

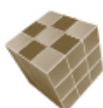


# RAPPORTI ISTISAN 19|17

ISSN: 1123-3117 (cartaceo) • 2384-8936 (online)

## **Qualità dell'aria *indoor* negli ambienti sanitari: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici**

A cura di G. Settimo, L. Bonadonna,  
M. Gherardi, F. di Gregorio, A. Cecinato  
per il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor*



AMBIENTE  
E SALUTE



**ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ**

**Qualità dell'aria *indoor* negli ambienti sanitari:  
strategie di monitoraggio degli inquinanti  
chimici e biologici**

A cura di Gaetano Settimo (a), Lucia Bonadonna (a),  
Monica Gherardi (b), Francesco di Gregorio (c), Angelo Cecinato (d)  
per il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor*

(a) *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*  
(b) *Dipartimento Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale, Istituto Nazionale  
per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, Roma*  
(c) *Dipartimento di Prevenzione, Azienda Sanitaria Provinciale, Trapani*  
(d) *Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma*

ISSN: 1123-3117 (cartaceo) • 2384-8936 (online)

**Rapporti ISTISAN**  
**19/17**

Istituto Superiore di Sanità

**Strategie di monitoraggio della qualità dell'aria *indoor* negli ambienti sanitari: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici.**

A cura di Gaetano Settimo, Lucia Bonadonna, Monica Gherardi, Francesco di Gregorio, Angelo Cecinato per il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor*  
2019, viii, 55 p. Rapporti ISTISAN 19/17

Obiettivo di questo documento è quello di fornire delle corrette strategie di monitoraggio dell'aria *indoor* nelle strutture sanitarie sia per un'adeguata attività di misura, acquisizione, verifica e valutazione degli inquinanti chimici e biologici, sia per supportare adeguatamente specifici protocolli di prevenzione individuale e collettiva, con l'obiettivo di migliorare lo stato di salute dei fruitori sanitari e degli operatori sanitari, e per ribadire il ruolo centrale di responsabilità nella promozione e tutela della salute da parte delle strutture sanitarie così come previsto dalla World Health Organization. Si riportano i principali fattori da considerare per pianificare le attività di monitoraggio in relazione agli ambienti e alle sorgenti *indoor*. Vengono descritti i principi generali e le caratteristiche dei metodi per il campionamento e l'analisi dei Composti Organici Volatili (COV), del materiale particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), dei microrganismi organici (IPA, PCDD/F e PCB) e inorganici (metalli e metalloidi), biologici (virus, batteri e funghi) con riferimento alle norme elaborate a livello europeo.

*Parole chiave:* Aria *indoor*; Strutture sanitarie; COV; materiale particolato PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>; Metalli; IPA; PCDD/F; PCB; Batteri; Virus; Campionamento; Analisi

Istituto Superiore di Sanità

***Indoor air quality in healthcare environments: strategies for monitoring chemical and biological pollutants.***

Edited by Gaetano Settimo, Lucia Bonadonna, Monica Gherardi, Francesco di Gregorio, Angelo Cecinato for the National *Indoor* air Study Group  
2019, viii, 55 p. Rapporti ISTISAN 19/17 (in Italian)

Purpose of this document is to provide correct *indoor* air monitoring strategies in healthcare facilities, both for proper measurement, acquisition, verification and evaluation of chemical and biological pollutants, and to support Individual specifications and collective prevention protocols, with the aim of improving health users and healthcare workers, in particular reiterating the central role of responsibility for the promotion and protection of healthcare facilities, as provided by the World Health Organization. The main factors to be considered in order to plan the monitoring activities in relation to the internal environments and the sources are reported. The general principles and characteristics of the methods of sampling and analysis of Volatile Organic Compounds (VOCs), particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>), organic micropollutants (PAH, PCDD/F and PCB) and inorganic (metals and metal), biological (virus, bacteria, and molds) are described.

*Key words:* *Indoor* air; Healthcare; Hospital VOC; PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>; Metals; PAH; PCDD/F; PCB; Bacteria; Virus; Sampling; Analysis

Per informazioni su questo documento scrivere a: [gaetano.settimo@iss.it](mailto:gaetano.settimo@iss.it)

Il rapporto è accessibile online dal sito di questo Istituto: [www.iss.it](http://www.iss.it).

Citare questo documento come segue:

Settimo G, Bonadonna L, Gherardi M, di Gregorio F, Cecinato A per il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento Indoor (Ed.). *Strategie di monitoraggio della qualità dell'aria indoor negli ambienti sanitari: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2019. (Rapporti ISTISAN 19/17).

---

Legale rappresentante dell'Istituto Superiore di Sanità: *Silvio Brusaferrò*

Registro della Stampa - Tribunale di Roma n. 114 (cartaceo) e n. 115 (online) del 16 maggio 2014

Direttore responsabile della serie: *Paola De Castro*

Redazione: *Sandra Salinetti*

La responsabilità dei dati scientifici e tecnici è dei singoli autori, che dichiarano di non avere conflitti di interesse.



## **Gruppo di Studio Nazionale (GdS) Inquinamento Indoor**

Il Gruppo di Studio Nazionale (GdS) Inquinamento *Indoor* dell'ISS è stato nominato con note del 16 dicembre 2015 (Prot. 372571) e del 10 febbraio 2016 (Prot. 3880) dal Presidente dell'Istituto Superiore di Sanità.

Di seguito l'attuale elenco dei componenti:

Gaetano SETTIMO	Coordinatore del Gruppo, Istituto Superiore di Sanità
Eleonora BECCALONI	Istituto Superiore di Sanità
Lucia BONADONNA	Istituto Superiore di Sanità
Marco BALDINI	Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Salvatore BONGIORNO	Azienda Sanitaria Unica Locale della Valle d'Aosta, Regione Valle d'Aosta
Silvia BRINI	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Angelo CECINATO	Consiglio Nazionale delle Ricerche
Daniela CIMINI	Azienda Sanitaria Unica Regionale Area Vasta 2, Regione Marche
Mattea CHIRICO	Istituto Superiore di Sanità
Michele COLITTI	Azienda Sanitaria Unica Locale di Campobasso, Regione Molise
Alessandro CIPRIANI	Azienda Sanitaria Unica Locale della Valle d'Aosta, Regione Valle d'Aosta
Gennaro D'AMATO	Azienda Ospedaliera di Rilievo Nazionale A. Cardarelli di Napoli, Regione Campania
Annamaria De MARTINO	Ministero della Salute
Francesco Di GREGORIO	Azienda Sanitaria Provinciale di Trapani, Regione Sicilia
Maria Gesuina DIRODI	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Sergio FUSELLI	già esperto Istituto Superiore di Sanità
Angela GANZI	Azienda Sanitaria Unica Locale di Reggio Emilia, Regione Emilia Romagna
Stefano GIOVANNOLI	Azienda Sanitaria Locale di Pescara, Regione Abruzzo
Monica GHERARDI	Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro
Claudia MANCUSO	Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali
Katia MAIELLA	Azienda Sanitaria Locale di Pescara, Regione Abruzzo
Lucia MANGIAMELE	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Basilicata, Regione Basilicata
Valeria MARISI	Azienda Sanitaria Locale di Pescara, Regione Abruzzo
Antonella MILIENI	Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali
Carla PETTAZZI	Azienda Sanitaria Locale di Asti, Regione Piemonte
Antonella PILOZZI	Istituto Superiore di Sanità
Giovanni PIRONTI	Ministero della Salute
Domenica PULVIRENTI	Azienda Sanitaria Provinciale di Catania, Regione Sicilia
Augusto SANNA	Regione Sardegna
Anna SANTARSIERO	Istituto Superiore di Sanità
Genesio SCALONI	Azienda Sanitaria Unica Regionale Area Vasta 2, Regione Marche
Marco SCHIANTU	Università degli Studi di Cagliari, Regione Sardegna
Raffaella UCCELLI	Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile
Marina VAZZOLER	Regione Veneto

### *Segreteria organizzativa*

Maria MOSETTI Istituto Superiore di Sanità

### **Gruppo ad hoc di esperti per questo lavoro**

Lucia BONADONNA Istituto Superiore di Sanità  
Rossella BRIANCESCO Istituto Superiore di Sanità

Angelo CECINATO	Consiglio Nazionale delle Ricerche
Anna Maria COCCIA	Istituto Superiore di Sanità
Simonetta DELLA LIBERA	Istituto Superiore di Sanità
Francesco Di GREGORIO	Azienda Sanitaria Provinciale di Trapani, Regione Sicilia
Sergio FUSELLI	già esperto Istituto Superiore di Sanità
Monica GHERARDI	Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro
Paola GUCCI	Istituto Superiore di Sanità
Marcello IACONELLI	Istituto Superiore di Sanità
Giuseppina LA ROSA	Istituto Superiore di Sanità
Pierluigi MELONI	Istituto Superiore di Sanità
Rosa PARADISO	Istituto Superiore di Sanità
Francesco REGINA	Azienda Sanitaria Provinciale di Trapani, Regione Sicilia
Gaetano SETTIMO	Istituto Superiore di Sanità

# INDICE

<b>Presentazione</b> .....	v
<b>Introduzione</b> .....	1
<b>1. Inquinanti chimici: strategie e metodi di monitoraggio dell'aria <i>indoor</i></b> .....	5
1.1. Informazioni di base necessarie al monitoraggio dell'aria <i>indoor</i> .....	5
1.2. Programmazione delle attività di monitoraggio dell'aria <i>indoor</i> negli ambienti sanitari .....	6
1.3. Obiettivi, modalità, tempi e frequenza del monitoraggio dell'aria <i>indoor</i> .....	11
1.4. Scelta dei punti di prelievo per il monitoraggio e posizionamento della strumentazione di rilevamento .....	14
1.5. Misure contemporanee in aria ambiente outdoor .....	14
1.6. Attività da effettuare prima dell'inizio del monitoraggio dell'aria <i>indoor</i> .....	15
Bibliografia .....	15
<b>2. Inquinanti biologici: strategie e metodi di monitoraggio dell'aria <i>indoor</i></b> .....	19
2.1. Fonti di infezioni e modalità di trasmissione .....	20
2.2. Diffusione di microrganismi attraverso l'aria .....	22
2.3. Superfici come potenziali fonti di infezione .....	24
2.4. Ambienti sanitari a più elevato rischio infettivo .....	26
2.5. Obiettivi, durata e frequenza del monitoraggio dell'aria <i>indoor</i> .....	27
2.6. Scelta dei punti di prelievo per monitoraggio e posizionamento della strumentazione di rilevamento .....	28
2.7. Misure contemporanee in aria ambiente outdoor .....	30
2.8. Attività propedeutiche al monitoraggio dell'aria <i>indoor</i> .....	31
Bibliografia .....	32
<b>Appendice A</b>	
Valori guida WHO e valori di riferimento utilizzati in alcuni Paesi europei per gli inquinanti chimici e biologici .....	35
<b>Appendice B</b>	
Questionario per la raccolta di informazioni di base sulle strutture sanitarie per la valutazione dell'aria <i>indoor</i> .....	41
<b>Appendice C</b>	
Report delle informazioni da registrare durante i monitoraggi dell'aria <i>indoor</i> .....	51





## PRESENTAZIONE

La grande importanza delle problematiche connesse con la qualità dell'aria *indoor* negli ambienti delle strutture sanitarie ospedaliere, di quelle residenziali e semiresidenziali di lungo degenza, delle cliniche, delle case di cura, degli ambulatori e di altri luoghi assimilabili, accreditate e non, con il Servizio Sanitario Nazionale (SSN) (1), ha sollecitato il Gruppo di Studio (GdS) Nazionale Inquinamento *Indoor*, istituito presso l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) ad elaborare un documento operativo, organico e condiviso, che descriva le principali strategie da utilizzare sia per la definizione di piani monitoraggio della qualità dell'aria *indoor* (richiamando le indicazioni presenti nei documenti già pubblicati dallo stesso GdS come *Rapporti ISTISAN*), sia, e, soprattutto per la valutazione dei livelli di concentrazione in aria *indoor* dei principali inquinanti chimici e biologici. L'intento è quello di fornire le procedure e gli strumenti necessari a rafforzare, ottimizzare e a migliorare gli interventi di prevenzione, tutela e promozione della salute dei "fruitori" degli ambienti sanitari (dagli utenti sanitari, al personale, ecc.) che rappresentano uno degli obiettivi prioritari dei piani e dei programmi di prevenzione dell'SSN.

In tali strutture di elevata complessità gestionale, tecnologica e in continua evoluzione, dove i diversi ambienti funzionali sono progettati con standard dedicati per gli specifici scopi, quali degenze, aree di riabilitazione, aree di attesa degli ambulatori per consulenze, aree dedicate alla didattica e alla ricerca, aree dei servizi amministrativi, aree comuni (es. utilizzati per l'attesa, il transito e gli spostamenti), solo per citarne alcuni, e in cui vengono svolte attività lavorative, di cura, di diagnostica, di assistenza, di formazione, di ricerca e di studio, risultano caratterizzate dalla presenza in aria *indoor* di agenti chimici e biologici che possono influire sullo stato di salute dei pazienti, degli utenti sanitari, del personale, degli accompagnatori, degli studenti, dei diversi operatori e fornitori, ecc..

In tutti questi ambienti sanitari in cui per le diverse esigenze operative interagiscono personale dello staff sanitario e tecnico-amministrativo, ma anche utenti sanitari, alcuni di essi con ridotta capacità motoria o impossibilitati all'uso di uno o più sensi, gli accompagnatori, gli anziani, i bambini, i volontari, gli studenti, i visitatori temporanei, gli operatori di ditte esterne di pulizia, di edilizia, di manutenzione e fornitura, ecc., sono obbligatori/necessari specifici interventi in materia di prevenzione, considerando che l'esposizione degli attori chiave (dagli utenti sanitari, al personale, ecc.), i cui ruoli, le conoscenze, le motivazioni e i rapporti individuali si sono modificati ed evoluti, diventando sempre più parte informata, attiva e disponibile a collaborare per migliorare la qualità degli ambienti, dei servizi, delle prestazioni e delle cure, assume un particolare significato e rilievo, sia per le vulnerabilità dei soggetti (es. pazienti con patologie di diversa gravità, con un quadro clinico instabile, con differenti risposte immunitarie, persone con disabilità più o meno complesse, anziani, ecc.) che per i tempi di permanenza negli ambienti delle strutture (es. pazienti, personale sanitario, tecnico-amministrativo, operatori professionali, accompagnatori, studenti, ecc.) (2-13).

Nel caso specifico delle attività svolte nelle strutture sanitarie, risulta fondamentale considerare i rapporti strettissimi che intercorrono tra i comportamenti e le attività del personale sanitario, tecnico-amministrativo, e quelli molto diversi dei pazienti, degli utenti sanitari, nonché la presenza di accompagnatori, visitatori temporanei, di volontari, degli studenti, degli operatori professionali di ditte esterne (es. pulizia, manutenzione, fornitori, ecc.) con le loro attività e comportamenti, la qualità della struttura edilizia e le relazioni quotidiane con la corretta applicazione delle procedure organizzative-gestionali dei processi funzionali che guidano il complesso percorso di erogazione delle attività. L'utilizzo di impianti tecnologici progettati per svolgere e soddisfare i diversi compiti nelle migliori condizioni tecniche ed economiche, gli arredi

tecnici, il livello di utilizzo, le attività di pulizia e sanificazione ordinarie e straordinarie, le manutenzioni, le procedure e la gestione organica delle molteplici attività di prevenzione routinaria messe in atto e condivise all'interno delle strutture, sono tutti fattori che contribuiscono in modo significativo sulla qualità dell'aria *indoor* e sullo stato di salute e sulla soddisfazione dei pazienti, del personale sanitario, amministrativo, degli operatori professionali, e di tutti quegli utenti che a vario titolo frequentano la struttura sanitaria (14-16).

Per tale ragione questi aspetti risultano sempre più parti integranti nel processo di qualità delle prestazioni, delle terapie, dei servizi sanitari di assistenza, delle attività e dei piani di formazione e informazione continuamente erogati, contribuendo ad ottenere una efficace e adeguata qualità dell'aria *indoor* che risponda ai principali riferimenti elaborati già da tempo dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (*World Health Organization*, WHO) (17, 18), e che oggi costituiscono un prezioso contributo su scala mondiale. Le diverse attività della WHO sulla qualità dell'aria hanno dato impulso alle attività legislative già in essere in diversi Paesi europei che fissano le concentrazioni massime consentite nell'aria *indoor* dei singoli inquinanti (8, 19-24), mentre in Italia si sono moltiplicate le iniziative pre-legislative (25) e di aggiornamento (19-27) che costituiscono la premessa per la predisposizione di un atto legislativo mirato agli inquinanti chimici e biologici presenti negli ambienti *indoor* (8, 19-24). Nel nostro Paese, in relazione alla qualità dell'aria *indoor* esiste un ritardo legislativo che deve obbligatoriamente essere colmato, con l'emanazione di uno specifico atto che contenga idonei riferimenti in linea con quelli elaborati dalla WHO e con i protocolli e le procedure specifiche previste dalla norma ISO 16000 *Indoor Air* nelle sue diverse parti (19-24, 27). Non vi è alcun dubbio che l'attuale sistema di leggi in materia di prevenzione e protezione della salute ha comportato una confusione di linguaggio che non ha aiutato, anzi spesso ha causato come risultato quello di confondere e disorientare i tecnici e gli operatori dell'SSN e non, impegnati a vario titolo nei programmi e nelle valutazioni in tali ambienti e strutture.

In questo percorso di avvicinamento e rafforzamento delle azioni di prevenzione è necessario apportare una concreta armonizzazione, revisione, innovazione, aggiornamento e ampliamento su specifici aspetti anche al DL.vo 81/2008 s.m.i., che tuttora risulta non esaustivo e carente di idonei riferimenti coerenti con quelle che sono le indicazioni della WHO (8, 19-27), che tenga conto dell'attività svolta, della vulnerabilità e sensibilità dei pazienti e del personale, dei livelli di concentrazione degli inquinanti, dei livelli di esposizione, e più in generale di tutti i "fruitori sanitari" di tali ambienti. I primi essendo gli elementi centrali a cui vanno rivolte le attività, i servizi e le prestazioni sanitarie, ma i più vulnerabili per le ridotte difese immunologiche e psicologiche, devono essere oggetto di una maggiore attenzione rispetto a quelle che possono essere le caratteristiche di qualità dell'aria *indoor* che vengono a determinarsi in selezionati ambienti, luoghi e aree di una struttura sanitaria.

Indipendentemente dagli effetti sulla salute, la qualità dell'aria *indoor* negli ambienti sanitari ha una sua influenza sulla qualità delle prestazioni, sul benessere fisico e mentale e sulla soddisfazione del personale sanitario, amministrativo, degli operatori professionali e non (es. aumento/perdita della produttività, della concentrazione, dei tempi di reazione, del livello di motivazione e di riduzione dell'insoddisfazione, incremento delle competenze professionali, riduzione delle giornate di non presenza, riduzione degli errori, ecc.); pertanto il perseguimento del miglioramento della qualità dell'aria *indoor*, si tradurrà nel suo complesso in un beneficio per tutto il personale sanitario, tecnico-amministrativo e non, e in modo significativo sui pazienti che risultano sempre più parte attiva, informata ed interessata ai progressi che caratterizzano i processi di qualità dei servizi e delle prestazioni sanitarie (che devono essere efficaci, sicure e incentrati sul paziente), che all'interno degli ambienti sanitari trascorrono la maggior parte del loro tempo (28).

A seconda delle caratteristiche della struttura sanitaria, i luoghi e gli ambienti di maggior utilizzo sono rappresentate dalle camere di degenza e soggiorno, adeguate ai differenti bisogni,

dove la permanenza del paziente ricoverato che sia o meno autosufficiente si può estendere a periodi più o meno lunghi, mentre nella maggior parte delle altre aree (es. *day hospital*, *day surgery*, uffici amministrativi, uffici prenotazioni, aree comuni e di attesa, attività didattica, associazioni volontari, ecc.) dove la presenza di pazienti con bisogni specifici (es. con handicap fisici, psichici o in fase terminale), di accompagnatori, volontari, visitatori temporanei, di personale sanitario, amministrativo, di operatori di ditte esterne, e di studenti è discontinua a turni e si limita al solo periodo diurno.

Le indicazioni operative presenti in questo documento del GdS Inquinamento *Indoor* dell'ISS, riguardano una serie di aspetti metodologici che svolgono un ruolo fondamentale nelle fasi di pianificazione, conduzione, svolgimento e gestione corretta delle attività di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici di interesse igienico-sanitario in aria *indoor*, al fine di migliorare e approfondire la conoscenza sui livelli di concentrazione negli ambienti che erogano prestazioni.

