

DICEMBRE 2010



GREEN

LA SCIENZA
AL SERVIZIO
DELL'UOMO E
DELL'AMBIENTE

21



Energia illimitata imitando il sole

postatarget
creative
Aut. NEVE00113/2008
del 01/07/2008
Posteitaliane

**CHIMICA
ORGANICA**
Gli architetti
molecolari

**ARCHITETTURA
SOSTENIBILE**
Un futuro
più verde

**I SEGRETI
DELL'NMR**
La "macchina
dell'invisibile"

**RESPIRARE
IN CLASSE**
L'inquinamento
indoor

**LA RICERCA
EUROPEA**
Open
access

www.green.incaweb.org

DICEMBRE 2010

21

Periodico mensile
 d'informazione del Consorzio
 Interuniversitario Nazionale
 "La Chimica per l'Ambiente"
 (INCA)

Energia illimitata imitando il sole 4

La fusione nucleare potrebbe soddisfare la nostra crescente fame di energia

Quando i chimici organici sono architetti molecolari 16

Gli scienziati sono alla continua ricerca di nuove molecole sintetiche

Architettura sostenibile, progettiamo un futuro più verde 22

L'eco-compatibilità di un complesso architettonico dipende dalla sua integrazione con l'ambiente

I segreti dell'NMR, la "macchina dell'invisibile" 32

Scoprire la struttura delle molecole grazie alla risonanza magnetica nucleare

Inquinamento indoor, ecco cosa si respira a scuola 38

Una curiosa indagine sulla qualità dell'aria all'Istituto Maria Immacolata di Gorgonzola (MI)

I risultati della ricerca europea non saranno tenuti sotto chiave 46

Parte il progetto OpenAIRE riguardante i risultati dei progetti finanziati dall'FP7

News - Futuro & Futuribile 49

- Vetro flessibile
- Sensazioni a fior di pelle

In copertina: fusione nucleare, l'esperimento RFX-mod in funzione presso il Consorzio RFX di Padova


Meravigliose architetture naturali

Conchiglia di mollusco gasteropode della specie *Epitonium scalare* diffuso nell'oceano Indiano e Pacifico sud-occidentale. (Immagine di Steve Jurvetson, Wikipedia Commons, 2008).

Direttore
Piero Tundo

Comitato scientifico
Angelo Albini
Università di Pavia
Sergio Auricchio
Politecnico di Milano
Attilio Citterio
Politecnico di Milano
Lucio Previtera
Università di Napoli Federico II

Direttore responsabile
Gino Banterla

Coordinatore di redazione
Fulvio Zecchini

Direzione, redazione e amministrazione
Consorzio Interuniversitario Nazionale
"La Chimica per l'Ambiente" (INCA)
 Via delle Industrie, 21/8
 30175 Marghera Venezia
 Direzione: tel. 041.2348642
 Redazione: tel. 041.2346640
 Fax: 041.2346602
 redazione@green.incaweb.org
 www.green.incaweb.org
 Registrazione al Tribunale di Venezia
 n° 20 del 15 luglio 2006

Progetto grafico e impaginazione
Publileo s.r.l.
 publileo@alice.it

Stampa
Europrint s.r.l. - Quinto di Treviso

Per informazioni e abbonamenti
 redazione@green.incaweb.org
 fax 041.2346650

© Consorzio INCA, 2006 - 2010
 Tutti i diritti sono riservati.

