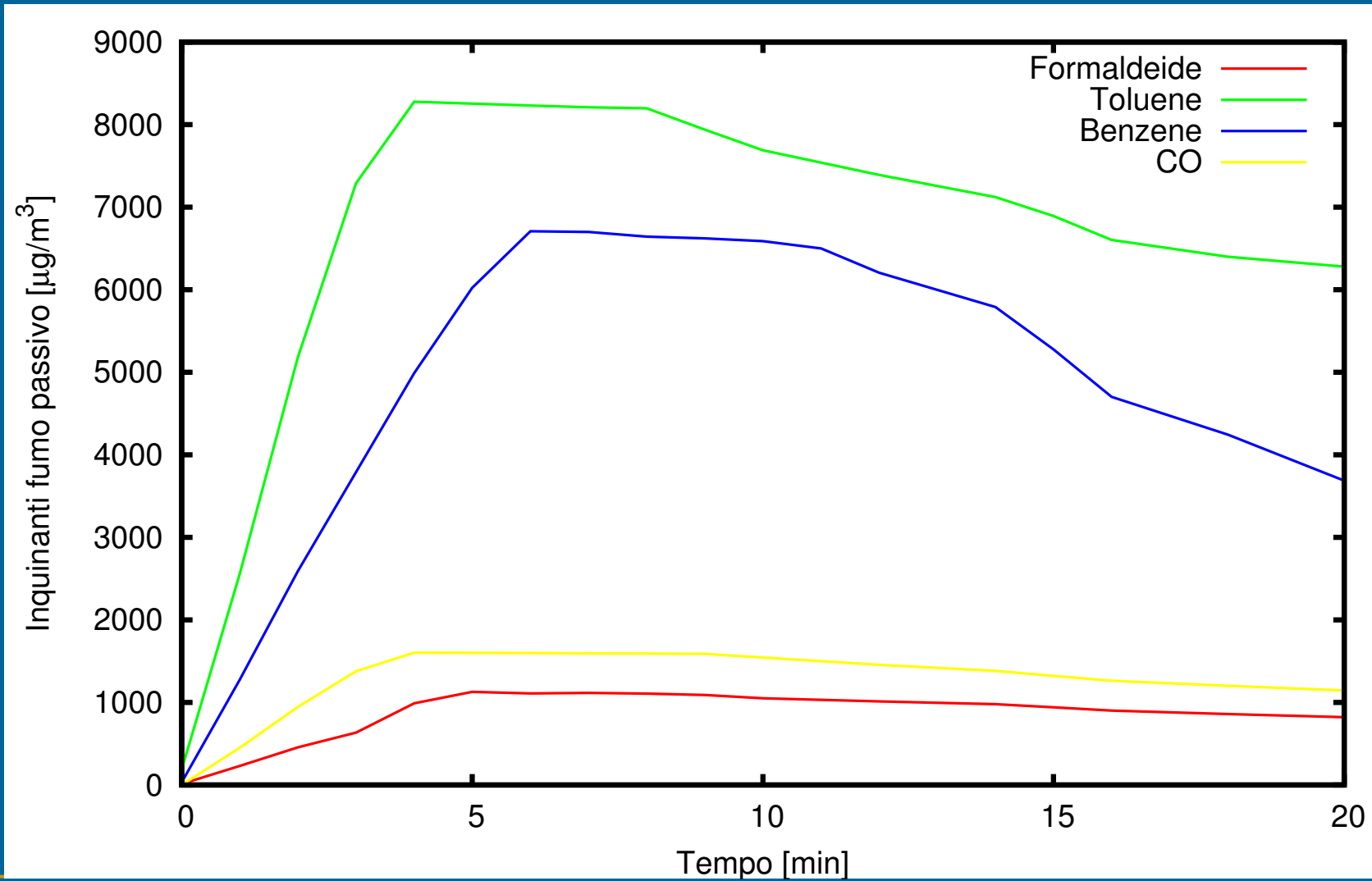


Grafico relativo all'incremento e decremento di FORMALDEIDE, TOLUENE, BENZENE e CO con cinque sigarette fumate contemporaneamente.



Rilievi di AGENTI BIOLOGICI.

	Batteri mesofili (UFC/m ³)*	Batteri psicrofili (UFC/m ³)*	Miceti a 30 °C ** (UFC/m ³)*	Miceti a 20 °C *** (UFC/m ³)*
zona 1	a.c.	a.c.	a.c.	60
zona 2	13	a.c.	23	300
zona 3	6,6	a.c.	10	72

a.c.: assenza di crescita delle colonie nel volume di aria campionato

* UFC/m³: Unità Formanti Colonie per metro cubo

** Colonie di miceti cresciute a 30 °C in terreno nutritivo "Tryptone Soia Agar"

*** Colonie di miceti cresciute a 20 °C in terreno nutritivo "Sabouraud"