L'utilizzo di queste attività di monitoraggio offre l'opportunità di valutare il grado di inquinamento dell'aria *indoor* nei diversi ambienti sanitari, aree e servizi, di predisporre, adattare, riordinare ed implementare gli aspetti che concorrono all'efficienza organizzativa dei servizi erogati, e di promuovere, adeguare e realizzare efficaci programmi di protezione e prevenzione della salute di tutti i fruitori degli ambienti sanitari (dagli utenti sanitari, al personale, ecc.), secondo i più aggiornati riferimenti tecnico-scientifici, in particolare quelli raccomandati dalla WHO, in parte recepite e rese obbligatorie dalla legislazione nazionale. In particolare il documento si applica a:

- *inquinanti chimici*
  - Composti Organici Volatili (COV) (29);
  - materiale particolare sospeso (*Particulate Matter*, PM) PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> e, se si ritiene necessario la caratterizzazione chimica del PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> in termini di contenuto di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), PoliCloroDibenzoDiossine (PCDD), PoliCloroDibenzoFurani (PCDF), PoliCloroBifenili (PCB) e metalli (30);
- *inquinanti biologici*
  - virus, batteri, funghi (31),

presenti nei diversi ambienti, aree o locali delle strutture sanitarie, utilizzate dai pazienti, dagli utenti sanitari, dai visitatori temporanei, dagli studenti, dal personale sanitario, dagli operatori professionali, dal personale amministrativo, dagli operatori di ditte esterne, ecc., quali accettazione, degenze, soggiorno, *day hospital*, *day surgery* cui fanno riferimento la maggior parte dei reparti, aree di riabilitazione, aree di attesa dei reparti e degli ambulatori per consulenze, uffici amministrativi, segreterie, aree al pubblico per la prenotazione e gestione delle prestazioni erogate dall'SSN in regime convenzionato, intramoenia, ecc., con presenza di cittadini-pazienti, uffici di back office per la consegna di documentazione sanitaria (cartelle, certificati, ecc.), call-center, aree comuni, aule per la didattica e la formazione, biblioteche e sale riunioni, ecc..

Nella trattazione non rientrano le sale operatorie la cui qualità dell'aria è già oggetto di specifiche raccomandazioni e norme tecniche, che fanno riferimento ad esposizioni professionali derivanti dall'utilizzo specifico di prodotti chimici, quali ad esempio i gas anestetici, da parte di anestesisti, chirurghi, strumentisti, infermieri, ecc., i cui standard sono di derivazione occupazionale-industriale – ad esempio i valori limite di soglia (*Threshold Limit Value*, TLV®) prolungate nel tempo o di breve periodo TLV-TWA® (*Time-Weighted Average*) o TLV-C® (*Ceiling*), ecc.

Va ricordato che le metodologie che si propongono nel presente documento sono già comunemente utilizzate in numerose iniziative nazionali ed europee e fanno riferimento ai principali metodi elaborati sulla qualità dell'aria *indoor* dall'*International Organization for Standardization* (ISO) e recepiti dallo *European Committee For Standardization* (CEN) e in parte in Italia dall'Ente Italiano di Normazione (UNI) (19-24).

Si può ritenere che il presente documento costituisca un ulteriore concreto punto di riferimento a disposizione degli operatori del settore, sia per quanto riguarda gli aspetti legati alla programmazione e allo svolgimento di attività di misura, verifica, conoscenza e valutazione della qualità dell'aria *indoor*, sia per promuovere e supportare adeguatamente specifici protocolli di prevenzione individuale e collettiva, con l'obiettivo di migliorare lo stato di salute degli utenti sanitari, del personale sanitario, amministrativo, degli operatori sanitari e non, e per ribadire il ruolo centrale di responsabilità nella promozione e tutela della salute nel suo complesso da parte delle strutture sanitarie a beneficio dell'intera comunità così come previsto dalla WHO (27).

A tutt'oggi il GdS Inquinamento *Indoor* nel quale sono rappresentate le varie componenti ministeriali (Ministero della Salute, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali), le regioni e gli istituti di ricerca (ISS, Consiglio Nazionale delle Ricerche-CNR, Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro-INAIL, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile-ENEA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale-ISPRA, Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente-SNPA), la cui composizione è riportata nelle pagine precedenti, ha elaborato una serie di documenti al fine di consentire azioni armonizzate a livello nazionale, che consentono di portare maggiore chiarezza in uno dei temi di grandi attualità di questi anni (19-24, 27).

I documenti del GdS Inquinamento *Indoor* dell'ISS, già pubblicati come *Rapporti ISTISAN* o documenti divulgativi, possono essere utilizzati per lo sviluppo di una strategia nazionale sulla qualità della aria *indoor*. Di seguito si riporta l'elenco:

- Rapporti ISTISAN 13/4: *Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente indoor*;
- Rapporti ISTISAN 13/37: *Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor*;
- Rapporti ISTISAN 13/39: *Workshop. Problematiche relative all'inquinamento indoor: attuale situazione in Italia. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 25 giugno 2012. Atti*;
- Rapporti ISTISAN 15/4: *Workshop. La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria. L'esperienza del Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento Indoor. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 28 maggio 2014. Atti*;
- Rapporti ISTISAN 15/5: *Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente indoor*;
- Rapporti ISTISAN 15/25: *Parametri microclimatici e inquinamento indoor*;
- Rapporti ISTISAN 16/15: *Presenza di CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S in ambienti indoor: conoscenze attuali e letteratura scientifica in materia*;
- Rapporti ISTISAN 16/16: *Strategie di monitoraggio del materiale particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> in ambiente indoor: caratterizzazione dei microinquinanti organici e inorganici*;
- opuscolo divulgativo dal titolo "L'aria nella nostra casa".

Gaetano Settimo  
Coordinatore del GdS Inquinamento *Indoor*

## INTRODUZIONE

In un settore particolarmente strategico per le funzioni di assistenza, cura, diagnostica prevenzione, ricerca, formazione e salvaguardia della salute della popolazione, quale quello offerto dalle strutture sanitarie ospedaliere, RSA (Residenze Sanitarie Assistenziali), cliniche, ambulatori, case di cura, riposo e di altri ambienti assimilabili, sia pubbliche che private, presenti nelle diverse regioni italiane (1), risulta quanto mai prioritario operare un costante e continuo aggiornamento dei processi “di qualità, di efficacia ed efficienza” delle pratiche sanitarie nella sua globalità e di efficacia ed efficienza delle attività di prevenzione, formazione, educazione sanitaria, promozione e protezione, in sintonia con le nuove e crescenti esigenze sanitarie di tutela della salute dei pazienti, degli utenti sanitari e del personale sanitario, con particolare riferimento ai gruppi più sensibili e vulnerabili presenti nei diversi ambienti delle strutture sanitarie (28, 32-34).

In questo contesto le strutture sanitarie, stimolate dalla necessità di apportare e promuovere una maggiore innovazione e qualità delle prestazioni nei diversi servizi sanitari, hanno attivato e prodotto una considerevole mole di azioni, interventi di soddisfazione e di miglioramento concreto (consolidando il quadro formativo del personale, superando e aggiornando il livello e gli standard organizzativi gestionali e strutturali dell’assistenza sanitaria tradizionale), concorrendo in diversi modi non solo all’efficienza dell’assistenza territoriale e delle cure, ma anche alla diffusione del valore della prevenzione della salute individuale e pubblica, con una visione più completa dello stato di salute dei cittadini, incrementando il numero di anni di vita sana, che hanno rappresentato gli obiettivi fondamentali della Legge 833/1978 di istituzione del servizio sanitario nazionale.

Molto opportunamente per rispondere correttamente ai fabbisogni sanitari della popolazione già nel Patto per la salute per gli anni 2014-2016, sottoscritto dalla Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome (35), è stato definito lo stato di salute non più come una fonte di costo, bensì come un investimento economico e sociale, individuando, una serie di interventi per raggiungere e offrire i migliori prodotti per la salute dei cittadini e per promuovere lo sviluppo della sanità e la competitività dell’intero Paese. L’applicazione del Patto ha costituito una importante opportunità per affrontare con maggiore consapevolezza alcuni dei temi cruciali e di grande attualità di questi anni, quali per esempio: l’umanizzazione delle cure e dei luoghi dedicati, il miglioramento del livello obbligatorio di formazione e di un’adeguata preparazione ai temi della prevenzione degli operatori (es. personale sanitario e non, ecc.), il miglioramento dei livelli d’investimento per l’ammodernamento tecnologico e qualitativo delle infrastrutture sanitarie in modo da poter operare in maniera efficace ed efficiente (es. con una più attenta attenzione alla corretta scelta dei materiali e prodotti, alla flessibilità all’uso, facilità all’utilizzo, e nella gestione impiantistica, ecc.), la valorizzazione dell’edilizia sanitaria e della qualità dell’aria *indoor* fino ad oggi tradizionalmente trascurata, che presentano un forte impatto diretto sulla qualità reale e percepita delle cure (a cui è stata posta una particolare attenzione negli ultimi anni in quanto possono direttamente o indirettamente influenzare la qualità dell’assistenza e delle cure tanto da essere considerati i determinanti). Una stima dell’impatto di alcune attività di gestione, manutenzioni edili e impiantistiche del patrimonio immobiliare sanitario sono state riportate nel documento Agenzia Nazionale per i Servizi Sanitari regionali (AGENAS) che indica una spesa annuale pari a circa 2 miliardi di euro, a cui si aggiungono circa 1,3 miliardi di euro legati ai consumi elettrici e termici (36).

Le metodologie per la valutazione dei costi sanitari sostenuti dai vari Paesi sono stati sviluppati dall’Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) che nel rapporto

*Tackling Wasteful Spending on Health* (3), ha quantificato in un 20% del totale della spesa sanitaria la quota che non contribuisce ad un reale miglioramento della salute delle popolazioni.

A tal proposito con il decreto n. 50/2015 Regolamento all'assistenza ospedaliera, si vogliono fissare gli standard qualitativi, strutturali, tecnologici e quantitativi relativi all'assistenza sanitaria, promuovendo l'ampliamento degli ambiti dell'appropriatezza, efficacia e dell'efficienza, incrementando le caratteristiche di umanizzazione degli ambienti, delle sicurezza e della qualità reale delle cure, che devono essere adottati per creare le condizioni per produrre benefici e alta qualità dell'intera rete dell'SSN.

In questo contesto evolutivo si è assistito ad una crescente attenzione alle problematiche della qualità dell'aria *indoor* da parte delle strutture sanitarie, che per soddisfare *in primis* le richieste dei pazienti, degli utenti sanitari, delle famiglie, del personale sanitario, amministrativo e non, sono state sottoposte ad una serie di nuovi adeguamenti e approcci progettuali (es. la configurazione e razionalizzazione degli spazi e dei percorsi, l'utilizzo di prodotti e materiali, ecc.), funzionali strutturali (es. la riqualificazione, la ristrutturazione, il miglioramento dell'efficienza energetica, ecc.), impiantistici (es. l'ottimizzazione delle prestazioni dell'impianto centralizzato di riscaldamento e raffrescamento, ecc.) e gestionali (es. la corretta conduzione quotidiana degli impianti, la riduzione dei costi, contabilizzazione dei consumi, ecc.) con l'obiettivo di ampliare l'offerta, la qualità dei servizi sanitari, assistenziali, ottenendo una maggiore flessibilità organizzativa e lavorativa, tentando una riduzione dei costi economici delle strutture. Si è trattato di interventi e iniziative che sono state adottate per affrontare il significativo mutamento delle esigenze sanitarie del Paese, che vede crescere sia le richieste di servizi e percorsi diagnostici, sia di nuovi settori di assistenza e ricerca, che obbliga ad una maggiore funzionalità degli spazi, ad una riduzione della durata media della degenza e del tasso di occupazione dei posti letto, ad una riduzione dei flussi interregionali di mobilità sanitaria, al superamento delle diseguaglianze sociali e territoriali, anche se con situazioni fortemente differenziate da regione a regione del nostro Paese (26, 37-41).

Nello specifico, sul piano operativo per ciò che riguarda gli interventi realizzati vale la pena rilevare in primo luogo come spesso le scelte dei prodotti e dei materiali da costruzione (es. pitture, vernici, ecc.), di finitura, (es. collanti, siliconi, ecc.), dei componenti di arredo (es. mobilio, tendaggi, ecc.), dei vari prodotti per la pulizia e detergenza di uso quotidiano, dei prodotti per la sanificazione ordinaria e straordinaria (es. utilizzo di prodotti più o meno concentrati, o non specifici per la pulizia delle superfici, ecc.), nonché le attività di gestione e manutenzione impiantistica (es. dei diversi sistemi di climatizzazione e sistemi centralizzati di ventilazione meccanica controllata VMC) (26, 42), siano state effettuate, in maniera disordinata, senza una corretta valutazione del comportamento emissivo di inquinanti dai materiali e dai prodotti utilizzati (es. emissioni di COV e altre sostanze), della specificità e del valore protettivo che devono avere gli ambienti sanitari, delle condizioni ambientali di utilizzo (es. temperatura ambiente, umidità relativa, ricambi d'aria, ecc.), della presenza di pazienti, utenti sanitari, visitatori temporanei, volontari (26, 43, 44), delle attività condotte dal personale sanitario (es. che modificano il microbiota dell'ambiente) e non, e dalle condizioni igieniche degli ambienti (es. presenza di comunità microbiche e fungine con una capacità di persistenza, variabilità di concentrazione e diversità negli ambienti sanitari, che possono generare un prolungamento della durata della degenze, ulteriori interventi diagnostici, terapeutici e costi aggiuntivi).

A tale proposito si deve osservare, come fino a pochi anni fa la maggior parte delle attività e degli interventi diretti e indiretti di prevenzione e formazione si sono limitati esclusivamente a selezionati e identificati ambienti sanitari con una specifica esposizione professionale a:

- agenti chimici o biologici di personale e addetti (es. il monitoraggio nell'aria dei gas anestetici nelle sale operatorie, nei laboratori dedicati alla preparazione e somministrazione dei farmaci antiblastici, nei locali o aree di sterilizzazione chimica, nei reparti di istologia

- e anatomia patologica per l'uso di conservanti o disinfettanti es. la formaldeide, alle attività di stoccaggio e trasporto dei rifiuti, ecc.);
- fattori ergonomici fisici (es. movimentazione pazienti, movimenti improvvisi con sforzi, postura di lavoro critica o prolungata, e negli uffici amministrativi legati alla postazione di lavoro, ecc.);
  - videoterminali (es. negli uffici amministrativi, nei call-center, nei back office, nei reparti, ecc.);
  - infortunistici (es. scivolamenti, cadute, lesioni da ago e strumenti taglienti, ecc.);
  - psicosociali (es. carico di lavoro eccessivo, livelli di stress e soddisfazione, ecc.);
  - fattori microclimatici come la temperatura ambiente, l'umidità relativa, ai ricambi d'aria (sia nelle aree sanitarie che amministrative, ecc.);
  - attuazione di programmi di sorveglianza e controllo multidisciplinari d'igiene come ad esempio quelli elaborati dai Comitati Infezioni Ospedaliere (CIO) per il controllo delle infezioni, delle Commissioni di vigilanza, composte da un gruppo di figure professionali dedicate e con linee guida e protocolli di controllo degli inquinanti di origine biologica (previsti in ottemperanza a circolari ministeriali), al fine di prevenire le Infezioni Correlate all'Assistenza (ICA) dei pazienti e del personale sanitario e non, che da sempre hanno rappresentato la grande preoccupazione per tutte le strutture sanitarie.

A differenza delle attività sugli inquinanti di origine biologica, solo recentemente in modo marginale e talora episodico/occasionale sono state effettuate indagini o attività di monitoraggio della qualità dell'aria *indoor* dedicate alla presenza o alla verifica delle concentrazioni di inquinanti chimici anche ad altri ambienti, aree o spazi tipicamente *indoor* che costituiscono la struttura sanitaria. Mai come oggi tali attività di verifica vengono poste all'attenzione della direzione da parte dei pazienti, degli "utenti sanitari", dal personale sanitario e amministrativo, che lamentano situazioni di "disagio" durante la permanenza nelle aree della struttura o nello svolgimento delle proprie attività lavorative che non prevedono utilizzo di agenti chimici o biologici. Spesso sul piano operativo si tratta di richieste che avvengono solitamente per reclami a situazioni di disagio legate al cattivo ricambio dell'aria, alla presenza di nuovi arredi, al cambio della stanza, durante lo svolgimento di lavori di manutenzione o ristrutturazione delle aree e/o dei locali, al variare delle destinazioni d'uso, nei momenti di utilizzo di prodotti per la pulizia e detergenza, o dovuti al cattivo o non corretto funzionamento dei sistemi di ventilazione (8, 44-45).

Pertanto oggi, questo deve comportare la messa in atto di una serie di interventi appropriati e organizzati (non limitati a singole voci), con un approccio globale di prevenzione e riduzione dei fattori di rischio sulla salute degli "utenti sanitari" e del personale, che consentano, oltre ad una corretta gestione dei diversi ambienti delle strutture sanitarie, la realizzazione di azioni concrete sulla tematica della qualità dell'aria *indoor* secondo i principi e le direttrici prioritarie individuate dalla WHO e in parte già presenti come obiettivi in diversi programmi di prevenzione nazionali (es. Piano Nazionale di Prevenzione PNP 2014-2018) e in diversi programmi europei e internazionali, alcuni dei quali sottoscritti anche dal nostro Paese.

Per quanto riguarda in particolare gli inquinanti chimici, un esame della situazione attuale nella UE evidenzia che alcuni Stati membri, come la Francia, il Belgio, la Finlandia, il Portogallo, la Polonia e la Lituania, hanno inserito a pieno titolo la qualità dell'aria *indoor* nelle loro leggi nazionali con dei valori numerici (valori di riferimento, guida, ecc.), e con delle guide pratiche in cui sono riportate indicazioni per il controllo, schede di autovalutazione per identificare le potenziali sorgenti presenti all'interno o nelle vicinanze della struttura e le procedure per l'elaborazione di piani di monitoraggio dell'aria *indoor*, che sono in molti casi in linea con gli attuali valori guida della WHO pubblicati nel 2009 e nel 2010 (17-18) sulla base delle principali evidenze scientifiche. In questi Paesi il rispetto delle indicazioni di legge e l'applicazione corretta

di protocolli pratici rimane uno dei punti fondamentali per il raggiungimento di una buona qualità dell'aria *indoor* nei diversi ambienti sanitari.

La Francia ha previsto una serie di interventi organici tra cui il monitoraggio obbligatorio della qualità dell'aria *indoor* nelle strutture sanitarie già a partire dal 2023 (46).

Fino ad oggi, in Italia pur essendo la qualità dell'aria *indoor* oggetto di numerose attività e studi volti a comprendere sia gli aspetti ambientali che gli aspetti igienico-sanitari, la difficoltà maggiore rimane quella relativa all'assenza di una vera politica nazionale integrata in materia di qualità dell'aria *indoor*, con specifici riferimenti legislativi, che riporti i valori numerici di riferimento nazionali (es. valori guida, riferimento, ecc.) e le norme per un confronto dei risultati ottenuti, e con documenti in cui si riportino le raccomandazioni per una corretta gestione e valutazione della qualità dell'aria *indoor*. In assenza di riferimenti nazionali è possibile utilizzare quelli presenti nei documenti *indoor air quality* della WHO (17-18) oppure quelli presenti nella legislazione di altri Paesi europei o, per analogia, ad altri standard quali, ad esempio, quelli relativi all'aria ambiente per cui sono stati emanati specifici riferimenti legislativi (es. DL.vo 155/2010 s.m.i.) su un numero limitato di inquinanti (19-27).

Anche per quanto riguarda invece gli inquinanti biologici sebbene esistano raccomandazioni di agenzie e organismi internazionali, non vi sono, a livello legislativo, valori o standard di riferimento per i parametri microbiologici della qualità dell'aria *indoor*, a causa delle difficoltà che si riscontrano nel correlare i dati degli esami microbiologici con quelli delle indagini epidemiologiche (31).

In Appendice A1 si riportano i principali riferimenti numerici per diversi inquinanti chimici d'interesse utilizzati nei diversi Paesi europei (20-22, 24). In Appendice A2 si riportano alcuni riferimenti numerici per gli inquinanti biologici proposti da alcune associazioni e Paesi che però non rappresentano valori limite vincolanti in quanto non inseriti in atti legislativi.



# 1. INQUINANTI CHIMICI: STRATEGIE E METODI DI MONITORAGGIO DELL'ARIA *INDOOR*

Per programmare un piano di monitoraggio degli inquinanti chimici in aria *indoor* risulta di grande utilità la raccolta di dati e di informazioni di base sulle funzioni, sulle componenti costruttive e impiantistiche presenti nei diversi ambienti (es. i materiali da costruzione e arredo, il tipo e la qualità della ventilazione, la prestazione energetica, le dimensioni, ecc.), sull'organizzazione del lavoro (es. tipo di attività, turni di lavoro, livello di esperienza del personale, misure di gestione, ecc.), sulle caratteristiche dei processi, sulle attività svolte nelle aree e reparti (es. degenza, amministrazione, docenza, prenotazione e gestione delle prestazioni erogate, ecc.), sulle condizioni operative di utilizzo (es. accesso continuo, diurno, limitato, condizionato, ecc.) e sulla presenza di utenti e visitatori, per arrivare ad ottenere una ben precisa conoscenza della struttura sanitaria. L'elaborazione di queste informazioni risultano essenziali per determinare il tipo e il numero di sostanze inquinanti da ricercare, le modalità operative con cui effettuare il monitoraggio (es. rilevamento di tipo continuo o frazionato), le metodologie di rilevamento (es. metodi UNI, ISO, EN, *Rapporti ISTISAN*), la scelta della strumentazione (es. campionatore attivo o passivo), la durata e la metodologia d'analisi da adottare per finalizzare gli obiettivi specifici del programma di monitoraggio.

Va ricordato come la strategia di monitoraggio dell'aria con tempi, durata e frequenza delle misure è redatta e modulata di volta in volta per rispondere agli obiettivi, agli scopi specifici e alle finalità che si vogliono raggiungere con lo svolgimento delle attività di monitoraggio.