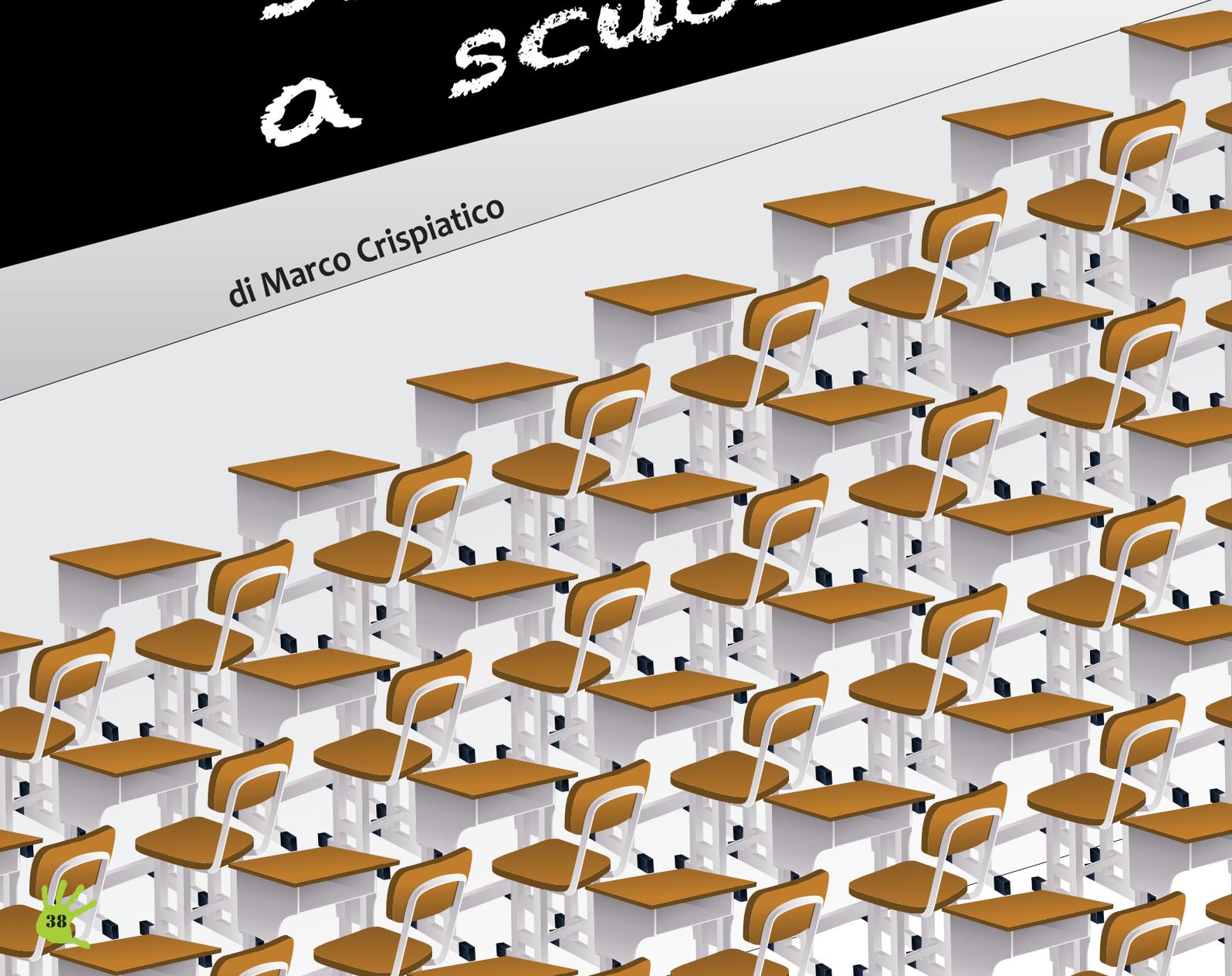
La presente pubblicazione, tutta o in parte, non può essere riprodotta o trasmessa in nessuna forma e con nessun mezzo, elettronico, meccanico, fotocopia, registrazione o altro, senza l'autorizzazione scritta dell'editore.

L'editore, nell'ambito delle leggi sul copyright, è a disposizione degli aventi diritto che non si sono potuti rintracciare.

DALLE SCUOLE - Una curiosa indagine sulla qualità dell'aria negli ambienti confinati dell'Istituto Maria Immacolata di Gorgonzola (MI)

Inquinamento indoor
Ecco cosa
si respira
a scuola

di Marco Crispiatico



Da anni si conosce il ruolo degli inquinanti aerodispersi negli ambienti confinati riguardo allo sviluppo di sindromi di vario tipo, generalmente indicate come “malattia da edificio malato”, dal termine anglosassone *Sick Building Syndrome*, spesso abbreviato in SBS. Vi sono evidenze sperimentali che l'esposizione a tali agenti chimici e/o biologici può determinare patologie di diversa gravità: da quelle più lievi, come le infiammazioni delle mucose oculari o delle prime vie aeree, a quelle di media gravità, quali le alveoliti allergiche, fino quelle più gravi, tra le quali troviamo la polmonite acuta e anche alcune forme di tumore.

Tali fenomeni possono avere un impatto rilevante soprattutto in ambienti indoor affollati. Pertanto con lo studio qui presentato abbiamo voluto verificare quale potesse essere il rischio di contrarre una SBS di natura biologica in un ambiente particolare come le aule scolastiche, frequentate per buona parte della giornata da numerosi giovani studenti.

SUMMARY

The role of airborne indoor pollutants with respect to the outbreak of various diseases is well known, such a phenomenon is generally referred to as “Sick Building Syndrome” (acronym: SBS). There is experimental evidence that prolonged exposure to these chemicals and/or biological agents can result in various symptoms; from very mild ones, such as inflammation of the eyes or of the upper respiratory tract, to those of medium severity, e.g. allergic alveolitis, ending with the most severe, like acute pneumonia or even cancer.

These phenomena can have a significant impact on human health, especially in confined, crowded environments. The study presented in this article aims to identify the risk level related to the possible outbreak of a biological SBS in particular environments such as classrooms and other spaces within our school utilised by lots of young students.