## 1.1. Informazioni di base necessarie al monitoraggio dell'aria *indoor*

Le sorgenti che costituiscono gli ambienti *indoor* delle strutture sanitarie, insieme al tipo di attività svolte dal personale sanitario e non, da quello amministrativo, di ditte esterne, alla presenza di una molteplicità di utenti, alla gestione e organizzazione delle aree e degli impianti tecnologici comportano il rilascio di svariate tipologie di inquinanti chimici nell'aria. Per identificare e studiare i principali inquinanti chimici in aria *indoor*, risulta di grande utilità la raccolta di una serie di elementi e di dati caratteristici degli ambienti che fanno parte della struttura sanitaria, accanto alle informazioni di base che descrivono dettagliatamente gli aspetti più significativi delle attività che vi si svolgono. A tal proposito le informazioni da acquisire preferibilmente mediante rapporti, schede tecniche o questionari standard da predisporre riguardano:

- caratteristiche fisiche della struttura (es. certificazione di prestazione energetica, *layout*, dimensioni, tipologia, numero e altezza dei piani, presenze di porte, finestre, tipologie di infissi, mobilio, tendaggi, attrezzature, eventuali adeguamenti o ristrutturazioni, caratteristiche specifiche dei materiali per ambiente sanitari, schede tecniche dei materiali adottati per pareti, pavimenti, soffitto e mobilio, le certificazioni emissive dei materiali);
- caratteristiche impiantistiche, le modalità con cui si effettua il necessario ricambio dell'aria (es. ventilazione naturale o Ventilazione Meccanica Controllata-VMC), e le condizioni operative e di gestione, a tale riguardo risulta di fondamentale importanza l'acquisizione della relazione tecnica dell'impianto contenente gli schemi di distribuzione, di mandata ed estrazione, il calcolo dei volumi di ricambio aria/ora, la frequenza dei ricambi d'aria, il tipo di funzionamento/attivazione, la collocazione dei sistemi di presa dell'aria, i registri di

marcia, i rapporti d'intervento, la periodicità e le modalità di controllo degli impianti, gli scopi degli interventi di manutenzione, nonché della pulizia/sanificazione, con la lista dei prodotti utilizzati (es. scheda dei prodotti, concentrazione d'utilizzo, note tecniche, quantità, utilizzate, ecc.) la revisione dei protocolli;

- procedure e protocolli, le metodologie d'intervento, le modalità e la periodicità della pulizia/sanificazione (es. area soggetta a restrizioni, ecc.), programmata, straordinaria, la lista dei prodotti utilizzati per le diverse superfici (es. scheda dei prodotti, concentrazione d'utilizzo dei prodotti, note tecniche, ecc.);
- procedure e periodicità delle disinfestazioni, ecc.;
- attività svolte negli ambienti *indoor* (es. continuative, diurne, limitato, condizionato, ecc.) e condizioni d'uso delle aree, locali o altri luoghi;
- presenza di personale sanitario e quali siano le principali attività e/o azioni che essi svolgono nei diversi ambienti *indoor*;
- presenza di personale tecnico-amministrativo negli uffici amministrativi, nelle aree di prenotazioni, nei back office, nei call-center, le principali attività svolte, gli orari di apertura al pubblico, gli orari di apertura degli sportelli negli ambulatori, delle casse per la gestione delle prenotazioni delle prestazioni sanitarie erogate, ecc.;
- presenza di personale docente, tecnico e di studenti nelle attività didattiche, tipo di attività svolta, orari di lezione, ecc.;
- presenza e/o assenza di pazienti e accompagnatori (es. numero, tempi di permanenza, abitudini comportamentali, orari visite abituali, altre attività insolite, ecc.);
- rapporti tecnici e le relazioni degli eventuali controlli effettuati precedentemente sulla qualità dell'aria *indoor*;
- misure organizzative, le attività e i programmi di formazione e aggiornamento obbligatori per il personale, quelli di sensibilizzazione, eventuali raccomandazioni prodotte, programmi di informazione per i fruitori sui temi della qualità dell'aria *indoor*.

Nei casi in cui è necessario reperire ulteriori informazioni può essere utile compilare questionari di rilevazione simili a quello proposto in Appendice B. Esso riporta un elenco di voci che andranno selezionate e compilate dai tecnici, eventualmente integrate da informazioni peculiari per evidenziare le caratteristiche delle aree, le modalità operative, l'uso di prodotti per la pulizia, la presenza di sistemi di condizionamento, la presenza di personale sanitario e non, ecc. Le informazioni raccolte permetteranno in fase di elaborazione del piano di monitoraggio, di orientare le successive scelte riguardanti le sostanze inquinanti da ricercare, la scelta del punto di campionamento (personale o centro ambiente, ecc.), la durata del campionamento (orario, giornaliero, settimanale, ecc.), i metodi di campionamento (attivo o passivo), la scelta degli opportuni materiali solidi adsorbenti (carbone attivo, gel silice, ecc.), il trattamento preliminare dei campioni e le successive procedure di analisi chimica da effettuare in laboratorio (un esempio è riportato in Appendice C).

## **1.2. Programmazione delle attività di monitoraggio dell'aria *indoor* negli ambienti sanitari**

In generale, le attività di monitoraggio degli inquinanti chimici in aria *indoor* vengono effettuate dai vertici dell'organizzazione sanitaria, per evidenziare le differenze esistenti tra i distinti ambienti sanitari e per garantire l'efficacia dei sistemi e delle procedure di tutela sanitaria adottati a garanzia dei lavoratori e degli utenti. In tale processo, le attività vengono programmate ed effettuate per le seguenti finalità:

- conoscenza dei livelli di concentrazione ambientale *indoor* nelle aree di degenza, in aree comuni o altri luoghi durante la presenza di pazienti;
- conoscenza dei livelli di concentrazione ambientale *indoor* in determinate aree, luoghi o locali durante le attività e i compiti di routine o supplementari svolte dal personale sanitario, tecnico-amministrativo, o dagli operatori di ditte esterne;
- conoscenza dei livelli di concentrazione ambientale *indoor* in determinate aree, luoghi o locali durante le attività di routine o supplementari svolte dal personale sanitario, tecnico-amministrativo e dagli operatori di ditte esterne, con la concomitanza presenza di pazienti, accompagnatori, visitatori, volontari, studenti, cittadini-pazienti, ecc.;
- valutazione e la stima dei livelli di esposizione umana individuale e collettiva agli inquinanti *indoor* (es. in reparto, nelle degenze, in aree comuni, quali compiti vengono svolti, le modalità, la durata e la frequenza, presenza di ulteriori attività insolite, ecc.) a cui sono soggetti il personale sanitario, tecnico-amministrativo, gli utenti e in special modo i gruppi di individui particolarmente vulnerabili (es. personale, pazienti, utenti sanitari con bisogni specifici, accompagnatori, visitatori temporanei, volontari, cittadini-pazienti, ecc.);
- verifica e conferma del rispetto dei valori di qualità dell'aria *indoor* individuati dal datore di lavoro, o stabiliti dalle Autorità competenti in relazione alla permanenza, in determinate aree o locali delle strutture sanitarie, del personale sanitario, tecnico-amministrativo, di personale particolarmente vulnerabile, di cittadini-pazienti, di studenti, dei fornitori e degli operatori di ditte esterne, ecc.;
- identificazione e conoscenza dei livelli emissivi di specifiche sorgenti *indoor* (ubiquitarie, sito specifiche, dominanti, minoritarie, ecc.), in determinate aree o locali in assenza o durante lo svolgimento di attività con la presenza di personale sanitario, tecnico-amministrativo, pazienti, utenti sanitari con bisogni specifici, accompagnatori, visitatori temporanei, volontari, studenti, cittadini-pazienti, operatori di ditte esterne di pulizia, di edilizia, dei manutentori e dei fornitori, ecc.) per attuare eventuali interventi di miglioramento degli ambienti presenti nelle strutture sanitarie;
- conoscenza delle variazioni nel tempo delle concentrazioni degli inquinanti in aria *indoor* in determinate aree, luoghi o locali;
- verifica puntuale nello spazio e nel tempo della qualità dell'aria *indoor*, mirata a soddisfare richieste o a risolvere problematiche poste all'attenzione da parte dei pazienti, da utenti sanitari afflitti da bisogni specifici, dagli accompagnatori, dai cittadini-pazienti, o da parte del personale sanitario e tecnico-amministrativo, ecc.;
- verifica e valutazione della qualità dell'aria *indoor* in determinate aree, luoghi e/o locali e in quelle ad essi adiacenti durante l'esecuzione di lavori di manutenzione o ristrutturazione o al termine di questi, fine di salvaguardare i pazienti, il personale sanitario, quello tecnico-amministrativo, gli accompagnatori, i cittadini-pazienti, i visitatori temporanei, i volontari, gli studenti, operatori di ditte esterne di pulizia, i fornitori, ecc.;
- verifica dell'efficacia delle misure preventive già adottate nelle diverse aree, luoghi o locali presenti nelle strutture sanitarie;
- verifica dell'impatto e dell'efficacia delle misure di risanamento individuate e adottate nelle diverse aree o luoghi o locali presenti nelle strutture sanitarie.

A seconda delle caratteristiche delle strutture sanitarie, gli ambienti, i luoghi e le aree di maggior utilizzo sono identificate nelle camere di degenza dedicate alla cura di pazienti portatori di bisogni specifici, quali ridotta capacità di movimento, pazienti con impedita capacità di movimento o handicap (es. fisici, psichici, fase terminale), infermità temporanea (es. ingessatura o persone su sedia a rotelle, ecc.) e cronica, convalescenza successiva ad operazione chirurgica o ingessatura, ecc. Si possono individuare:

- camere di degenza, dove la permanenza del paziente ricoverato e degli accompagnatori se necessari o ammessi, si estende all'intero arco della giornata ovvero è continuativa su più giornate prevalentemente nella fase acuta o di ricovero prolungato;
- camere di degenza e soggiorno di lungo periodo specificatamente allestite e attrezzate per ospitare pazienti con disabilità complesse e non autosufficienti oppure parzialmente non autosufficienti portatori di handicap come persone su sedie a rotelle, impossibilitate all'uso di uno o più sensi, anziani, ecc., in strutture di tipo assistenziali o alberghiero;
- camere di soggiorno di lungo periodo/lungodegenza specificatamente allestite e attrezzate per ospitare pazienti autosufficienti in strutture di tipo assistenziali o alberghiero;
- camere di *day hospital*, *day surgery*, dove la permanenza di pazienti ricoverati e accompagnatori se necessari o ammessi, si limita al solo periodo diurno o pomeridiano e l'erogazione di prestazioni o di piccoli interventi chirurgici prevede il ricovero con dimissioni in giornata;
- aree o luoghi d'accettazione delle offerte di prestazioni, con annessi ambulatori specialistici per le consulenze, riabilitazione, con erogazione di prestazioni anche limitate a brevi periodi, aree di attesa, casse per la gestione delle prenotazioni, attività di back office e consegna di documentazione sanitaria, attività di call-center, ecc., dove la permanenza di pazienti ricoverati e cittadini-pazienti, accompagnatori, personale sanitario e tecnico-amministrativo, operatori di ditte esterne di pulizia, di edilizia, dei manutentori e dei fornitori, si limita al solo periodo diurno o pomeridiano;
- aree didattiche dove la permanenza di studenti, personale docente e tecnico amministrativo, ecc., si limita al solo periodo diurno o pomeridiano per le attività formative.

Nelle strutture sanitarie oltre agli ambienti sopra citati sono presenti delle aree funzionali dedicate alla direzione, coordinamento, pianificazione, gestione e all'erogazione di alcuni servizi, quali ad esempio gli uffici amministrativi dove si svolge attività di direzione e gestione, attività agli sportelli e alle casse per la gestione delle prenotazioni/accettazioni dei cittadini-pazienti di visite e di prestazioni specialistiche sanitarie erogate dall'SSN, in regime convenzionato, intramoenia, ecc., consegna di documentazione sanitaria, attività di call-center, attività di back office le sale riunioni, la biblioteca, depositi, locali di vestizione, ecc. In questi locali la permanenza di personale tecnico-amministrativo, cittadini-pazienti, accompagnatori, operatori di ditte esterne di pulizia, di edilizia, dei manutentori e dei fornitori, ecc. si limita al solo periodo diurno o pomeridiano o a tutti e due i periodi.

Gli inquinanti chimici che possono essere di maggior interesse sono quelli derivanti dalle informazioni di base e dalle condizioni di utilizzo degli ambienti, o più in generale quelli già individuati dalla WHO nei diversi documenti elaborati (17-18), quali:

- COV<sup>1</sup> alcuni dei quali sono classificati dall'*International Agency for Research on Cancer* (IARC) come cancerogeni di: Gruppo 1 – cancerogeno accertato per l'uomo (es. benzene, formaldeide e tricloroetilene); e Gruppo 2A – probabile cancerogeno per l'uomo (es. tetracloroetilene);
- Materiale particellare sospeso: PM<sub>10</sub> corrispondente alla frazione toracica e PM<sub>2,5</sub> corrispondente alla frazione respirabile del materiale particellare (in tal caso, la concentrazione in massa è l'approccio minimo della valutazione della qualità dell'aria *indoor*);
- IPA (es. Benzo[a]pirene + altri selezionati IPA sulla base di proprietà cancerogena nel PM<sub>10</sub> o nel PM<sub>2,5</sub>): classificazione 1, 2A o 2B secondo la IARC.

In alcuni specifici casi può risultare utile determinare nel PM<sub>10</sub> o nel PM<sub>2,5</sub> i policloro dibenzo-p-diossine (PCDD), policloro dibenzofurani (PCDF) e i policlorobifenili (PCB) espressi in termini di tossicità equivalente (WHO-TE), e i metalli (es. arsenico, cadmio, nichel, piombo, ecc.).

---

<sup>1</sup> La definizione di COV è quella proposta dalla WHO nel documento *Indoor Air Quality: Organic Pollutants*.

I COV possono essere campionati con sistemi di diverso di tipo, a seconda della specifica finalità d'indagine (29); questi si distinguono in:

- *campionatori attivi* dove il prelievo dell'aria si attua mediante l'uso di pompe con flusso di aspirazione opportunamente calibrato (es. mL/min) e con tubi/fiale riempiti con specifici materiali adsorbenti generalmente in carbone attivo, gel silice ricoperti con reattivi e/o stabilizzanti, oppure sistemi di tipo polimerico. In commercio esistono vari tipi di tubi/fiale di varie dimensioni che contengono quantità variabile di materiale adsorbente (es. *jumbo*, *medium* e *large*) con capacità di carico diversa, da utilizzare in funzione del livello medio di concentrazione ambientale *indoor* atteso. L'ingombro di tali sistemi è minimo, ma va considerato l'impatto acustico della pompa che spesso non è trascurabile, anche se possono essere alloggiati in apposite custodie insonorizzanti e quello visivo è molto limitato. Possono necessitare di allaccio alla rete elettrica;
- *campionatori passivi*, ovvero sistemi basati sul fenomeno della diffusione dei gas; in questo caso si utilizzano cartucce o dispositivi costituiti da specifici materiali adsorbenti generalmente in carbone attivo e gel silice ricoperti con reattivi e/o stabilizzanti. L'ingombro di tali sistemi è trascurabile e l'impatto acustico è nullo e quello visivo è molto limitato; non necessitano di allaccio alla rete elettrica; tuttavia hanno lo svantaggio di richiedere tempi lunghi di campionamento;

Sia nel caso dei campionatori attivi che nel caso dei campionatori passivi la scelta del substrato di cattura è determinante ai fini del campionamento efficiente e selettivo degli analiti di interesse; alcuni substrati di cattura sono non analita-specifico, mentre altri, soprattutto quelli derivatizzati, sono analita-specifico. Per la corretta scelta dei materiali adsorbenti da utilizzare per il rilevamento dei COV, si rimanda all'Appendice C del *Rapporto ISTISAN 13/4 (29)* dove è stato riportato un elenco dei principali materiali adsorbenti solidi.

Un'altra tipologia di campionatori da poter utilizzare per i COV è costituita dai *canister*, ovvero bottiglie in vetro, bombole, o cilindri in acciaio inox a chiusura ermetica, in cui è stato fatto il sottovuoto spinto attraverso il collegamento con pompe; regolando il flusso d'ingresso dell'aria, i dispositivi possono essere utilizzati per prelievi sia istantanei sia di breve-media durata. I *canister* comportano campionamenti di volumi contenuti di aria ma consentono di "fotografare" il livello di contaminazione ambientale nell'intervallo di tempo di durata del prelievo, generalmente breve, quando la sensibilità del metodo analitico lo consenta. Il volume massimo campionabile con questi sistemi corrisponde al volume del contenitore *canister*. L'ingombro dei *canister* è trascurabile e non vi è impatto acustico limitato; non necessitano di allaccio alla rete elettrica. Alternativamente si usano sacchi gonfiabili, in materiale inerte, in cui l'aria è pompata a pressione.

Il numero di COV da inserire nel piano di monitoraggio può variare sensibilmente sulla base delle informazioni di base acquisite e sulle caratteristiche di utilizzo e occupazione degli ambienti, dalle condizioni di esercizio, dai materiali da costruzione e arredo, dalle attività e compiti svolti dal personale sanitario e non e dai pazienti, e soprattutto dalla finalità del programma di attività di monitoraggio elaborato.

Il PM<sub>10</sub> e il PM<sub>2,5</sub> possono essere campionati esclusivamente con sistemi di tipo attivo utilizzando campionatori equipaggiati con una testa di prelievo selettiva rispondenti alla norma UNI EN 12341, in grado di selezionare per impatto inerziale la frazione dimensionale d'interesse. Il campione di aria aspirata attraverso la testa di prelievo PM<sub>10</sub> o PM<sub>2,5</sub> e viene raccolto su filtri costituiti da un substrato poroso in fibra di vetro, quarzo o politetrafluoroetilene (PTFE); la concentrazione del PM<sub>10</sub> o del PM<sub>2,5</sub> viene determinata per via gravimetrica. L'ingombro fisico e l'impatto acustico di tali campionatori spesso non è trascurabile e possono necessitare di allaccio alla rete elettrica. Il PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> raccolto su filtri può essere utilizzato per la successiva caratterizzazione dei microinquinanti organici (es. IPA) e inorganici (es. metalli) (30). Il numero di microinquinanti organici e inorganici e dalle caratteristiche degli ambienti, dai materiali da costruzione e arredo, dalle condizioni di

esercizio, dalle attività e compiti svolti dal personale sanitario e non e dai pazienti, e soprattutto dalla finalità del programma di attività di monitoraggio elaborato.

Nel caso in cui si vuole conoscere qualitativamente il livello di concentrazione di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2,5</sub> è possibile effettuare anche un rilevamento in tempo reale, mediante strumenti automatici ad alta risoluzione temporale, che misurano il diametro ottico in luogo di quello aerodinamico ed effettuano sia la fase di campionamento sia quella successiva di misura della concentrazione (30). Tali strumenti forniscono talvolta anche il conteggio numerico delle particelle (es. Numero di particelle/cm<sup>3</sup>). Questo tipo di rilevazione può risultare particolarmente vantaggiosa per lo studio dell'andamento spazio-temporale del PM nell'ambiente oggetto di studio. L'ingombro fisico e l'impatto acustico di tali strumenti spesso non è trascurabile e possono necessitare di allaccio alla rete elettrica.

In Tabella 1 si riportano le metodiche ISO 16000 *Indoor Air*, recepite dal CEN e in parte dall'UNI, con cui effettuare la scelta dei punti di prelievo e i prelievi stessi, le tecniche analitiche da applicare per la determinazione delle concentrazioni degli inquinanti chimici.

**Tabella 1. Norme UNI EN ISO per gli ambienti *indoor* specifiche per gli inquinanti COV e PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> (in grigio le parti non ancora recepite in Italia dall'UNI)**

<b>Norma</b>	<b>Titolo</b>
<b>UNI EN ISO 16000</b>	Aria in ambienti <i>indoor</i>
Parte 1	Aspetti generali della strategia di campionamento
Parte 2	Strategia di campionamento per la formaldeide
Parte 3	Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in <i>indoor</i> air and test chamber air - Active sampling method
Parte 4	Determination of formaldehyde - Diffusive sampling method
Parte 5	Strategia di campionamento per i composti organici volatili (COV)
Parte 6	Determination of volatile organic compounds in <i>indoor</i> and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID
Parte 12	Strategia di campionamento per policlorobifenili (PCB), policlorodibenzo-p-diossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
Parte 13	Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans - Collection on sorbent-backed filters with high resolution gas chromatographic/mass spectrometric analysis
Parte 14	Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) – Extraction, clean up, and analysis by high-resolutions gas chromatographic and mass spectrometric analysis
Parte 26	Strategia di campionamento per l'anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )
Parte 29	Test methods for VOC detectors
Parte 37	Strategies for the measurement PM <sub>2,5</sub>
<b>UNI EN ISO 16017</b>	Aria in ambienti confinati, aria ambiente e aria negli ambienti di lavoro. Campionamento e analisi di composti organici volatili mediante tubo di adsorbimento/desorbimento termico/cromatografia gassosa capillare
Parte 1	Campionamento mediante aspirazione con pompa
Parte 2	Campionamento per diffusione
<b>UNI EN 12341</b>	Aria ambiente - Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM <sub>10</sub> o PM <sub>2,5</sub>
<b>UNI EN 16450</b>	Aria ambiente - Sistemi di misura automatici per la misurazione della concentrazione del particolato (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> )
<b>UNI EN 14902</b>	Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM <sub>10</sub> del particolato in sospensione
<b>UNI EN 15549</b>	Qualità dell'aria - Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo[a]pirene in aria ambiente

Accanto alle norme ISO possono essere utilizzati come riferimenti i documenti elaborati dal Gruppo di Studio Nazionale (GdS) Inquinamento *Indoor* dell'ISS:

- *Rapporti ISTISAN 13/4*  
Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente *indoor*
- *Rapporti ISTISAN 13/37*  
Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente *indoor*
- *Rapporti ISTISAN 16/16*  
Strategie di monitoraggio del materiale particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> in ambiente *indoor*: caratterizzazione dei microinquinanti organici e inorganici.

Completano il piano di monitoraggio le misure dei principali parametri microclimatici quali: CO<sub>2</sub>, temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria. La misura di tali parametri deve essere effettuata non solo per la verifica del rispetto dei valori di riferimento già previsti nei documenti o rapporti di riferimento (48, 49), in relazione alle mansioni del personale, alla durata della permanenza nelle aree della struttura o locali dei pazienti o dei cittadini-pazienti, al corretto funzionamento/conduzione dei sistemi di VMC, ma anche per il possibile effetto che possono avere sui materiali e sui prodotti utilizzati o che costituiscono l'area o il luogo della struttura sanitaria.

### **1.3. Obiettivi, modalità, tempi e frequenza del monitoraggio dell'aria *indoor***

Una distinzione che deve essere fatta sin da subito nella programmazione, scelta e durata del monitoraggio dell'aria, riguarda la finalità, lo scopo, o le risposte che si vogliono ottenere o l'obiettivo che si vuole raggiungere con la conduzione dei campionamenti in un determinato ambiente, area, luogo, zona e/o locale della struttura sanitaria. Nel caso in cui l'obiettivo del monitoraggio dell'aria è quello di acquisire dei dati preliminari, la durata minima del campionamento deve essere di almeno una settimana nella stagione calda e di una settimana nella stagione fredda. Nel caso in cui invece il monitoraggio è condotto per effettuare dei confronti o controlli di conformità (es. valori di riferimento, azione, ecc.) la durata minima del campionamento deve essere di almeno due settimane nella stagione calda e due nella stagione fredda (29).

In termini generali il campionamento deve permettere di conoscere il valore della concentrazione degli inquinanti per poi effettuare:

- confronto con valori guida, riferimento, azione, stabiliti dalle Autorità competenti (es. ASL), o raccomandati da Organismi internazionali (es. WHO), o individuati dal datore di lavoro (es. altri riferimenti individuati per la gestione dei diversi luoghi della struttura sanitaria) e per verificare il relativo rispetto;
- valutazione dell'esposizione del personale e dei fruitori delle strutture alle sostanze presenti nell'aria;
- identificare possibili azioni da attuare per ridurre e/o limitare l'esposizione del personale e dei fruitori.

Oppure nel caso in cui l'interesse dell'attività di monitoraggio è rivolta a caratterizzare una determinata sorgente o l'impatto potenziale d'una attività, l'azione di misura deve:

- approfondire, arricchire o completare i risultati di indagini svolte negli anni precedenti negli stessi luoghi o nelle stesse aree;
- valutare i progressi, o identificare e acquisire nuove conoscenze, indirizzare indagini mirate e/o più complete, ovvero caratterizzare determinate fasi o momenti della giornata operativa in cui siano presenti pazienti e accompagnatori, in cui lo svolgimento di speciali e mirati compiti o azioni possono avere come conseguenza l'attivazione e/o la presenza di alcune tipologie di sorgenti, proporre, suggerire e attuare una corretta diffusione di protocolli di valutazione e soprattutto promuovere un miglioramento delle azioni di prevenzione e protezione del personale operante nei diversi ambienti e dei fruitori delle strutture.

Conseguentemente, le strategie di monitoraggio devono essere elaborate caso per caso, focalizzate sugli inquinanti prevedibilmente presenti e contemplando prelievi di breve durata, di tipo frazionato o continui, che tengano conto delle attività lavorative del personale, delle modalità operative, dei tempi di permanenza dei pazienti, dello stato di occupazione o non occupazione delle degenze o altri aree o luoghi, della presenza di utenti sanitari, di operatori di ditte esterne impegnati nelle pulizie quotidiane, negli interventi di edilizia, negli interventi dei manutentori e delle attività dei fornitori, ecc.. La durata del campionamento deve tener conto dei diversi fattori citati che possono influenzare la rappresentatività del monitoraggio stesso.

Nel caso in cui lo studio vuole rispondere al primo caso è necessario effettuare rilevamenti della stessa durata di tempo associato al valore guida raccomandato per esempio dall'ASL, o dalla WHO, al valore di riferimento o al valore di azione, individuato dal datore di lavoro (es. se si utilizzano i valori guida WHO per il PM<sub>10</sub> la durata deve essere di 24 ore, per la formaldeide la durata deve essere di 30 minuti, per il toluene la durata deve essere settimanale). Mentre se la finalità dello studio è quella di conoscere la concentrazione degli inquinanti in uno specifico e determinato momento (es. concentrazione massima dove la durata del prelievo è compresa tra alcuni minuti e un paio d'ore) si possono effettuare rilevamenti di breve durata nelle quali è possibile evidenziarne la presenza o l'uso di alcune specifiche sorgenti, ma deve essere garantito che durante tutto il prelievo le condizioni reali di utilizzo siano rispettate ad esempio a causa dell'apertura di finestre o porte, o allo spegnimento del sistema di VCM, procedure di lavoro, ecc.

Se si vuole invece conoscere l'eventuale ruolo, contributo o influenza ai livelli di concentrazione degli inquinanti chimici dovuto all'uso di sistemi VMC può essere utile effettuare una strategia di monitoraggio in tre diversi stati operativi del VMC e di occupazione/uso (es. VMC spento e in assenza di attività, VMC acceso e in assenza di attività, VMC acceso e in presenza delle ordinarie attività svolte).

Sulla base di quanto detto gli obiettivi principali delle attività di monitoraggio degli inquinanti chimici in ambienti *indoor* sono quelli che consentono di:

- attuare una corretta strategia di prevenzione e protezione della salute con particolare riferimento alla classe di fruitori più vulnerabile es. pazienti e/o personale sanitario e tecnico-amministrativo, cittadini-pazienti, anziani, bambini, ecc. in relazione alla permanenza e ai diversi usi in determinate aree o locali;
- identificare le possibili sorgenti di inquinamento dell'aria *indoor* durante utilizzo e la presenza dei diversi fruitori (es. legati ai materiali da costruzione e arredo, all'utilizzo di prodotti per la pulizia e detergenza, uso degli impianti di ventilazione e climatizzazione, in condizioni operative normali o durante eventuali anomalie, es. errato utilizzo di prodotti, o errata applicazione di procedure, ecc.);
- conoscere i livelli di concentrazione degli inquinanti chimici nelle diverse aree o locali e confrontare le diverse concentrazioni con i valori guida, riferimento, azione, ecc.;
- verificare il corretto funzionamento degli impianti tecnologici di VCM e/o di condizionamento e gli specifici ricambi d'aria esterna per le diverse aree o locali;



- accertare le corrette procedure e le modalità di utilizzo, conduzione, manutenzione e pulizia (es. per mettere in atto modelli comportamentali, accorgimenti gestionali o buone pratiche tali da impedire un utilizzo errato, o errate applicazioni);
- individuare azioni e misure da intraprendere per risolvere eventuali non conformità.

Sia nelle camere di degenza che in quelle di soggiorno l'occupazione da parte dei pazienti è continuativa per più giornate (es. permanenza per una o più settimane), pertanto si possono prevedere campionamenti giornalieri per il PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, mentre per i COV i rilevamenti possono essere di durata settimanale (es. sulla base della durata di tempo associato al valore guida raccomandato (es. dalla WHO) o di altri riferimenti individuati dal datore di lavoro (es. elaborati da gruppi di lavoro in altri Paesi) o in funzione del reale uso dei luoghi o locali da parte dei pazienti (es. nel caso in cui la durata del campionamento è inferiore alla durata prevista dal valore guida WHO o da quello individuato dall'ASL o dal datore di lavoro, la misura rappresenta solo un riferimento orientativo-operativo).

Nel caso di aree e/o locali in cui l'utilizzo o la permanenza giornaliera sia parziale o breve (es. pazienti ricoverati in camere di *day hospital*, *day surgery* che non prevedono il pernottamento), o per turni (es. personale degli uffici tecnico-amministrativi, personale addetto alla gestione delle prenotazioni delle prestazioni in aree con presenza di pubblico, personale addetto al servizio di back office, personale addetto ai call-center, personale addetto alle segreterie, personale addetto alla biblioteca, aule didattiche, sale riunioni, aree comuni, ecc.) è necessario predisporre campionamenti di tipo frazionato, identificando e attuando prelievi rappresentativi dei diversi impieghi o attività ivi svolte, atti a coprire i tempi di permanenza del paziente, del cittadino-paziente, del personale sanitario, degli operatori professionali, del personale amministrativo e non, ma anche i periodi di non utilizzo o scevri da attività (es. orario di attività h 7-14 e non attività h 14-7) e infine eventuali prelievi continuativi di campione per 24 ore.

Per fare un esempio nel caso del campionamento di PM<sub>10</sub> in aree aperte al pubblico dedicate alle prenotazioni delle prestazioni, al pagamento delle tariffe, alla fornitura di informazioni, orari e nominativi, dove in giorni della settimana e a orari stabiliti si effettuano le prenotazioni delle prestazioni sanitarie, le disdette, la consegna documentazione sanitaria, ecc., si deve prevedere una serie di rilevamenti che coprano l'orario di apertura con presenza sia di personale, sia di utenti agli sportelli in sala (es. h 8-14) e rilevamenti che coprano gli intervalli di chiusura sportelli, in assenza di personale e utenti complementare alle 24 ore (es. h 14-8). Terminato il periodo di campionamento, il filtro di raccolta del materiale particolato PM<sub>10</sub> nel periodo di attività degli sportelli viene rimosso dalla linea di prelievo e sostituito con quello del periodo complementare di non attività. I filtri a rotazione sono riposti in appositi contenitori in materiale plastico e conservati in frigo in attesa di essere riutilizzati il giorno seguente, fino a completare il ciclo settimanale di attività (30). Gli intervalli di misura e la loro combinazione permettono di tipizzare un andamento medio degli inquinanti negli ambienti esaminati e di descrivere, in maniera quanto più rappresentativa possibile, le condizioni di utilizzo delle aree, il livello di occupazione, il comportamento del personale, e degli utenti al loro interno. Con analogo criterio può essere effettuato il campionamento dei COV sia nel caso di utilizzo di campionamenti attivi che di quelli passivi. A tale proposito è importante attenersi scrupolosamente ai metodi di campionamento e analisi che indicano anche quali sono le modalità di conservazione del campione per garantire la sua stabilità/integrità, fino alla analisi.

Per le aree o i locali dotati di impianti tecnologici di VMC nel fissare la durata della misura è quantomeno opportuno, per ogni ora dell'intervallo di misura (es. h 8-14 o h 14-8) una quantità di aria inferiore al 10% del volume immesso negli ambienti, per ventilazione, nello stesso periodo di tempo. Quando la velocità di ventilazione non può essere misurata o comunque l'informazione non è disponibile, il volume orario di campionamento deve essere regolato in modo tale da risultare inferiore al 10% della volumetria della stanza (29-30, 49).

## 1.4. Scelta dei punti di prelievo per il monitoraggio e posizionamento della strumentazione di rilevamento

In tutti gli ambienti *indoor* la scelta dei punti di prelievo dove collocare gli strumenti e i dispositivi per determinare la concentrazione degli inquinanti in aria riveste grande rilevanza ai fini della valutazione del dato ambientale e della qualità dell'esposizione dei pazienti, dei lavoratori, dei cittadini-pazienti, del personale tecnico-amministrativo, ecc.; pertanto essa deve essere operata ponendo una particolare attenzione alle caratteristiche degli ambienti e delle aree esaminate, alla gestione e descrizione dei tempi di permanenza (del personale sanitario, di pazienti e utenti sanitari, di addetti alle pulizie e di operatori esterni, ecc.) alle specifiche condizioni di utilizzo (attività svolta, comportamenti, modalità di accesso dei pazienti, dei visitatori temporanei, degli utenti-sanitari o dei cittadini-pazienti, utilizzo e operatività di sistemi di ventilazione, ecc.), al fine di ottenere un risultato che possa essere realmente descrittivo della qualità dell'aria *indoor* e utile a formulare approcci metodologici per attuare corrette azioni di prevenzione e protezione del personale operante e dei fruitori delle strutture sanitarie.

Nell'operare la scelta del punto di campionamento di un ambiente o locale è necessario posizionare la strumentazione di rilevamento al centro dell'ambiente oggetto di studio o in altre posizioni ambientali strategiche, qualora ciò risulti di difficile realizzazione, il punto deve essere ad una distanza non inferiore a 1 m dalla parete più vicina e ad un'altezza di circa 1,5 m dal pavimento, così come specificato nella UNI EN ISO 16000-1 e nei *Rapporti ISTISAN* che regolano la materia (29-30, 49).

Nel caso specifico delle aree di degenza in cui il paziente è costretto a letto, può rivelarsi utile posizionare il campionatore a un'altezza compresa tra 1 e 1,2 m dal pavimento (29-30, 49) che corrisponde orientativamente alla zona in cui il paziente compie la respirazione, mentre nel caso di aree di soggiorno, ambulatori, sale riunioni e convivialità, ecc., in cui il paziente non necessita di una permanenza forzata e continuata a letto, i campionatori possono essere posizionati a un'altezza compresa tra 1,2 e 1,5 m dal pavimento (29-30, 49).

In riferimento al personale degli uffici tecnico-amministrativi e al personale che opera nelle aree aperte al pubblico a contatto con gli utenti (es. ambulatori, segreterie, ecc.), o agli sportelli (call-center, back office, gestione casse pagamenti, segreterie, ecc.), o in aule per la didattica, i campionatori saranno posizionati a un'altezza compresa tra 1,2 e 1,5 m dal pavimento (29-30, 49) in considerazione del fatto che i lavoratori trascorrono gran parte della loro propria attività in posizione seduta. Inoltre non è consigliabile posizionare i campionatori in punti delle degenze o delle aree e/o locali che siano soggetti a fuoriuscite di correnti d'aria naturale o forzata da pareti o soffitti che può incanalare l'aria verso direzioni obbligate, o all'aperture di porte ingresso, o ad irraggiamento solare diretto (es. vicino alle finestrate) o che ospitino sorgenti o fonti di calore (es. a ridosso dei termosifoni, faretto, ecc.) per non compromettere la significatività delle misure o dell'intera azione di rilevamento per i gradienti di temperatura, di flussi fluidodinamico e di concentrazione che si generano all'interno degli spazi nell'ambiente *indoor*.

## 1.5. Misure contemporanee in aria ambiente *outdoor*

Al fine di valutare il contributo delle sorgenti interne ai livelli di concentrazione *indoor* dei principali inquinanti chimici (es. COV, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, ecc.) è necessario determinare contemporaneamente le concentrazioni degli stessi inquinanti in aria *outdoor* (all'esterno degli

ambienti esaminati). Infatti, la conoscenza delle concentrazioni *outdoor* degli inquinanti di interesse permette di pesare e stimare la situazione di inquinamento nel contesto locale delle aree studiate, in particolare di individuare eventuali contributi alle concentrazioni *indoor* di inquinanti atmosferici, dovuti all'ingresso di aria *outdoor* e quindi al ricambio dell'aria, sia esso naturale o forzato (29, 30).

I campionamenti dell'aria ambiente *outdoor* devono essere effettuati preferibilmente nelle vicinanze degli ambienti della struttura sanitaria oggetto di studio, comunque a non meno di 1 m dalla parete esterna e a un'altezza confrontabile con quella di posizionamento del campionatore all'interno delle aree di degenza o delle zone sotto esame. Se gli ambienti della struttura sanitaria sono dotati di impianti tecnologici centralizzati di VMC o di climatizzazione, per valutare correttamente il contributo dell'aria *outdoor* un secondo campionatore va posizionato contemporaneamente alle misure, in prossimità della presa d'aria esterna (29-30, 49) dell'impianto.

## 1.6. Attività da effettuare prima dell'inizio del monitoraggio dell'aria *indoor*

Per creare le condizioni migliori per un'efficace attività di monitoraggio è necessario effettuare un ricambio dell'aria degli ambienti (es. degenza, uffici, area comuni, segreterie, ecc.), prima di procedere al rilevamento degli inquinanti. Questa azione permette di allontanare le sostanze che si sono già accumulate nell'ambiente, nell'area e/o locali in studio in base all'uso che ne è stato fatto precedentemente e alla presenza continuativa o occasionale di persone in numero e con caratteristiche indefinite fino a quel momento.

In generale, le indicazioni relative alle modalità con cui effettuare questa azione preventiva dipendono dal diverso tipo di ventilazione di cui sono dotate gli ambienti e le aree delle strutture sanitarie. Nel caso in cui la ventilazione è di tipo naturale è consigliabile effettuare, prima di iniziare le attività di monitoraggio, una ventilazione completa degli ambienti e delle aree per almeno 15 minuti, tenendo aperte porte e finestre della stanza e se possibile anche quelle del corridoio, in assenza di qualsiasi attività o presenza umana. Dopo tale periodo di tempo le porte e le finestre dovranno essere richiuse per circa 8 ore (preferibilmente per un'intera notte) e solo successivamente si potrà dare inizio ai campionamenti e alle misurazioni, tenendo le porte e le finestre della stanza chiuse (questo rappresenta il dato del bianco). Infine le misure andranno ripetute, con le stesse modalità, durante l'utilizzo ordinario degli ambienti con la presenza/permanenza di pazienti, lavoratori e utenti, ecc.

Se invece gli ambienti della struttura sanitaria sono dotati di sistemi VMC o di impianti climatizzazione o di condizionamento, questi sistemi saranno mantenuti accesi secondo l'operatività abituale per almeno 3 ore prima di operare in assenza di qualsiasi attività o presenza umana, e solo successivamente si potrà dare inizio al campionamento (questo rappresenta il dato del bianco). A seguire la misura andrà ripetuta, con le stesse modalità, durante l'utilizzo ordinario dell'area e/o locale con la presenza/permanenza di pazienti, lavoratori e utenti, ecc.

## Bibliografia

1. Italia. Ministero della Salute. *Annuario Statistico del Servizio Sanitario Nazionale Assetto organizzativo, attività e fattori produttivi del SSN. Anno 2017*. Direzione Generale della Digitalizzazione del Sistema Informativo Sanitario e della Statistica Ufficio di Statistica. Roma: Ministero della Salute; 2019.

2. WHO Regional Office for Europe. *Ottawa Charter for Health Promotion*. Geneva: WHO Europe; 1986.
3. OECD. *Tackling wasteful spending on health*. Paris: OECD Publishing; 2017.
4. WHO Regional Office for Europe. *Protecting health in Europe from climate change: 2017 Update*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017.
5. WHO Regional Office for Europe. *Standards for health promotion in hospitals*. Copenhagen: WHO European Office for Integrated Health Care Service; 2004.
6. WHO Regional Office for Europe. *Health promotion in hospitals: evidence and quality management 2005: country systems, policies and services division of country support*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2005.
7. WHO Regional Office for Europe. *Exploring patient participation in reducing health-care-related safety risks*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013.
8. WHO Regional Office for Europe. *Climate and health Country Profile Italy*. Geneva: WHO Regional Office for Europe; 2018.
9. WHO Regional Office for Europe. *The international network of health promoting hospitals and health services: Integrating health promotion into hospitals and health services. Concept, framework and organization*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2007.
10. WHO Regional Office for the Western Pacific. *Regional Guidelines for the development of healthy workplaces*. Manila: WHO Regional Office for the Western Pacific; 1999.
11. WHO. Regional Office for Europe. *Primary Health Care Advisory Group First Meeting Report*. WHO European Centre for Primary Health Care. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017.
12. WHO Regional Office for Europe. *Implementing health promotion in hospitals: Manual and self-assessment forms*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2006.
13. WHO Regional Office for Europe. *Cultural context for health: the use of narrative method research in health sector*. Health Evidence Network Synthesis. Report 49. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2016.
14. WHO Regional Office for Europe. *WHO European Centre for Primary Health Care: annual report of activities 2017*. Copenhagen: WHO Europe; 2018.
15. International Labour Organization. *Occupational safety and health in public health emergencies: A manual for protecting health workers and responders*. Geneva: International Labour Office, 2018.
16. WHO, Health Care Without Harm. *Healthy Hospitals Healthy Planet Healthy People. Addressing climate change in health care settings*. Copenhagen: WHO Europe; 2009.
17. WHO Regional Office for Europe. *Guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Copenhagen: WHO Europe; 2010.
18. WHO Regional Office for Europe. *Guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. Copenhagen: WHO Europe; 2009.
19. Settimo G. Attività del Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento Indoor. *Notiziario Istituto Superiore Sanità* 2017;30(4):3-7.
20. Settimo G. Qualità dell'aria negli ambienti confinati: aspetti tecnici e legislativi. Workshop. La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria. In: Santarsiero A, Musmeci L, Fuselli S per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor (Ed.). *Workshop. La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria. L'esperienza del Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento Indoor. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 28 maggio 2014. Atti*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2015. (Rapporti ISTISAN 15/4). p. 1-10.
21. Settimo G, D'Alessandro D. European community guidelines and standards in indoor air quality: what proposals for Italy. *Epidemiol Prev* 2014;38(6):36-41.

22. Settimo G. Inquinamento dell'aria in ambienti confinati: orientamenti e valutazioni in campo nazionale e comunitario. In: Fuselli S, Musmeci L, Pillozzi A, Santarsiero A, Settimo G per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor (Ed.). *Workshop. Problematiche relative all'inquinamento indoor: attuale situazione in Italia. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 25 giugno 2012. Atti.* Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2013. (Rapporti ISTISAN 13/39). p. 7-20
23. Settimo G. La qualità dell'aria in ambienti confinati: nuovi orientamenti nazionali e comunitari. *Notiziario Istituto Superiore di Sanità* 2012;25(5):7-10.
24. Settimo G. Existing guidelines for indoor air quality: the case study of hospital environments. In: Capolongo S, et al. (Ed.). *Indoor air quality in healthcare facilities.* Cham: Springer International Publishing AG; 2017. (SpringerBriefs in Public Health; No. 9783319491592). p. 13-26.
25. Italia. Accordo del 27 settembre 2001 tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province Autonome sul documento concernente: Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati. *Gazzetta Ufficiale – Supplemento ordinario* n. 276 del 27 novembre 2001.
26. Capolongo S. *Edilizia ospedaliera. Approcci metodologici e progettuali.* Milano: Hoepli; 2006.
27. WHO and United Nations Framework Convention on Climate Change. *Climate and health country profile ITALY.* Geneva: WHO; 2018.
28. WHO Office for Europe. *Combined or multiple exposure to health stressors in indoor built environments.* Copenhagen: WHO Europe; 2014.
29. Fuselli S, Pillozzi A, Santarsiero A, Settimo G, Brini S, Lepore A, de Gennaro G, Demarinis Loiotile A, Marzocca A, de Martino A, Mabilia R. *Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili (COV) in ambiente indoor.* Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2013. (Rapporti ISTISAN 13/4).
30. Settimo G, Musmeci L, Marzocca A, Cecinato A, Cattani G, Fuselli S, per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor. *Strategie di monitoraggio del materiale particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> in ambiente indoor. Caratterizzazione dei microinquinanti organici e inorganici.* Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2016. (Rapporti ISTISAN 16/16).
31. Bonadonna L, Briancesco R, Brunetto B, Coccia AM, De Gironimo V, Della Libera S, Fuselli S, Gucci PMB, Iacovacci P, Lacchetti I, La Rosa G, Meloni P, Paradiso R, Pini C, Semproni M per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor. *Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor.* Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2013. (Rapporti ISTISAN 13/37).
32. European Commission (Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion). *Occupational health and safety risks in the healthcare sector. Guide to prevention and good practice.* Luxembourg: European Commission; 2010.
33. European Agency for Safety and Health at Work. *Current and emerging issues in the healthcare sector, including home and community care. European Risk Observatory Executive summary.* Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work, Publications Office of the European Union; 2014.
34. DG SANCO Health-EU. *Project Management in Public Health in Europe.* Brussels: European Union; 2011.
35. Italia. Intesa, ai sensi dell'articolo 8, comma 6, della legge 5 giugno 2003, n. 131, tra il Governo, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano concernente un nuovo Patto sulla salute per gli anni 2014-2016 Rep. n. 82/CSR del 20 luglio 2014.
36. Italia. Ministero dell'Economia e delle Finanze. *Il monitoraggio della spesa sanitaria. Rapporto n. 6.* Roma: MEF; 2019.
37. Ministero della Salute. *Annuario Statistico del Servizio Sanitario Nazionale Assetto organizzativo, attività e fattori produttivi del SSN Anno 2013. L'Italia per l'Equità nella Salute.* Roma: Ministero della Salute; 2017.

38. European Trade Union Institute. *Health care reforms and the crisis. Report 134*. Brussels: ETUI; 2014.
39. WHO Office for Europe. *Primary health care – reflecting on the past, transforming for the future. Interim Report from the WHO European Region*. Copenhagen: WHO Europe; 2018.
40. LCB-Healthcare. *State of the art report low carbon buildings in the healthcare sector*. Brussels: LCB-HEALTHCARE Consortium; 2011.
41. Italia. Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro *Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all'igiene degli impianti di trattamento aria*, approvato il 28 novembre 2012 e sancito in data 7 febbraio 2013 dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano.
42. Smith D, Alverdy J, An G, Coleman M, Garcia-Houchins S, Green J, *et al.* The hospital microbiome project: meeting report for the 1<sup>st</sup> hospital microbiome project workshop on sampling design and building science measurements. Chicago, USA, June 7<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> 2012. *Stand Genomic Sci* 2013;8:112-7.
43. Gola M, Capolongo S, Settimo G. *Indoor Air Quality in inpatient wards: a monitoring activity for design and management strategies in healthcare facilities. The Official Journal of the International Network of Health Promoting Hospitals and Health Services* 2018;8(Suppl.1):117.
44. Gola M, Settimo G, Capolongo S. *Indoor air quality in inpatient environments: a systematic review on factors that influence chemical pollution in inpatient wards. Journal of Healthcare Engineering* 2019; ID 8358306, 20 p.
45. Choi JH, Beltran LO, Kim HS. Impacts of *indoor* daylight environments on patient average length of stay (ALOS) in a healthcare facility. *Building and Environment Journal* 2012;50:65-75.
46. Francia. Ministère de la Transition écologique et solidaire. *Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur*. Octobre; 2013.
47. Italia. Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome (CTIPL) in collaborazione con ISPESL. *Microclima aerazione, illuminazione nei luoghi di lavoro. Requisiti e standard, Indicazioni operative e progettuali. Linee Guida*. Giugno; 2006.
48. Italia. DPR 16 aprile 2013, n. 74 Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192. *Gazzetta Ufficiale – Serie Generale* n. 149 del 27 giugno 2013.
49. EN ISO 16000: 2006. *Indoor air*. Bruxelles: European Committee for Standardization; 2006.

## 2. INQUINANTI BIOLOGICI: STRATEGIE E METODI DI MONITORAGGIO DELL'ARIA *INDOOR*

Come descritto nelle pagine precedenti, le componenti che caratterizzano gli ambienti *indoor* delle strutture sanitarie sono numerose e possono potenzialmente sostenere la sopravvivenza e la crescita di differenti popolazioni microbiche, virali e fungine di origine ambientale e clinica.

È noto che la presenza di individui in uno spazio confinato ha la capacità di modificare l'ecosistema di quell'ambiente; da qui l'importanza di valutare le caratteristiche microbiologiche di quell'area in cui la persistenza e i mutamenti delle comunità biologiche possono rappresentare fattori di rischio.

Nelle diverse strutture sanitarie, la probabilità di contrarre una patologia di tipo infettivo è elevata, mentre potrebbero essere più limitati i rischi legati ad effetti tossici acuti e ad allergie.

In particolare, il rischio infettivo diventa prevalente soprattutto per le condizioni di deficit immunitario dei soggetti esposti (es. pazienti, utenti sanitari, personale sanitario e non, bambini, anziani, visitatori temporanei, ecc.) che sono più vulnerabili anche alle infezioni opportunistiche. Patologie possono essere acquisite soprattutto per inalazione e contatto. Per esempio, nelle camere di degenza, anche nel corso di medicazioni e trattamenti medicali, il materiale biologico proveniente da individui infetti può diffondere nell'ambiente, contaminando l'area e promuovendo la diffusione di patogeni.

Inoltre, negli ultimi decenni, se l'uso degli antibiotici si è rivelato un ottimo strumento per prevenire le infezioni, l'ampio impiego di questi farmaci ha inevitabilmente condotto all'insorgere di eventi di resistenza microbica agli antibiotici.

Le strutture sanitarie possono essere considerate come ambienti dinamici influenzati da molteplici fattori che nel loro insieme contribuiscono attivamente a definire il rischio infettivo per pazienti, utenti sanitari, studenti, visitatori temporanei, fornitori, operatori ditte esterne, personale amministrativo, sanitario e operatori professionali, ecc. Per quanto riguarda la componente umana, gli aspetti da considerare sono rappresentati dal numero di occupanti e di "utenti sanitari" e non, dalle loro effettive condizioni di salute, dalle loro abitudini igieniche e dall'attività che svolgono in ogni momento durante la permanenza nella struttura.

Anche le condizioni igieniche dei vari ambienti (es. accettazioni, degenze, uffici amministrativi, segreterie, ecc.), i materiali da costruzione, le attrezzature e gli arredi influenzano la composizione della comunità microbica degli ambienti sanitari. Inoltre, dispositivi tecnologici, quali i sistemi idraulici, gli impianti di riscaldamento, condizionamento e di climatizzazione e altre apparecchiature possono rappresentare una potenziale fonte di batteri, funghi, virus e altri organismi, se non adeguatamente progettati e sottoposti ad una corretta manutenzione preventiva pianificata.

In relazione ad apparecchiature specifiche, sono recenti le segnalazioni di casi di infezioni cardiovascolari invasive da *Mycobacterium chimaera*. *M. chimaera* può causare infezioni polmonari, in particolare in pazienti immunocompromessi. Nell'ambiente, il batterio è stato identificato in biofilm e in acqua potabile.

Anche le condizioni microclimatiche (temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria) e il verificarsi di alcuni eventi accidentali (infiltrazione e condensazione dell'acqua) possono supportare la crescita microbica e fungina causando condizioni *indoor* dannose per la salute, considerando che comunque l'entità di apporto microbico esterno e le caratteristiche climatiche stagionali influenzano, in generale, la qualità microbiologica dell'aria *indoor*.

## 2.1. Fonti di infezioni e modalità di trasmissione

Negli anni più recenti, le infezioni acquisite in ambiente sanitario sono state un'importante causa di morbilità e di mortalità nei pazienti immunocompromessi, e sono state anche la causa scatenante di malattie gravi. I *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) statunitensi hanno stimato che ogni anno negli Stati Uniti circa 2 milioni di pazienti contraggono infezioni ospedaliere e circa 100.000 di loro muoiono (1). Tuttavia, la reale entità del fenomeno non è nota a causa delle difficoltà nella raccolta di dati affidabili e completi. Infatti, la diagnosi delle infezioni nosocomiali è complessa e basata su criteri multipli.

I dati forniti dalla WHO indicano che su 100 pazienti ricoverati, un numero variabile da 7 a 10 contrae almeno un'infezione associata al ricovero (2).

Le principali fonti di infezione nelle strutture sanitarie sono rappresentate dai pazienti e dal personale sanitario, anche se comunque l'ambiente stesso svolge un ruolo certamente importante.

I pazienti infetti diffondono i microrganismi nell'ambiente attraverso il rilascio di goccioline di espettorato, liquidi secreti da ferite infette, escrementi, urine, sangue e altri fluidi corporei. Oltre ai microrganismi patogeni, altri *reservoir* microbici sono rappresentati dalla flora endogena del paziente costituita da batteri commensali che risiedono comunemente sulla pelle, sulle membrane delle mucose, nel tratto respiratorio o gastrointestinale.

C'è inoltre da considerare che anche le persone sane e il personale sanitario possono agire come vettori nel caso in cui risultino essi stessi infetti o colonizzati in modo asintomatico. Gli agenti patogeni od opportunisti che possono essere trasmessi da portatori asintomatici sono *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus pyogenes*, *Neisseria meningitidis*, *Corynebacterium diphtheriae*, virus dell'epatite B, Citomegalovirus U.

Nonostante scarse siano le prove dirette che dimostrino che i contaminanti ambientali siano la causa delle infezioni acquisite in ambienti sanitari, vi è un'evidenza crescente che l'ambiente possa agire come serbatoio per diversi agenti patogeni e contribuire alla loro diffusione. D'altra parte è un evento comune rinvenire microrganismi su superfici inanimate, attrezzature e nell'aria interna di ambienti occupati da pazienti colonizzati e/o infetti (13).

Nei sistemi di distribuzione dell'acqua e negli *aerosol* rilasciati dai sistemi di raffreddamento ad acqua possono inoltre essere presenti microrganismi patogeni e opportunisti patogeni di origine prettamente ambientale che trovano nei sistemi idrici di origine antropica un habitat ideale (es. *Legionella* sp., micobatteri non tubercolari, amebe). La contaminazione microbica può anche riguardare i farmaci, durante la distribuzione ai pazienti, e i prodotti alimentari nel corso della loro lavorazione/conservazione/distribuzione. Anche i rifiuti sanitari, se non correttamente e rapidamente smaltiti, possono diventare una pericolosa fonte di contaminazione ambientale delle aree o luoghi della struttura sanitaria.

La trasmissione di microrganismi all'uomo avviene per lo più mediante goccioline di grandi dimensioni, per contatto diretto con materiale infettivo o attraverso oggetti inanimati contaminati da materiale infettivo. Il contatto diretto tra i pazienti è raro. Sono invece le mani del personale sanitario, dei visitatori, ecc. che possono diffondere microrganismi e rappresentare il più frequente veicolo di infezioni nosocomiali. In questi ambienti, l'igiene delle mani va considerata come misura primaria per ridurre il numero di infezioni (4).

I microrganismi che possono essere diffusi per contatto includono quelli associati a patologie quali impetigine, ascessi, malattie diarroiche e scabbia e anche organismi resistenti agli antibiotici (*Staphylococcus aureus* resistenti alla meticillina ed enterococchi resistenti alla vancomicina). La trasmissione mediante vettori è invece limitata ad aree in cui sono diffusi insetti, artropodi e parassiti.

Un aspetto da non trascurare è quello riguardante i batteri resistenti agli antibiotici che possono essere responsabili di importanti infezioni associate all'assistenza sanitaria. A tutt'oggi, la resistenza antimicrobica permane elevata o addirittura in aumento nella maggior parte dei Paesi



europei, in particolare per quanto riguarda batteri comuni come *Staphylococcus aureus* meticillina resistente (MRSA), *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Pseudomonas aeruginosa*. In Europa sono anche segnalati casi di infezioni causate da batteri totalmente o quasi totalmente resistenti agli antibiotici: *Enterobacteriaceae* che producono carbapenemasi (es., *Klebsiella pneumoniae* carbapenemasi-produttrice, KPC) e *Acinetobacter* multiresistente.

Nel 2019, in una regione italiana, si è manifestato, in sette ospedali, un focolaio di *Enterobacteriaceae* New Delhi produttore metallo-beta-lattamasi (New Delhi metallo-beta-lattamase, NDM) carbapenemi-resistente che ha portato alla segnalazione di 350 casi (colonizzati o con patologia, di cui 50 casi di malattia invasiva). Anche per il grande numero di casi, è un evento epidemico importante ed evidenzia un cambiamento nell'epidemiologia degli enterobatteri resistenti ai carbapenemi. Il cambiamento riduce le opzioni farmacologiche perché le infezioni correlate all'enzima New Delhi metallo-beta-lattamasi non rispondono ai trattamenti di alcune tra le nuove combinazioni di inibitori beta-lattamici e beta-lattamasi. Inoltre, NDM presenta un alto rischio di diffusione tra le strutture sanitarie.

Negli ambienti *indoor*, i microrganismi possono anche essere aerosolizzati e diffusi attraverso i sistemi idrici. Infatti, è dimostrato che l'acqua e le soluzioni acquose utilizzate nelle strutture sanitarie sono spesso associate ad infezioni nosocomiali. Nonostante il trattamento dell'acqua e la clorazione, l'acqua che entra nei sistemi di distribuzione delle strutture sanitarie può contenere basse concentrazioni di diversi microrganismi autoctoni quali *Pseudomonas* sp., *Legionella* sp., micobatteri non tubercolari, *Acinetobacter* sp., *Aeromonas* sp., *Sphingomonas* sp., *Enterobacter* sp., *Aspergillus* sp. e amebe a vita libera che possono causare infezioni opportunistiche clinicamente importanti. Rimanendo incorporati in una matrice di polimeri organici extracellulari combinati con particelle non organiche (biofilm), questi microrganismi si ritrovano nel sistema idraulico delle strutture sanitarie, nei serbatoi dell'acqua calda e fredda, nelle torri di raffreddamento, come anche nelle tubature dei lavandini, negli erogatori delle docce e nei rompighetti dei rubinetti.

Pur avendo caratteristiche correlate agli specifici microrganismi che lo formano, il biofilm favorisce protezione nei confronti dei fattori ostili e, contemporaneamente, costituisce una barriera che impedisce la totale eradicazione dei microrganismi in esso presenti, con conseguente sopravvivenza di agenti microbici che, attraverso scambio di materiale genetico, possono anche acquisire resistenza ai biocidi e agli antibiotici.

Alcuni batteri che formano biofilm come *Legionella*, *Klebsiella*, *Pantoea agglomerans* e *Enterobacter cloacae*, *Proteus* possono causare infezioni in ambienti sanitari, risultando più resistenti ai disinfettanti e agli antibiotici rispetto alle loro forme planctoniche. Il biofilm può agire come serbatoio microbico che rilascia costantemente microrganismi vitali nel flusso d'acqua. L'*aerosol* che può diffondersi dal getto d'acqua del rubinetto della doccia è in grado di contaminare superfici, dispositivi medici e strumenti, nonché endoscopi, macchine di dialisi, nebulizzatori, umidificatori e ventilatori (5) seguendo il movimento delle correnti d'aria negli ambienti.

Le vie di trasmissione degli agenti patogeni presenti nell'acqua includono il contatto diretto e indiretto, l'ingestione di acqua e l'inalazione di bioaerosol di acqua contaminata.

In ambiente sanitario, *Pseudomonas aeruginosa* e *Legionella pneumophila* sono i più significativi patogeni a diffusione idrica.

*P. aeruginosa* è frequentemente associato ad infezioni nosocomiali, in particolare nei pazienti sottoposti a ventilazione meccanica o nei pazienti immunocompromessi delle unità di terapia intensiva. In tali ambienti si ritiene che il principale serbatoio di *P. aeruginosa* sia la flora endogena del paziente e che la trasmissione orizzontale tra i pazienti sia la più frequente fonte di infezioni associate a questo microrganismo. Come dimostrano alcuni studi, anche la diffusione da paziente a paziente attraverso le mani degli operatori sanitari e la propagazione del batterio attraverso le superfici sono sorgenti di infezioni da *P. aeruginosa*.

Negli ultimi anni, l'impiego di metodi di tipizzazione molecolare ha consentito di individuare una significativa fonte di ceppi esogeni di *P. aeruginosa*, isolati dall'acqua di rubinetto fornita alle unità di terapia intensiva. Da una revisione di studi epidemiologici di tipo prospettico è infatti emerso che una percentuale variabile dal 14,2 al 50% dei casi di infezione/colonizzazione di pazienti era causata da genotipi trovati nell'acqua delle unità di terapia intensiva (6).

*L. pneumophila* è stato riconosciuto come il principale batterio patogeno emergente trasmesso per inalazione di *aerosol*. Tale modalità di trasmissione rappresenta un considerevole rischio per i pazienti con malattia polmonare cronica e per i pazienti che subiscono un'anestesia generale e comunque per tutti i soggetti immunodepressi. Negli ambienti sanitari, lo stato di immunodeficienza dei pazienti associato ad altri fattori di rischio determina, non solo un più alto rischio di infezione, ma anche una maggiore incidenza di mortalità rispetto ad altri tipi di strutture. Nel 2017, in Italia, dei 2014 casi di legionellosi notificati, il 6,2% è stato segnalato in strutture sanitarie. Specifici serbatoi di *Legionella* in questi ambienti possono essere dispositivi respiratori, docce, rubinetti, ma anche umidificatori e torri di raffreddamento (7, 8).

Anche i micobatteri non-tubercolari (*Non-Tuberculous Mycobacteria*, NTM), definiti pure micobatteri ambientali o atipici, sono responsabili di infezioni nosocomiali trasmesse per via inalatoria e per contatto diretto. La struttura della loro parete cellulare, particolarmente ricca di lipidi a catena lunga, e la capacità di formare biofilm contribuiscono alla loro straordinaria resistenza alle sostanze chimiche e ne permettono una lunga persistenza nell'ambiente. Infatti, gli NTM sono spesso trovati nei sistemi di distribuzione dell'acqua e possono essere aerosolizzati attraverso docce e rubinetti. Un'indagine microbiologica condotta dagli autori ha confermato la presenza di NTM nell'impianto idrico di una struttura sanitaria ospedaliera. A seguito del verificarsi di alcuni casi di micobatteriosi atipica in alcuni reparti ospedalieri, è stato infatti realizzato uno studio di monitoraggio con gli obiettivi di identificare le fonti di rischio, correlare l'esposizione dei pazienti alla concentrazione di NTM in punti critici (soffioni doccia e aeratori) e fornire raccomandazioni per eventuali misure correttive. La concentrazione di NTM riscontrata è risultata compresa tra  $2 \times 10^2$  e  $4 \times 10^4$  UFC/L e tra le specie di micobatteri isolate e identificate vi erano sia specie patogene opportuniste (*M. intracellulare*, *M. chelonae*, *M. llatzerense*, *M. goodnae*) sia specie ambientali innocue (9). Poiché il rischio derivante dalla presenza di NTM in acqua non è controllabile dalle procedure classiche di disinfezione dell'acqua, l'installazione di filtri al punto di utilizzo potrebbe rappresentare l'opzione più appropriata per minimizzare l'esposizione.

Nelle strutture sanitarie i sistemi di distribuzione dell'acqua possono essere inoltre potenziali serbatoi interni di funghi filamentosi (muffe) come *Aspergillus* sp., *Zygomycetes*, *Fusarium* sp. e altre (10).

Le muffe, ubiquitarie in natura, crescono e sopravvivono in tutti i tipi di ambienti *outdoor* e *indoor*. I soggetti possono essere esposti per contatto cutaneo, per inalazione o per ingestione. Si ipotizza che l'inalazione sia il più importante meccanismo di esposizione ai funghi, o a loro frammenti e componenti. La maggior parte delle spore fungine ha un diametro aerodinamico (Da) di 2-10  $\mu\text{m}$ , dimensioni che consentono loro di depositarsi nelle vie aeree umane sia superiori che inferiori. In generale, i soggetti gravemente immunodepressi presentano un più elevato rischio di contrarre infezioni fungine gravi.

## 2.2. Diffusione di microrganismi attraverso l'aria

I microrganismi che diffusi da correnti d'aria negli ambienti sanitari, e per lo più trasportati adesi sul materiale particolato sospeso (PM), possono essere innocui per le persone sane, possono essere causa di infezioni in individui con deficit immunitari. L'edificio stesso e i gli impianti

tecnici ivi presenti possono contribuire al deterioramento della qualità dell'aria *indoor*. Anche i sistemi di climatizzazione, le attività umane svolte nelle varie aree e la presenza di soggetti affetti da patologie possono influenzare la qualità dell'aria che circola.

Con il tempo i sistemi di condizionamento, climatizzazione e gli impianti aeraulici (VMC) possono intrappolare il PM e gli agenti biologici e diventare quindi una sorgente di diffusione di contaminati. All'interno delle condotte l'umidità derivante dalla condensa può sostenere crescita microbica e siti di moltiplicazione batterica.

Pertanto, negli ambienti sanitari diventa di primaria importanza una gestione mirata dell'aria che preveda condizioni di ventilazione idonee (10). È confermato che una ventilazione inadeguata è spesso responsabile della trasmissione aerea di virus respiratori (11).

Il raggio di diffusione del bioaerosol nell'aria può essere molto ampio. Le goccioline che lo costituiscono e che hanno dimensioni maggiori di 5 µm sono principalmente prodotte dagli atti del tossire, starnutire o parlare. Negli ambienti sanitari anche alcune pratiche mediche, quali l'aspirazione di fluidi e la broncoscopia, determinano la diffusione di particelle di questa dimensione. Tra le infezioni trasmesse mediante bioaerosol, il morbillo, la varicella, la tubercolosi, la malattia meningococcica, la polmonite da *Mycoplasma*, la SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*) e l'influenza sono le più rilevanti.

Le piccole particelle (dimensioni inferiori ai 5 µm) che residuano dall'evaporazione delle goccioline e le PM, potenzialmente contenenti agenti infettivi, possono rimanere sospese nell'aria per un lungo periodo di tempo; in tal modo, i microrganismi possono essere ampiamente dispersi dalle correnti d'aria e trasportati anche molto lontano dalla sorgente.

La trasmissione di infezioni per via aerea riguarda in generale soltanto microrganismi a bassa dose infettiva e avviene a seguito del rilascio di grandi quantità di microrganismi nell'aria.

I fattori chiave che influenzano l'entità della carica microbica nell'aria *indoor* di una struttura sanitaria sono, tra gli altri, la numerosità degli occupanti e il livello di umidità relativa, a sua volta correlato alla particolare posizione dei locali all'interno della struttura.

Nell'aria *indoor* degli ambienti sanitari, vengono frequentemente rilevate muffe, specialmente durante le attività di costruzione/riparazione. Le spore fungine hanno basse velocità di sedimentazione e rimangono nell'aria per lungo tempo, anche se comunque sono sempre presenti nella polvere, sulle superfici, sugli abiti, anche in condizioni di bassa umidità.

Rispetto alle persone sane, i soggetti ospedalizzati, avendo una risposta immunitaria debole, sono più sensibili alle infezioni da funghi mesofili comunemente presenti in natura; negli ultimi decenni sono stati riportati tassi di mortalità elevati nei pazienti trapiantati e nei pazienti affetti da leucemia (12).

In un'indagine che è stata svolta a seguito del verificarsi di numerosi casi di infezioni post-chirurgiche presso un centro trapianti di un ospedale di Roma, è stata effettuata la stima qualitativa dei batteri e delle muffe presenti nell'aria e sulle superfici di un blocco operatorio (sale operatorie, unità di terapia intensiva, recupero chirurgico, stanze e corridoi annessi). Sono state riscontrate basse concentrazioni di muffe sia nei campioni di aria che sulle superfici (da 0 a 70 UFC/m<sup>3</sup>, e da 0 a 21 UFC/cm<sup>2</sup>, rispettivamente). Oltre alle numerose specie opportuniste patogene isolate (*Alternaria infectoria*, *Alternaria tenuissima*, *Epicoccum nigrum*, *Purpureocillum lilacinum*, *Cryptococcus laurentii*), sono state rilevate altre muffe opportuniste di origine ambientale appartenenti ai generi *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Stemphylium*, *Conidiobolus* e *Trichoderma*. Relativamente alla componente batterica, le concentrazioni nel bioaerosol variavano da 9 a 174 UFC/m<sup>3</sup> con i valori più alti nei locali di pronto soccorso. In molte aree sono state isolati *Staphylococcus aureus* e altre specie opportuniste del genere *Staphylococcus*. Sono state anche rilevate *Leclercia adecarboxylata*, *Enterobacter cloacae*, *Bacillus cereus*, *Kokuria varians*, note specie batteriche opportuniste. In generale, un moderato inquinamento microbico interessava le superfici esaminate ad eccezione dell'elevato valore di concentrazione (> 1x10<sup>3</sup> UFC/cm<sup>2</sup>)

riscontrato su un carrello per il trasporto di farmaci da cui è stato isolato, come specie microbica prevalente, *Pseudomonas stutzeri*, noto batterio patogeno opportunisto (13).

## 2.3. Superfici come potenziali fonti di infezione

Nelle strutture sanitarie, letti, lenzuola, pavimenti, pareti, mobili e attrezzature mediche sono spesso soggetti a colonizzazione da parte di agenti patogeni in grado di sopravvivere a lungo (14). Se in ambienti abitativi questo può rappresentare un rischio limitato, nelle strutture sanitarie, le condizioni di immunodepressione dei soggetti in cura, può costituire un rischio aggiuntivo.

Gli agenti biologici possono fare parte del microbioma dei soggetti ricoverati e possono essere veicolati ai pazienti dal personale sanitario e dai visitatori, tramite il materiale particellare che, una volta depositato sulle superfici, può essere risospeso dal naturale processo di convezione, e anche a seguito di correnti d'aria e impianti di climatizzazione.

Il ricovero di un paziente in una stanza in cui sia stato precedentemente ricoverato un altro paziente colonizzato o reso infetto da uno dei seguenti agenti microbici, *Staphylococcus aureus* meticillina resistente (MRSA), enterococchi resistenti alla vancomicina (VRE), *Clostridium difficile*, *Acinetobacter* multiresistente, *Pseudomonas* multiresistenti, può costituire un ulteriore fattore di rischio per il nuovo paziente che vi è ammesso. Tra i patogeni opportunisti segnalati come multiresistenti agli antibiotici, il lievito *Candida auris* è stato descritto per la prima volta nel 2009. È stato individuato come patogeno emergente ed è responsabile di candidosi, attualmente identificata come una delle più frequenti infezioni acquisite in ambienti ospedalieri da soggetti debilitati, sottoposti ad interventi chirurgici o immunocompromessi. Non è stata esattamente individuata la modalità di trasmissione. Le prime evidenze suggeriscono che si diffonda nelle strutture sanitarie attraverso il contatto con superfici contaminate o da persona a persona.

*Candida auris* è un opportunisto perché può essere isolato anche in soggetti che non manifestano sintomi (15). In diversi Paesi del mondo numerose sono state le epidemie causate da questo lievito, segnalate quindi in Giappone, Corea del sud, India, Pakistan, Venezuela, Brasile, Sud Africa, Kuwait, Usa, Canada, Israele, Inghilterra, Spagna e molti casi isolati. I CDC ha registrato negli USA, da maggio 2013 ad aprile 2017, 61 casi di infezione, oltre a 32 colonizzazioni in soggetti che non manifestavano sintomi.

In vari focolai in tutto il mondo è stato rilevato un tasso di mortalità particolarmente elevato, pari a 30-75%. Tuttavia, molti pazienti deceduti presentavano già quadri clinici seriamente compromessi e la non corretta identificazione dell'agente biologico può aver complicato ulteriormente il quadro clinico.

In uno studio effettuato in India (16), 332 campioni (32%) prelevati da diverse superfici in una struttura sanitaria, sono stati trovati contaminati, di cui 203 (61%) contaminati da batteri Gram-negativi, 216 (65%) da cocci Gram-positivi e 52 (16%) da funghi. I campioni contaminati maggiormente erano umidificatori, frigoriferi, incubatrici, carrelli per medicinali, vassoi e scatole e attrezzature per la rianimazione. In un'unità di terapia intensiva pediatrica, *Klebsiella pneumoniae* multifarmaco-resistente endemica è stata isolata dal frigorifero non pulito correttamente. Gli organismi sono stati probabilmente trasferiti dalle mani degli infermieri poiché le fiale conservate in frigorifero presentavano lo stesso ceppo di *K. pneumoniae*.

I più rilevanti patogeni nosocomiali che sopravvivono sulle superfici inanimate e la durata della loro persistenza sono riportati nella Tabella 1 (17). In generale l'umidità migliora la persistenza di diversi tipi di batteri (es. *Chlamydia trachomatis*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *P. aeruginosa*, *Escherichia coli*) mentre solo *Staphylococcus aureus* persiste più a lungo a bassi valori di umidità. Nell'ambiente i batteri Gram-positivi sopravvivono più a lungo dei batteri gram-negativi.

Tabella 1. Agenti patogeni rilevanti negli ambienti sanitari e loro sopravvivenza

Agente patogeno	Durata della sopravvivenza su superfici inanimate
<b>Batteri e funghi</b>	
<i>Acinetobacter</i> spp.	3 giorni – 5 mesi
<i>Bordetella pertussis</i>	3 – 5 giorni
<i>Campylobacter jejuni</i>	fino a 6 mesi
<i>Candida auris</i>	almeno 1 mese
Spore di <i>Clostridium difficile</i>	5 mesi
<i>Chlamydia pneumoniae</i> , <i>C. trachomatis</i>	≤ 30 ore
<i>Chlamydia psittaci</i>	15 giorni
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	7 giorni – 6 mesi
<i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i>	1–8 giorni
<i>Escherichia coli</i>	1,5 ore – 16 mesi
Enterococcus spp. inclusi VRE and VSE	5 ore – 4 mesi
<i>Haemophilus influenzae</i>	12 giorni
<i>Helicobacter pylori</i>	≤ 90 minuti
<i>Klebsiella</i> spp.	da 2 ore a > 30 mesi
<i>Listeria</i> spp.	1 giorno – mesi
<i>Mycobacterium bovis</i>	> 2 mesi
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1 giorno – 4 mesi
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	1 – 3 giorni
<i>Proteus vulgaris</i>	1 – 2 giorni
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6 ore – 16 mesi; su superfici secche: 5 settimane
<i>Salmonella typhi</i>	6 ore – 4 settimane
<i>Salmonella typhimurium</i>	10 giorni– 4.2 anni
<i>Salmonella</i> spp.	1 giorno
<i>Serratia marcescens</i>	3 giorno – 2 mesi; su superfici secche: 5 settimane
<i>Shigella</i> spp.	2 giorni – 5 mesi
<i>Staphylococcus aureus</i> (inclusi MRSA)	7 giorni – 7 mesi
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	1 – 20 giorni
<i>Streptococcus pyogenes</i>	3 giorni– 6.5 mesi
<i>Vibrio cholera</i>	1 – 7 giorni
<i>Candida albicans</i>	1 – 120 giorni
<i>Candida parapsilosis</i>	14 giorni
<i>Torulopsis glabrata</i>	102 – 150 giorni
<b>Virus</b>	
Adenovirus	7 giorni – 3 mesi
Astrovirus	7 – 90 giorni
Coronavirus	3 ore
Virus associato alla SARS	72-96 ore
Coxsackie virus	> 2 settimane
Cytomegalo virus	8 ore
Echovirus	7 giorni
Virus dell'Epartite A	2 ore – 60 giorni
Virus dell'Epatite B	> 1 settimana
Virus dell'Immunodeficienza umana	> 7 giorni
Virus dell'Herpes simplex, tipo 1 e 2	4.5 ore – 8 settimane
Virus dell'Influenza	1-2 giorni
Norovirus e calicivirus felini	8 ore – 7 giorni
Papillomavirus 16	> 7 giorni
Papovavirus	8 giorni
Parvovirus	> 1 anno
Poliovirus tipo 1	4 ore – < 8 giorni
Poliovirus tipo 2	1 giorno – 8 settimane
Pseudorabies virus	≥ 7 giorni
Virus respiratorio sinciziale	fino a 6 mesi
Rhinovirus	2 ore – 7 giorni
Rotavirus	6 – 60 giorni
Virus vaccinia	3– > 20 settimane

## 2.4. Ambienti sanitari a più elevato rischio infettivo

Tra gli ambienti sanitari, degenze, accettazioni e locali annessi sono quelli a più elevato rischio infettivo. Le condizioni immunitarie dei soggetti e gli interventi che vi si eseguono rendono i pazienti particolarmente vulnerabili alle infezioni microbiche. Ad esempio, all'interno di un blocco operatorio la contaminazione microbica è prevalentemente imputabile ai microrganismi aerodispersi che vengono veicolati dall'équipe operatoria e dai pazienti stessi; altre fonti di contaminazione sono riconducibili ad alterazioni dell'impianto di ventilazione e condizionamento a contaminazione controllata e all'introduzione di strumenti non sterili, in grado di apportare modifiche alle condizioni ambientali.

Una possibile correlazione tra trasmissione di microrganismi e strumentazione sembra sia quella riportata per le infezioni da *Mycobacterium chimaera*.

Il primo rapporto sulle infezioni da *M. chimaera* in seguito a infezioni di chirurgia cardiaca è stato pubblicato nel 2013. In un'indagine sono stati descritti sei casi di infezioni da *Mycobacterium chimaera* con endocarditi della valvola protesica e infezioni dell'innesto vascolare e un collegamento epidemiologico alle unità di riscaldamento-raffreddamento (*Heater-Cooler Units*, HCU) utilizzate durante l'intervento chirurgico. Da allora, sono stati segnalati ulteriori casi da *M. chimaera* associati all'uso di questi sistemi in pazienti sottoposti a interventi chirurgici a cuore aperto in diversi Paesi europei (Francia, Germania, Irlanda, Olanda, Spagna, Regno Unito e Svizzera, nonché negli Stati Uniti, Canada, Australia, Hong-Kong; in Italia la prima segnalazione è di giugno 2018). Le unità di riscaldamento/raffreddamento sono classificate come dispositivi medici di classe IIb, utilizzate durante interventi di cardiocirurgia toracica in cui il riscaldamento/raffreddamento del paziente risulta parte della procedura chirurgica. Tali dispositivi sono composti da serbatoi che forniscono acqua a temperatura controllata a scambiatori di calore e a coperte di riscaldamento/raffreddamento, attraverso circuiti dell'acqua. Al momento, non è stato ancora possibile individuare il ruolo esatto dell'apparecchiatura nel diffondere *M. chimaera* nell'ambiente. Tuttavia, finora sono state diffuse raccomandazioni e avvisi di sicurezza da parte dei produttori delle apparecchiature.

Per una valutazione complessiva delle condizioni ambientali, per tutti gli ambienti sanitari, è fondamentale considerare il livello di inquinamento microbiologico dell'aria e delle superfici, essendo tale parametro strettamente correlato alle procedure di sanificazione e di controllo igienico dell'intera area. Il rilevamento nella routine della carica microbica totale consente di identificare le sorgenti di infezione e di sottoporre a verifica l'efficacia delle norme comportamentali adottate dal personale e i protocolli di pulizia.

A livello internazionale non c'è un consenso generale sulle metodologie da utilizzare per misurare e analizzare la biocontaminazione aerea in aree particolarmente a rischio, né relativamente alle modalità e alla frequenza dei campionamenti (18). Per la mancanza di metodi standardizzati, solamente nei reparti operatori che utilizzano filtri *High Efficiency Particulate Air* (HEPA), la tendenza generale è quella di adottare gli standard previsti dalla *cleanroom technology industry*. Questi criteri prevedono di routine la conta strumentale delle particelle presenti nell'aria, limitando la ricerca e la caratterizzazione della componente microbica ad indagini di tipo epidemiologico o a evidenze che lascino supporre un incremento della carica microbica.

Programmi di controllo delle infezioni sono stati tuttavia definiti dalla WHO e dai CDC. Il miglioramento dei sistemi di sorveglianza delle infezioni ospedaliere e l'attuazione di procedure standard per la riduzione della diffusione microbica rappresentano i principali obiettivi (19-22).

## 2.5. Obiettivi, durata e frequenza del monitoraggio dell'aria *indoor*

Non esistono valori assoluti né specifici limiti legislativi che consentano di definire la qualità dell'aria *indoor* e delle superfici in ambienti sanitari, dalle degenze ai locali aperti al pubblico né, tantomeno, di valutare il rischio per i diversi pazienti, per il personale, per gli accompagnatori, fornitori, ecc., esposti.

A livello europeo, ma solo per ambienti “non industriali” e per abitazioni, un gruppo di lavoro coordinato dall'Unione Europea (*European Collaborative Action*), definendo categorie di inquinamento dell'aria per gli ambienti *indoor*, ha formulato proposte orientative di contaminazione batterica e fungina che possono consentire di valutare la qualità dell'aria *indoor*; tali valori non implicano comunque un giudizio di rischio per i soggetti esposti (23).

In strutture sanitarie i criteri da adottare sono differenti. Infatti, l'obiettivo del monitoraggio sarà quello di misurare l'andamento nel tempo di una serie di valori scelti come parametri indicativi di biocontaminazione, controllando come eventualmente si modifichino in rapporto alle diverse condizionali climatiche stagionali, al funzionamento degli impianti tecnologici presenti, alle operazioni di manutenzione e pulizia e sanificazione degli ambienti e alla frequentazione, in termini di numerosità e condizione di salute, di pazienti, visitatori, personale sanitario e non presso le aree delle strutture.

La durata del monitoraggio dovrebbe comprendere tutte le condizioni che si avviano durante l'anno, considerando che alcune patologie, in particolare quelle respiratorie, seguono andamenti stagionali.

L'analisi microbiologica del bioaerosol dovrebbe quindi determinare il numero totale di particelle aerodiffuse per unità di volume d'aria (UFC/m<sup>3</sup>) utilizzando una strumentazione che consenta il prelievo di un campione sufficientemente rappresentativo della totalità dei microrganismi presenti nell'aria in quel momento, senza introdurre condizioni di stress che possano influenzare la vitalità degli organismi catturati. L'ottimizzazione di questa procedura prevede l'impiego di terreni di coltura che garantiscano una crescita ottimale dei microrganismi, evitando al tempo stesso l'insorgenza di effetti antagonisti dovuti alla presenza di interferenze nutrizionali o metaboliche dovuti alla compresenza di specie diverse.

È opportuno considerare che lo stato di *aerosol* e le diverse tecniche di campionamento determinano una condizione di stress nei microrganismi, che ne può compromettere la vitalità e la capacità di riprodursi in terreno di coltura. Quando necessario, si può ovviare a questa eventualità di sottostima del rischio biologico, facendo precedere l'analisi microbiologica qualitativa da una fase di rivitalizzazione e arricchimento in appropriati brodi di coltura.

Combinando l'uso di diversi sistemi di campionamento è poi possibile determinare un più vasto spettro di microrganismi aerodispersi, ottenendo potenzialmente risultati differenziati riguardo la complessa componente microbica presente, in funzione della tecnica utilizzata.

Una problematica di cui si dovrà sempre tener conto è che, al di là delle diverse tecniche di campionamento, si troverà sempre una variabilità nei risultati, dovuta alla non uniforme distribuzione dei microrganismi nell'*aerosol*. Pertanto è complesso accertare con precisione l'origine delle emissioni e riuscire a valutarne costanti di tipo qualitativo o quantitativo. Le notevoli differenze che si ritrovano nei dati riportati dai numerosi studi in letteratura, pur nelle diversità di metodiche e condizioni, portano a concludere che ancora non abbiamo modelli in grado di descrivere in maniera soddisfacente come gli *aerosol* microbici si disperdano nell'ambiente, pur sapendo che si muovono spostandosi nella direzione delle correnti d'aria in cui si trovano. Non si è neppure in grado di prevedere come le particelle che costituiscono un bioaerosol si diluiscano nel tempo, ma sembrerebbero avere, in particolare nell'*outdoor*, la

tendenza a rimanere in qualche modo aggregate comportandosi come una serie di piccole “nubi”. Questo spiegherebbe le irregolarità risultanti nei conteggi, che sembrano scaturire da un modello di diffusione a macchia di leopardo. Estendendo i tempi di prelievo e aumentando i volumi di campionamento queste irregolarità potrebbero essere superate tuttavia, prolungando i tempi di campionamento, si correrebbe il rischio di incidere sulla vitalità dei microrganismi che, paradossalmente, potrebbero quindi non essere compiutamente rilevati.

Le procedure adottate per il controllo microbiologico dell’aria si distinguono per il metodo di prelievo dei campioni da analizzare: si può impiegare un tipo di campionamento passivo oppure un tipo di campionamento attivo.

Il campionamento passivo, o gravitazionale, prevede la raccolta per sedimentazione delle particelle sospese in *aerosol*, che vengono a depositarsi per effetto della gravità su capsule di Petri tenute aperte e contenenti appositi terreni agarizzati. Dopo opportuna incubazione delle piastre, si procede alla conta del numero di colonie che sono cresciute (UFC). L’efficienza di questo metodo dipende dalle caratteristiche aerodinamiche delle particelle e dal grado di ventilazione dell’ambiente. Si può stabilire la posizione del punto di prelievo, la superficie delle piastre e il tempo di raccolta del campione, ma in ogni caso bisogna tener presente che si tratterà di un campionamento con il quale non si ottengono misurazioni quantitative. Non solo è impossibile determinare il numero di particelle aerodiffuse per metro cubo (UFC/m<sup>3</sup>) ma il tasso di deposizione, in quanto funzione della massa posseduta, sovrastima i microrganismi contenuti nelle particelle che cadono più rapidamente delle altre.

Il campionamento attivo si basa sull’utilizzo di apparecchiature che, tramite un meccanismo di ventilazione forzata, spingono un determinato volume d’aria nella zona dello strumento nel quale avviene la cattura delle particelle sospese nell’*aerosol*. Il campione così ottenuto si riferisce ad un preciso quantitativo d’aria che può essere rapportato al numero di particelle aerodiffuse per metro cubo (UFC/m<sup>3</sup>) presenti in un ambiente in quel momento. Il campionamento di tipo attivo sarebbe preferibile, rispetto al pur più semplice ed economico campionamento di tipo passivo, in quanto consente di convogliare nei campionatori maggiori volumi d’aria, minimizzando le differenze di distribuzione dei batteri dovute alle correnti, alla temperatura e alle dimensioni degli aggregati aerodispersi. Utilizzando questo metodo, il grado di contaminazione microbica si può esprimere quantitativamente come Unità Formanti Colonia per metro cubo di aria campionata (UFC/m<sup>3</sup>). Esistono in commercio diversi modelli di campionatori attivi, che differiscono per i metodi di cattura delle particelle in *aerosol*, a seconda dei diversi principi di funzionamento delle apparecchiature, campionatori per impatto, per filtrazione, oppure per gorgogliamento.

La scelta del sistema di campionamento più adatto dovrebbe tener conto della tipologia e delle dimensioni delle particelle ricercate, del livello di carica microbica che ci si aspetta di trovare, della durata delle sessioni di prelievo, stabilite anche in funzione della tolleranza o sensibilità agli stress dai parte dei microrganismi nel materiale particellare sospeso (PM) da determinare, della perturbazione delle condizioni ambientali che l’apparecchiatura stessa può introdurre (es. l’aria di scarico non dovrebbe disturbare l’area di campionamento né essere riaspirata dall’apparecchiatura), ecc.

## **2.6. Scelta dei punti di prelievo per monitoraggio e posizionamento della strumentazione di rilevamento**

Per la valutazione della qualità dell’aria *indoor*, cioè l’aria che si trovano a respirare gli individui in un determinato ambiente, i punti di campionamento dovrebbero essere scelti in prossimità del centro del locale da monitorare, ad una altezza compatibile con quella della testa



di una persona in piedi o seduta, quindi da 1 a 1,5 m di altezza, e a non meno di 1 m da pareti, porte, finestre ed eventuali bocchette di aerazione (24). In caso di presenza di sistemi di condizionamento, può essere utile posizionare la strumentazione di prelievo a circa 0,50 m dai *fancoil* o dalle griglie di aerazione per differenziare qualitativamente l'apporto di bioaerosol, che in questi sistemi può essere influenzato dallo stato dei filtri.

Come già detto, un'analisi di tipo quantitativo consente una migliore valutazione del grado di inquinamento di un ambiente *indoor*. Tuttavia, nel corso delle indagini, possono essere condotte analisi sia di tipo qualitativo (per definire il tipo di particelle che si presentano con maggior frequenza) che di tipo quantitativo (per misurare le variazioni di concentrazione delle particelle di cui si sospetta la presenza) per la determinazione di uno o più agenti che si decide di continuare a monitorare.

In ogni caso, è importante scegliere la modalità di campionamento più adeguata che permetta ai microrganismi aerodispersi di aderire al substrato di isolamento e di moltiplicarsi fino a formare colonie visibili ad occhio nudo nei tempi analitici stabiliti.

Per la valutazione del sistema di campionamento più idoneo per l'ambiente che si intende monitorare, si elencano alcuni parametri da prendere in considerazione:

- il volume d'aria aspirata nell'unità di tempo per ottenere, possibilmente, un volume prossimo ad 1 m<sup>3</sup> di aria con un tempo di campionamento abbastanza limitato;
- le dimensioni contenute, che rendano lo strumento portatile, specialmente se i prelievi effettuati nel corso di una stessa sessione di campionamento riguardano più di un locale dello stesso ambiente;
- la possibilità di un campionamento in doppio, qualora sia necessario, ad esempio, valutare contemporaneamente presenza batterica e fungina. Un campionatore dotato di una doppia testata di aspirazione consente di eseguire nello stesso tempo due prelievi utilizzando terreni nutritivi specifici per due tipi di conte diverse;
- la disponibilità di tutti gli accessori necessari per un facile posizionamento (cavalletto, supporti da parete o da tavolo, ecc.) ed eventualmente di un telecomando qualora si voglia azionare l'apparecchio a distanza per non introdurre nell'ambiente perturbazioni dovute alla presenza dell'operatore;
- la possibilità di impiegare materiali di consumo standardizzati, acquistabili non solo dal produttore dell'apparecchio ma anche da fornitori alternativi, per usufruire di una migliore reperibilità e di costi concorrenziali;
- la facilità di pulizia e disinfezione dell'apparecchio, prima dell'introduzione negli ambienti da monitorare e tra un campionamento e l'altro fra le diverse stazioni di prelievo, in relazione ai materiali di costruzione e all'utilizzo di testate precedentemente sterilizzate;
- nell'ambito delle apparecchiature portatili, la possibilità di alimentazione a batteria, con una durata sufficiente per tutti i prelievi necessari al monitoraggio di una giornata (dai 30 ai 60 minuti di funzionamento continuo), e la facilità di inserimento ed estrazione sul campo dei materiali di consumo con modalità che evitino il rischio di contaminazioni da parte dell'operatore (possibilità di utilizzare confezioni monouso).

In conclusione, la preferenza dovrebbe andare ad un sistema di campionamento che sia leggero, di facile manipolazione e con comandi semplici.

I campionatori dotati delle caratteristiche che più si avvicinano agli elementi elencati per la valutazione del sistema di campionamento più idoneo per le indagini in ambienti sanitari sono quelli di tipo *Surface Air System* (SAS). Questo sistema, diffuso e utilizzato per la sua portabilità e maneggevolezza, è un apparecchio monostadio in cui l'aria aspirata tramite una ventola integrata nel corpo dell'apparecchio viene fatta impattare sulla superficie di una capsula Petri contenente un terreno di coltura agarizzato, scelto in funzione del tipo di microrganismi che si intende rilevare. Ciò permette di ottenere conte totali con terreni nutritivi non selettivi oppure, con l'utilizzo di terreni selettivi, di rilevare i diversi gruppi microbici prescelti. I volumi d'aria da

aspirare possono essere impostati in funzione dei livelli di inquinamento microbico presunti, o realmente presenti se vengono effettuate delle prove preliminari, consentendo di effettuare campionamenti mirati. La portata di aspirazione del sistema può variare da 40 a 180 L/min e comporta tempi di campionamento piuttosto ridotti, con il vantaggio di sottoporre le cellule raccolte a un stress da disidratazione non molto rilevante.

Per la descrizione dettagliata degli altri più comuni sistemi di campionamento dell'aria, sia nell'*indoor* che nell'*outdoor*, si rimanda al *Rapporto ISTISAN 13/37 (24)*.

## 2.7. Misure contemporanee in aria ambiente *outdoor*

Le caratteristiche del monitoraggio sono determinate dal tipo di inquinanti che ci si aspetta di trovare. Negli ambienti sanitari la principale sorgente di contaminazione si può individuare negli esseri umani presenti, senza però trascurare il contributo apportato dall'aria esterna ai costituenti complessivi del bioaerosol *indoor*, che può essere più o meno significativo a seconda della vicinanza e frequenza di apertura di porte e finestre con accesso diretto sull'esterno.

Sia nel caso di studi condotti in ambiente *indoor* che in ambiente *outdoor*, per la verifica della qualità dell'aria, generalmente, si procede alla ricerca delle specie più significative e che meglio rappresentano le caratteristiche del bioaerosol in quell'ambito.

Oltre ad una valutazione delle caratteristiche microbiologiche dell'ambiente *outdoor*, per una più completa interpretazione della qualità dell'aria *indoor*, si consiglia di effettuare parallelamente il monitoraggio microbiologico ambientale eseguendo test analitici anche delle superfici presenti nei locali da controllare.

Nell'*indoor* le superfici possono rappresentare un substrato ideale per la presenza potenziale di elementi nutritivi in grado di supportare e favorire lo sviluppo della flora microbica che vi si viene a depositare, con modalità di contatto diretto e/o attraverso l'aria. Il monitoraggio delle superfici è essenziale per conoscere il *fallout* microbico, cioè proprio quella parte di bioaerosol e di microrganismi in esso presenti che si deposita sulle superfici costituendo un potenziale veicolo di infezione, e per identificarne le diverse componenti presenti (batterica, fungina, ecc.), soprattutto quando i ricambi d'aria sono poco frequenti.

I metodi a disposizione per valutare lo stato igienico delle superfici sostanzialmente possono essere distinti in: metodo microbiologico, chimico e biochimico, tutti basati sul presupposto che una superficie, soprattutto se correttamente detersa e disinfettata, non deve possedere cariche microbiche ritenute indice di uno scarso grado igienico.

Il metodo microbiologico evidenzia la presenza di microrganismi e ne consente una prima sommaria identificazione nell'arco di almeno 24-48 ore; i metodi chimici, che non necessitano di analisi strumentale, e biochimici, che prevedono l'utilizzo di strumenti per la lettura dei dati, forniscono risultati in pochi minuti, con possibilità di registrazione e rintracciabilità.

La procedura di raccolta del campione ha la possibilità di essere applicata con numerose tecniche differenti che, in linea generale, utilizzano spugne sterili, *slide* flessibili, piastre a contatto (es. *Compact Dry*, *Rodac Weight*, *Maxi Contact Plate*) o tamponi sterili (*swab*).

I metodi di base, più semplici e adatti a campionare anche superfici bagnate, irregolari, interstiziali o comunque non facilmente accessibili rispetto alle piastre a contatto, prevedono l'utilizzo di spugnette spugne o di tamponi, imbevuti con soluzione sterile e strofinati sulla superficie da testare, in genere un'area di 10 × 10 cm. Una volta in laboratorio spugne e tamponi subiscono un trattamento di omogeneizzazione/eluizione e il campione così ottenuto viene seminato in piastra con la tecnica dell'inclusione in agar.

Un'altra tecnica rapida è quella degli *slide* flessibili, disponibili in commercio pronti all'uso, che si avvale della compresenza di due diversi tipi di terreno sui lati opposti di uno stesso *slide*,

permettendo di eseguire due controlli differenti con la stessa piastrina. L'elasticità dello *slide* favorisce il contatto tra il terreno di crescita e la superficie da testare e la parte dell'agar messa a contatto con la superficie ne acquisisce l'esatta impronta microbiologica.

La tecnica delle piastre a contatto prevede l'uso di apposite piastre contenenti terreni idonei per la coltura dei microrganismi che si sceglie di rilevare. Possono essere utilizzate su superfici piane prive di asperità e non discontinue. Per effettuare il campionamento è sufficiente far aderire il substrato di crescita direttamente alla superficie esercitando una lieve pressione, uniforme e costante sull'intera area, per 10 secondi e, per avere maggiore possibilità di recupero e maggiore rappresentatività del dato, è consigliabile effettuare prelievi in doppio sulla medesima superficie in esame e identificare tre punti significativi da campionare per ottenere il dato medio di contaminazione dopo incubazione, con i corretti tempi e temperature, e conta delle colonie microbiche cresciute.

Nella preparazione delle piastre con terreni colturali, è necessario avere cura che la superficie agarizzata si presenti leggermente convessa nella parte esterna. Se la dispensazione non fosse eseguita correttamente, il campionamento potrebbe essere falsato a causa di irregolarità di contatto con la superficie da analizzare. L'aggiunta di agenti quali Lecitina e *Tween* 80, può consentire un migliore recupero poiché neutralizzano l'eventuale presenza di inibitori della crescita dei microrganismi, quali residui di detersivi o disinfettanti, presenti sulla superficie da controllare; per la determinazione dei funghi si può aggiungere cloramfenicolo come agente selettivo per inibire la crescita di batteri concomitanti. Si può ovviare alla relativa complessità della fase di preparazione acquistando piastre da contatto già pronte per l'uso, del diametro di 65÷90 mm, contenenti terreni di coltura idonei per l'isolamento di diversi microrganismi. Questo metodo non è idoneo per la determinazione di generi e specie patogeni che richiedano fasi di pre-arricchimento e arricchimento.

Per una più semplice ma veloce valutazione dello stato igienico di una superficie, sufficiente ad esempio per controllare l'efficienza delle pulizie quotidiane, si possono utilizzare apparecchi che si avvalgono di reazioni biochimiche per dare letture immediate di concentrazione dell'adenosin-tri-fosfato (ATP) sulla superficie da testare. L'ATP, molecola ubiquitaria nei microrganismi e nelle cellule animali e vegetali, interviene nelle reazioni enzimatiche come molecola di scambio e di accumulo energetico. Questa metodica biochimica si avvale della lettura del valore della bioluminescenza, rilevata impiegando la reazione luciferina-luciferasi tra l'enzima luciferasi, il suo substrato luciferina e l'ATP. Considerando che una cellula danneggiata o morta non è più in grado di produrre questa molecola e che la quantità residua ancora presente subisce un processo di degradazione, la quantificazione dell'ATP organico può dunque essere un ottimo indice della presenza di cellule viventi. La reazione di bioluminescenza si innesca con livelli di ATP estremamente bassi e consente di valutare la presenza microbica su superfici scarsamente contaminate e con indici direttamente proporzionali alla presenza di biomassa microbica, per contro non permette però di discriminare né il tipo né la specie di contaminante.

Il metodo chimico, ancora più semplice e rapido dei precedenti, dispone di kit che si basano su reazioni che comportano un viraggio colorimetrico in presenza di proteine o altre specifiche famiglie di molecole.

## **2.8. Attività propedeutiche al monitoraggio dell'aria *indoor***

Prima di avviare l'attività di campionamento del bioaerosol, si dovrà procedere con sopralluoghi negli ambienti che andranno monitorati anche con la documentazione relativa al sistema di campionamento prescelto per sfruttarne al meglio le caratteristiche ed efficienza.

Per meglio stimare la rappresentatività del campione relativamente alle procedure operative e di installazione delle attrezzature di prelievo, è necessario considerare l'ergonomia, la decontaminazione e la gestione di tutto l'allestimento prima di cominciare il lavoro.

La scelta della metodica analitica, che dipende non solo dal tipo di agente biologico da rilevare ma anche dalla sua presunta concentrazione, richiede una prova preliminare di campionamento che, compiuta per aspirazione, può permettere di convogliare un determinato quantitativo di aria direttamente su un substrato nutritivo solido per la crescita microbica o in un mezzo liquido da sottoporre successivamente ad analisi. Per il rilevamento degli agenti biologici raccolti mediante campionatori aspiranti aria, o prelevati dagli impianti di condizionamento e di ventilazione può essere necessaria una fase di arricchimento, per consentire il superamento delle condizioni di stress eventualmente subito dalle cellule microbiche durante il campionamento e per favorirne la "rivitalizzazione".

Durante questa fase preliminare sarà inoltre opportuno stabilire un "bianco" iniziale di riferimento – con uno o più campionamenti effettuati a porte e finestre chiuse, condizionamento e/o riscaldamento spento e in assenza di persone – da confrontare con campionamenti effettuati in orari di massima e di minima presenza umana. Più si riscontra una variabilità dei parametri scelti come indicativi, maggiore dovrebbe essere la frequenza dei campionamenti.

Le due tipologie di campionamento descritte (passivo e attivo) non devono essere considerate contrapposte. Infatti si potrebbe ipotizzare che, ai fini di una migliore valutazione della qualità dell'aria, l'utilizzo contemporaneo delle due metodiche consentirebbe l'ottenimento di un maggior numero di informazioni circa il numero e il tipo di microrganismi presenti e sulla cinetica della loro distribuzione. Tuttavia il campionamento attivo rimane il più efficiente e performante per la capacità di prelevare grandi volumi d'aria e consentire analisi quantitative.

In conclusione, le indagini ambientali mirate alla determinazione dei bioaerosol restano comunque molto complesse e per la diversa efficienza dei sistemi di campionamento e a fronte della diversa tipologia dei microrganismi presenti, le metodiche sono difficilmente standardizzabili e quanto mai difficile risulta il confronto con i risultati ottenuti dai diversi Autori nella letteratura scientifica. Le stesse sorgenti, poi, non presentando mai caratteristiche di uniformità, producono relazioni non lineari e distribuzioni difficilmente normali. Da ciò consegue che nella maggior parte dei casi è necessario utilizzare, per quanto possibile, metodi statistici non parametrici per il trattamento dei dati.

## Bibliografia

1. Klevens M, Edwards JR, Richards CL, Horan TC, Gaynes RP, Pollock DA, *et al.* Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals, 2002. *Public Health Reports* 2007;122:160-6.
2. World Health Organization. *Report on the burden of endemic health care-associated infection worldwide*. Geneva: WHO; 2011.
3. Smith D, Alverdy J, An G, Coleman M, Garcia-Houchins S, Green J, *et al.* The hospital microbiome project: meeting report for the 1<sup>st</sup> hospital microbiome project workshop on sampling design and building science measurements, Chicago, USA, Jun 7<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> 2012. *Stand Genomic Sci* 2013;8:112-7.
4. Bonadonna L, Briancesco R, Coccia AM, Di Napoli I, Ferrante I, Forgia C, *et al.* Indagini sulla presenza di microrganismi in ambiente ospedaliero e rischi correlati. In: Santarsiero A, Musmeci L, Fuselli S, Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor (Ed.). *Workshop La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria. L'esperienza del Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 28 maggio 2014. Atti*. Roma: Istituto Superiore di Sanità. 2015. (Rapporti ISTISAN 15/4). p. 102-8.
5. Exner M, Kramer A, Lajoie L, Gebel J, Engelhart S, Hartemann P. Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities, *Am J Infect Control* 2005;26-39.

6. Trautmann M, Lepper PM, Haller M. Ecology of *Pseudomonas aeruginosa* in the intensive care unit and the evolving role of water outlets as a reservoir of the organism. *Am J Infect Control* 2005;33:41-9.
7. Joly JR, Alary M. Occurrence of nosocomial Legionnaires' disease in hospitals with contaminated potable water supply. In: Barbaree JM, Breiman RF, Dufour AP (Ed.). *Legionella: current status and emerging perspectives*. Washington, DC: ASM Press; 1994. p. 39-43.
8. World Health Organization. *Guidelines on Legionella and the prevention of legionellosis*. Geneva: WHO; 2007.
9. Briancesco R, Semproni M, Paradiso R, Bonadonna L. Nontuberculous mycobacteria: an emerging risk in engineered environmental habitats. *Ann Microbiol* 2014;64:735-40.
10. Anaissie EJ, Stratton SL, Dignani MC, Lee CK, Summerbell RC, Rex JH, *et al.* Pathogenic molds (including *Aspergillus* species) in hospital water distribution systems-a 3-year prospective study and clinical implication for patients with hematologic malignancies. *Blood* 2003;101:2542-6.
11. ASHRAE. *62.1. Ventilation for acceptable indoor air quality*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration, and Air-conditioning Engineers; 2016.
12. Obbard J, Fang L. Airborne concentrations of bacteria in a hospital environment in Singapore. *Water Air Soil Pollut* 2003;144:333-41.
13. Taccone FS, Van den Abeele AM, Bulpa P, Misset B, Meersseman W., Cardoso T, *et al.* Epidemiology of invasive aspergillosis in critically ill patients: clinical presentation, underlying conditions and outcomes on behalf of the AspICU Study Investigators. *Crit Care Med* 2015;19:7.
14. de Oliveira AC, Damasceno QS. Surfaces of the hospital environment as possible deposits of resistant bacteria: a review. *Rev Esc Enferm USP* 2010;44(4):1112-7.
15. Sears D, Schwartz BS. *Candida auris*: An emerging multidrug-resistant pathogen. *Int J Infect Dis* 2017;63:95-8.
16. Lemmen SW, Häfner H, Zolldann D, Stanzel S, Lütticken R. Distribution of multiresistant Gram-negative versus Grampositive bacteria in the hospital inanimate environment. *J Hosp Infect* 2004;56(3):191-7.
17. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis* 2006;6:130.
18. Michels HT, Keevil WC, Salgado CD, Schmidt MG. From laboratory research to a clinical trial: copper alloy surfaces kill bacteria and reduce hospital-acquired infections. *HERD* 2015;9(1) 64-79.
19. Center of Disease Control. *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee*. Atlanta: CDC; 2019.
20. World Health Organization. *Guidelines on core components of infection prevention and control programmes at the national and acute health care facility level*. Geneva: WHO; 2016.
21. European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease. In: *ECDC. Annual epidemiological Report for 2015*. Stockholm: ECDC; 2017.
22. Centers for Disease Control. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. *MMWR* 2003;52 (No. RR-10).
23. ECA-IAQ (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"). Biological particles in indoor environments. Brussels: Commission of the European Community; 1993. (Report No. 12).
24. Bonadonna L, Briancesco R, Brunetto B, Coccia AM, De Gironimo V, Della Libera S, Fuselli S, Gucci PMB, Iacovacci P, Lacchetti I, La Rosa G, Meloni P, Paradiso R, Pini C, Semproni M. *Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2013. (Rapporti ISTISAN 13/37).



**APPENDICE A**  
**Valori guida WHO e valori di riferimento**  
**utilizzati in alcuni Paesi europei**  
**per gli inquinanti chimici e biologici**





**A1. Inquinanti dell'aria indoor: valori guida di qualità dell'aria\* di alcuni Paesi europei e rischio unitario (Unit Risk, UR)\*\*  
delle linee guida WHO relativi ad alcuni inquinanti**

Inquinante unità di misura	WHO aria ambiente	WHO aria indoor	Francia	Germania	Paesi Bassi	Regno Unito	Belgio Regione fiamminga	Finlandia ***	Austria	Portogallo	Norvegia	Polonia residen- ziale	Polonia uffici pubblici
<b>Benzene</b> µg/m <sup>3</sup>	No VG 0,17 10 <sup>6</sup> 1,7 10 <sup>5</sup> (UR/lifetime)	No VG 0,17 10 <sup>6</sup> 1,7 10 <sup>5</sup> (UR/lifetime)	30 (24 h) 10 (1 a) AR: 10 LP: 5 dal 1/1/ 2013, 2 dal 1/1/ 2016 0,2 (UR/lifetime) 10 <sup>6</sup> 2 (UR/lifetime) 10 <sup>5</sup>	-	20	5 (1 a)	≤ 2 VI:10	-	-	5 (8 h)	--	10 (24 h)	20 (8 h)
<b>Formaldeide</b> µg/m <sup>3</sup>	100 (30 min)	100 (30 min)	50 (2 h) 10 (1 a) 30 da 1/1/2013 10 da 1/1/2023 AR: 100 LP: 10 da 2019 (2012 nuovi edifici) 30 (2009) 50 (2009)	120	120 (30 min) 10 (1 a) 1,2 (LP)	100 (30 min)	10 (30 min) VI: 100 (30 min)	50	100 (30 min) 60 (24 h)	100 (8 h)	100 (30 min)	50 (24 h)	100 (8 h)
<b>CO</b> mg/m <sup>3</sup>	100 (15 min) 60 (30 min) 30 (1 h) 7 (24 h) 10 (8 h)	100 (15 min) 35 (1 h) 10 (8 h) 7 (24 h) 10 (8 h)	1,5 (8 h) RWI 6 (30 min) RWI 60 (30 min) 15 (8 h) RWII	100 (15 min) 60 (30 min) 30 (1 h) 10 (8 h)	100 (15 min) 60 (30 min) 30 (1 h) 10 (8 h)	100 (15 min) 60 (30 min)	5,7 (24 h) VI: 30 (1 h)	8	-	10 (8 h)	25 (1 h) 10 (8 h)	25 (1 h)	10 (8 h)

segue

continua

Inquinante unità di misura	WHO aria ambiente	WHO aria indoor	Francia	Germania	Paesi Bassi	Regno Unito	Belgio Regione fiamminga	Finlandia ***	Austria	Portogallo	Norvegia	Polonia residen- ziale	Polonia uffici pubblici
<b>NO<sub>2</sub></b> µg/m <sup>3</sup>	200 (1 h) 40 (1 a)	200 (1 h) 40 (1 a)	200 (1 h) 40 (1 a)	350 (30 min) RWII 60 (7 gg) RWII	200 (1 h) 40 (1 a)	300 (1 h) 40 (1 a)	135 (1 h) VI: 200 (1 h)	-	-	-	200 (1 h) 100 (24 h)	-	-
<b>Nattalene</b> µg/m <sup>3</sup>	-	10 (1 a)	10 (1 a)	20 (7 gg) RWI 200 (7 gg) RWII	25	-	-	-	-	-	-	100 (24 h)	150 (8 h)
<b>Stirene</b> µg/m <sup>3</sup>	260 (7 gg) 70 (30 min)	-	-	30 (7 gg) RWI 300 (7 gg) RWII	900	-	-	1	40 (7 gg) 10 (1 h)	-	-	20 (24 h)	30 (8 h)
<b>IPA (BaP)</b> ng/m <sup>3</sup>	No VG 0,012 (UR/lifetime) 10 <sup>-6</sup> 0,12 (UR/lifetime) 10 <sup>-5</sup>	No VG 0,012 (UR/lifetime) 10 <sup>-6</sup> 0,12 (UR/lifetime) 10 <sup>-5</sup>	-	-	1,2	0,25 (1 a)	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tetracloro- etilene</b> µg/m <sup>3</sup>	250 (1 a) 8000 (30 min)	250 (1 a)	1380 (1-14 gg) 250 (1 a) VR: 250 LP: 250 dal 1/1/ 2015	1 (7 gg)	250	-	≤ 100	-	250 (7 gg)	-	-	-	-
<b>Tricloro- etilene</b> µg/m <sup>3</sup>	No VG 2,3 (UR/lifetime) 10 <sup>-6</sup> 23 (UR/lifetime) 10 <sup>-5</sup>	No VG 2,3 (UR/lifetime) 10 <sup>-6</sup> 23 (UR/lifetime) 10 <sup>-5</sup>	800 (14 gg-1 a) AR: 10. VR: 2 LP da OMS: 2,0 (UR/lifetime) 10 <sup>-6</sup> 20 (UR/lifetime) 10 <sup>-5</sup>	1 (7 gg)	-	-	≤ 200	-	-	-	-	150 (24 h)	200 (8 h)

segue

continua

Inquinante unità di misura	WHO aria ambiente	WHO aria indoor	Francia	Germania	Paesi Bassi	Regno Unito	Belgio Regione fiandringa	Finlandia ***	Austria	Portogallo	Norvegia	Polonia residen- ziale	Polonia uffici pubblici
<b>Dicloro- metano</b> µg/m <sup>3</sup>	3000 (24 h) 450 (7 gg)	-	-	200 (24 h) RWI 2000 (24 h) RWII	200 (1 a)	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Toluene</b> µg/m <sup>3</sup>	260 (7 gg) 1000 (30 min)	-	-	300 (1-14 gg) RWI 3000 (1-14 gg) RWII	200 (1 a)	-	≤ 260	-	75 (1 h)	-	-	200 (24 h)	250 (8 h)
<b>COV</b> µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	200 (1 a)	-	≤ 200	-	-	600 (8 h)	400	400	-
<b>PM<sub>10</sub></b>	50 (24 h) 20 (1 a)	-	50 (24 h) 20 (1 a) AR: 75 LP: 15	-	50 (24 h) 20 (1 a)	-	≤ 40 (24 h)	50	-	50 (8 h)	90 (8 h)	90 (8 h)	-
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	25 (24 h) 10 (1 a)	-	25 (24 h) 10 (1 a) AR: 50 LP: 10	25 (24 h)	25 (24 h) 10 (1 a)	-	≤ 15 (1 a)	-	-	25 (8 h)	40 (8 h)	40 (8 h)	-

\* I valori guida di qualità dell'aria indoor indicano i livelli di concentrazione in aria degli inquinanti, associati ai tempi di esposizione, ai quali non sono attesi effetti avversi per la salute, per quanto concerne le sostanze non cancerogene.

\*\* Per il corretto utilizzo di questi dati si raccomanda di consultare le indicazioni riportate dalla WHO nel lavoro originale; la stima dell'incremento del rischio unitario è intesa come il rischio addizionale di tumore, che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui sono continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano.

\*\*\* I valori guida per gli ambienti confinati si applicano agli edifici che sono occupati per almeno sei mesi e dove il sistema di ventilazione è tenuto costantemente acceso.

**a:** anno; **g:** giorno; **gg:** giorni **min:** minuti;

**AR:** Azione Rapida;

**LP:** Lungo Periodo;

**No VG:** No Valore Guida;

**VI:** Valore Intervento;

**VR:** Valore di Riferimento;

**RW I:** Richtwert I, concentrazione di una singola sostanza al di sotto della quale allo stato attuale delle conoscenze non si aspettano danni alla salute. Il valore guida RW I viene dedotto dal RW II.

**RW II:** Richtwert II, concentrazione di una sostanza il cui superamento richiede un intervento immediato, è valore operativo.

Fonte: Settimo G. Le problematiche relative alla qualità dell'aria indoor. Rapporto ISTISAN 15/4

**A2. Riferimenti di qualità indoor per il bioaerosol proposti da alcune associazioni e Paesi**

Agenti biologici UFC/m <sup>3</sup>	WHO <sup>a</sup>		Germania <sup>b</sup>		ACGIH <sup>c</sup>		ECA <sup>d</sup>		Federazione Russa <sup>e</sup>		IAQA <sup>f</sup>		Cina <sup>g</sup>		Polonia <sup>f</sup>		
	R	R	R	UP	R	UP	R	UP	R	UP	R	UP	R	UP	R	UP	
<b>Batteri totali</b>	-	-	-	-	<100 (MB) <500 (B) <2500 (M) <10.000 (A) >10.000 (MA)	<50 (MB) <100 (B) <500 (M) <2.000 (A) >2.000 (MA)	-	-	-	-	<2500	<2500	<2500	<2500	<2500	<2500	≤7000
0 (patogeni)																	
>50 (se presente una sola specie, mettere in atto procedure correttive)																	
≤150 (accettabile, se presenti diverse specie)																	
>500 (accettabile, se presente Cladosporium o altre funghi delle piante)																	
<b>Funghi totali (muffe)</b>																	
>100 (non contaminato)																	
Rapporto concentrazioni indoor/outdoor <1 (non contaminato se è presente la stessa specie o lo stesso genere)																	
<50 (MB) <200 (B) <1000 (M) <10.000 (A) >10.000 (MA)																	
<25 (MB) <100 (B) <500 (M) <2.000 (A) >2.000 (MA)																	
1000-10.000 (in relazione alla specie)																	
>300 (se specie fungine comuni)																	
10																	
10.000																	
<b>Batteri Gram positivi</b>																	
>1000 (rischio per la salute)																	

a WHO – World Health Organization, 1988  
 b Germania - Steering Committee, 1999  
 c ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1989  
 d ECA – European Collaborative Action, 2003  
 e Federazione Russa – Russian Federation, State Committee for Hygiene and Epidemiological Surveillance, 1993  
 f IAQA – Indoor Air Quality Assessment. The Hague: Ministry of Social Affairs and Employment, Directorate General of Labor, RA 8.90, 1989  
 g China Ministry of Health – Committee for hygiene and epidemiology. Standard “Hygienic Norm for Indoor Air Quality”, 2002  
 h Poland Ministry of Health – Expert Committee on indoor air quality standard. “Indoor Air Quality”, 2001  
 i Poland Central Institute for Labour Protection – Committee on indoor air quality. “Indoor Air Quality”, 2011  
**R:** residenziale; **UP:** uffici pubblici  
 Inquinamento: Molto Basso (**MB**); basso (**B**); intermedio (**M**); alto (**A**); molto alto (**MA**)

**APPENDICE B**  
**Questionario per la raccolta**  
**di informazioni di base sulle strutture sanitarie**  
**per la valutazione dell'aria *indoor***





## Questionario sulle caratteristiche costruttive delle strutture sanitarie per la valutazione dell'aria indoor

(compilare una scheda per ciascun ambiente da valutare)

### A - Caratteristiche generali del singolo ambiente considerato

Superficie dell'area	.....	m <sup>2</sup>
Altezza	.....	m
Porte/ingressi	.....	m
Porte a tenuta:	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Tenute	<input type="checkbox"/> chiuse <input type="checkbox"/> aperte	
Finestre singola	.....	m
Finestre multipla	.....	m
Finestre dirette a:	<input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> ovest <input type="checkbox"/> est	
Finestra apribile	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Finestra/e con vetri isolanti	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Finestre a tenuta	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Piano	<input type="checkbox"/> terra <input type="checkbox"/> piano .....	
Con muri esterni diretti a:	<input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> ovest <input type="checkbox"/> est	
Certificazione di prestazione energetica	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
L'ambiente è climatizzato	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Umidità visibile	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Pulizia delle bocchette di ripresa e di mandata	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Umidità visibile	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Infiltrazioni visibili	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Presenza di muffe visibili	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Presenza di parassiti (roditori, insetti, ecc.)	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Presenza di gabinetti/docce	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Presenza di fiori	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Presenza di tende	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Presenza di purificatori aria	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Presenza di fumatori	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
Presenza deodoranti	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	

### Pareti e pavimento

Carta da parati:	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	se sì, età (anni) .....
		in cattivo stato <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no
Rivestimenti in plastica:	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	se sì, età (anni) .....
		in cattivo stato <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no
Stucco:	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	se sì, età (anni) .....
		in cattivo stato <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no
Pannelli rivestiti:	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	se sì, età (anni) .....
		in cattivo stato <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no
Pannelli in legno:	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	se sì, età (anni) .....
		in cattivo stato <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no
Pavimento con parquet:	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	se sì, età (anni) .....
		in cattivo stato <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no
Pavimento con piastrelle:	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	se sì, età (anni) .....
		in cattivo stato <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no







- Pulizia dei purificatori dell'aria
- Tipo di trattamento effettuato .....
- Sequenza del trattamento.....
- Frequenza:       raramente       spesso
- Nome e marca dei prodotti di pulizia utilizzati: .....
- diluito       concentrato       superconcentrato:
- Certificazione del prodotto e caratteristiche       sì       no
- Concentrazione dei COV indicata in etichetta .....
- Chi esegue l'intervento .....
- Ultimo intervento [ | | | | | | | | ]

**Disinfestazioni e/o derattizzazioni dell'ambiente**

- Vengono effettuate disinfestazioni e/o derattizzazioni dell'ambiente?       sì       no
- Se sì, con quale frequenza?
- spesso
- raramente
- Chi esegue l'intervento:
- Ultimo intervento [ | | | | | | | | ]
- Tipologia dei prodotti utilizzati:
- insetticida
- pesticida
- altri prodotti (*specificare*).....
- Certificazioni dei prodotti:       sì       no
- Tipologia di concentrazione dei prodotti utilizzati:
- diluito
- concentrato
- superconcentrato

**Profumazioni per ambienti e prodotti contro gli insetti**

- Si fa uso di deodoranti per ambienti?       sì       no
- Se sì, quali?       spray
- gel
- candele
- bastoncini di incenso
- olio essenziali
- altri prodotti (*specificare*).....
- con quale frequenza?
- spesso
- raramente
- Ultimo utilizzo [ | | | | | | | | ]
- Si fa uso di prodotti contro gli insetti?       sì       no
- Se sì, quali?       spray
- stick/cerotti
- candele/zampironi
- olio essenziali
- altri prodotti (*specificare*).....
- con quale frequenza?
- spesso
- raramente
- Ultimo utilizzo [ | | | | | | | | ]





**Day hospital/surgery**

Degenza singola  sì  no n. degenze: .....

Degenza con più letti  sì  no n. degenze: .....

**Residenza Sanitaria Assistenziale**

Degenza singola  sì  no n. degenze: .....

Degenza con più letti  sì  no n. degenze: .....

Poliambulatorio  sì  no

Area riabilitazione  sì  no

**Ospedale/Clinica/Residenza Sanitaria Assistenziale**

**Attività amministrativa**

Ufficio con postazione singola  sì  no n. uffici .....

Ufficio con più postazioni  sì  no n. uffici .....

**Area prenotazione prestazioni**

Area con postazione singola  sì  no n. postazioni .....

Area con più postazioni  sì  no n. postazioni.....

**Area call-center**

Area con postazione singola  sì  no n. postazioni .....

Area con più postazioni  sì  no n. postazioni.....

**Aree comuni**

Sale riunioni  sì  no

Spazi comuni  sì  no

**Attività didattica**

Aule  sì  no n. aule: .....

Sale riunioni  sì  no n. sale: .....

**Altri edifici** (specificare): .....

**C - Attività del personale e degli occupanti dell'ambiente indoor**

**Numero di persone**

Nella degenza,  
n. di pazienti .....

Durante il campionamento/prelievo:  
cambio pazienti e occupanti  sì  no  
n. di persone presenti .....

Nel *day hospital/daysurgery*:  
n. di pazienti .....

Durante il campionamento/prelievo:  
cambio pazienti e occupanti  sì  no  
n. di persone presenti .....

Nel normale utilizzo dell'ufficio,

n. di persone .....

Durante il campionamento/prelievo:

cambio personale  sì  no

n. di persone presenti .....

Ci sono dispositivi o altre attrezzature (es. stampanti)?  sì  no

Nel normale utilizzo dell'ambiente comune,

n. di persone .....

Durante il campionamento/prelievo:

cambio personale  sì  no

n. di persone presenti .....

Nel normale utilizzo nell'area prenotazioni,

n. di persone .....

Durante il campionamento/prelievo:

cambio personale  sì  no

n. di persone presenti .....

Ci sono dispositivi o altre attrezzature (es. stampanti)?  sì  no

Nel normale utilizzo nell'area call-center,

n. di persone .....

Durante il campionamento/prelievo:

cambio personale  sì  no

n. di persone presenti .....

Ci sono dispositivi o altre attrezzature (es. stampanti)?  sì  no

Nel normale utilizzo dell'aula,

n. di persone .....

Durante il campionamento/prelievo:

cambio personale e studenti  sì  no

n. di persone presenti .....

Ci sono dispositivi o altre attrezzature (es. stampanti)?  sì  no

### Fumo di tabacco e sigaretta elettronica

Quantità di tabacco media consumata al giorno:

numero: .....

tipo:  sigarette  sigari  pipe

frequenza:  regolarmente  saltuariamente

Si è fumato nella stanza prima di cominciare le misure?:  sì  no

A quando risale l'ultima volta? ..... giorni

Si è fumato:

Nella stanza vicina:  sì  no

Durante le misure:  sì  no

Cosa si è fumato: .....

Quanto: .....

**APPENDICE C**  
***Report delle informazioni da registrare***  
**durante i monitoraggi dell'aria *indoor***







## Report informazioni sulle attività di monitoraggio e sul campione

(compilare una scheda per ciascun ambiente monitorato)

### A – Informazioni sulle attività di monitoraggio

#### Motivazioni che hanno portato al rilevamento dell'aria *indoor*

- Valutazione periodica:  sì  no
- Valutazione durante esecuzione di lavori di manutenzione o ristrutturazione:  sì  no
- Valutazione post esecuzione di lavori di manutenzione o ristrutturazione:  sì  no
- Reclami poste all'attenzione:  sì  no
- Reclami per odori:  sì  no
- occasional*
- prima mattina  pomeriggio  sera  altro
- continuativi*
- prima mattina  pomeriggio  sera  altro
- Problemi di salute:  sì  no
- Sintomi acuti
- Presenza  sì  no
- Frequenza  occasionale  continuativo
- Tipo.....
- Prima manifestazione:
- prima mattina  pomeriggio  sera  altro

#### Indirizzo Struttura Sanitaria:

.....

#### Inquinanti monitorati

- COV:  sì  no quali .....
- PM<sub>10</sub>:  sì  no
- PM<sub>2,5</sub>:  sì  no
- Metalli:  sì  no quali .....
- IPA:  sì  no quali .....
- Biologici:  sì  no quali .....

#### Tipo di campionamento

- in tempo reale  manuale
- continuo  discontinuo
- attivo  passivo (diffusionale)

Numero di campione: .....

#### Posizione dei sistemi di campionamento

Distanza dal muro: .....m

Altezza dal pavimento: .....m

**Stato della ventilazione naturale o meccanica prima del prelievo**

Ventilata con sistema meccanico (VMC) e/o condizionatore  sì  no  
 Per quanto tempo rimane attivo il VCM? ..... min

Ventilata in maniera naturale  sì  no  
 Se sì, quando viene effettuata?  
 prima mattina  pomeriggio  sera  
 Per quanto tempo viene tenuta aperta la porta e la finestra? ..... min

Stanza con finestre e/o porte aperte  
 occasionalmente  continuativamente  
 Se sì, per quando vengono aperte?  
 porte  
 prima mattina  pomeriggio  sera tempo: ..... min  
 finestre  
 prima mattina  pomeriggio  sera tempo: ..... min

Stanza con finestre e/o porte chiuse  
 occasionalmente  continuativamente  
 Se sì, per quando vengono tenute chiuse?  
 porte  
 prima mattina  pomeriggio  sera tempo: ..... min  
 finestre  
 prima mattina  pomeriggio  sera tempo: ..... min

Come viene ventilata realmente la stanza dai fruitori .....  
 .....

**Stato del sistema di ventilazione meccanica controlla (VMC), durante il prelievo**

in funzione  
 spento  
 come viene utilizzato normalmente dai fruitori: .....

**Stato del sistema climatizzatore/split/pompa di calore durante il prelievo**

in funzione  
 spento  
 come viene utilizzato normalmente dai fruitori: .....

**Stato delle porte e finestre durante il campionamento**

Finestre e porte chiuse  
 prima mattina  pomeriggio  sera tempo: ..... min

Finestre e porte aperte  
 prima mattina  pomeriggio  sera tempo: ..... min





*Serie Rapporti ISTISAN  
numero di ottobre 2019, 1° Suppl.*

*Stampato in proprio  
Servizio Comunicazione Scientifica – Istituto Superiore di Sanità*

*Roma, ottobre 2019*