Cenni storici

La qualità dell'aria degli ambienti chiusi sta diventando un problema sempre più importante nei paesi economicamente sviluppati. Il rischio di contrarre forme di *Sick Building Syndrome* (SBS) aumenta a seguito del nostro stile di vita: la maggior parte di noi trascorre gran parte della giornata (il 90% circa) in ambienti chiusi e spesso affollati, il 30-40% di questo tempo lo passiamo a scuola o sul posto di lavoro. I potenziali inquinanti indoor possono avere natura sia chimica che biologica, la loro presenza dipende dall'ubicazione degli edifici, dai materiali usati per la costruzione e gli arredi, dall'attività svolta, dalla presenza di impianti di condizionamento. Per consentire un maggior risparmio energetico sono stati introdotti sistemi di condizionamento (riscaldamento/raffreddamento) che riciclano l'aria, se non adeguatamente progettati, installati e mantenuti, questi possono rappresentare una fonte d'inquinamento sia chimico che biologico. Inoltre, l'uso sempre maggiore di prodotti di sintesi nell'edilizia, nella fabbricazione di arredi e di altri materiali di consumo, causa un potenziale pericolo di rilascio di composti tossici in atmosfera. Esistono fondati sospetti che sia l'inquinamento indoor più che quello esterno a porre

A scuola gli studenti si trovano a passare buona parte della giornata spalla a spalla con i propri compagni. Sul banco al centro si può notare il campionatore automatico usato nello studio per la valutazione della qualità dell'aria in classe.

Come discuteremo alla fine dell'articolo, la presenza di individui in prossimità del punto di campionamento, pur fornendo un quadro più realistico, può potenzialmente alterare in maniera incontrollabile i risultati delle analisi.

i maggiori pericoli per la nostra salute, il 40% delle assenze per malattia a scuola o sul lavoro pare essere dovuto a problemi di qualità dell'aria dei luoghi chiusi.

Il termine *Sick Building Syndrome* nasce negli anni Settanta e si riferisce alla comparsa di una serie di sintomi comuni negli occupanti di uno stesso ambiente confinato, dovuti ad una qualità dell'aria così bassa da poter definire "malato" l'edificio stesso. Una SBS si può manifestare con sintomi aspecifici ma comuni a tutti gli individui che frequentano quel luogo: irritazione degli occhi, delle vie aeree e della cute, tosse, senso di costrizione toracica, sensazioni olfattive sgradevoli, nausea, torpore, sonnolenza, cefalea, astenia.

Criteria di valutazione della qualità microbiologica dell'aria

Negli ultimi vent'anni è notevolmente aumentata l'attenzione alla contaminazione microbiologica dell'aria a seguito dei recenti studi sui potenziali pericoli per la salute che essa può comportare. In pratica tutte le tipologie di microrganismi possono essere presenti nell'aria e sulle superfici, esse possono avere origine umana o provenire dall'esterno, trasportate dalle correnti d'aria e/o dagli aerosol (tosse, starnuti, evaporazione da specchi d'acqua): batteri, miceti e protozoi, così come alcuni virus capaci di resistere a lungo al di fuori dell'ospite.

Il decreto legislativo sulla sicurezza in ambienti di lavoro (D. Lgs. 626/94 e successive modifiche), pur evidenziando la necessità di monitorare la presenza di potenziali specie patogene, non fornisce tuttavia valori limite di concentrazione dei microrganismi che permettano di valutare la qualità dell'aria indoor.

A livello di contaminazione microbiologica, la valutazione della salubrità di un ambiente non è semplice. L'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) ritiene attualmente impossibile l'individuazione di valori limite/soglia per i contaminanti biologici. Ciò in conseguenza di diversi fattori, tra i quali l'indisponibilità di relazioni dose-risposta e di procedure standard di monitoraggio, la complessa composizione specifica delle popolazioni microbiche aerodisperse e la variabilità della risposta individuale all'esposizione.

Allo stato attuale, disponiamo solamente di un'indicazione sui parametri consigliati e sui relativi valori guida. Per gli ambienti di lavoro confinati come scuole e uffici, nei quali la presenza di agenti potenzialmente patogeni può essere considerata accidentale, il bioindicatore migliore risulta essere la carica microbica totale dei batteri e dei miceti (muffe e lieviti). Nel 1993 la Commissione delle Comunità Europee (*European Collaborative Action*) ha proposto, per gli ambienti indoor non industriali, delle classi di contaminazione dell'aria basate sui due parametri sopraccitati. Esse però hanno valore solamente indicativo, il posizionamento di un dato analitico al di fuori degli intervalli di bassa concentrazione, non implica automaticamente l'instaurarsi di condizioni di pericolo o insalubrità; tali valori guida sono riportati nella tabella che segue e sono



L'INQUINAMENTO INDOOR

È stato definito nel 1991 dal Ministero dell'Ambiente come: "La presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità". Il pericolo di natura chimica è legato all'emissione di VOCs (*volatile organic compounds*, composti organici volatili), tra cui quelli contenuti nelle vernici da intonaco e in detersivi e detergenti per la casa (questi ultimi paiono rappresentare oltre il 40% degli inquinanti domestici). Tra questi composti troviamo il pentaclorofenolo, usato nella formulazione di insetticidi, preservanti del legno e antimuffa che si diffonde rapidamente nel sangue, nel fegato e nei reni; a seguito di fenomeni di bioaccumulazione esso può risultare tossico e persino cancerogeno. Tra gli agenti biologici troviamo acari, batteri, virus, miceti (muffe e lieviti), oltre a spore o biotossine di vario tipo. La proliferazione dei microrganismi è favorita da ambienti polverosi e/o umidi dove manca un'adeguata aerazione.

Classe d'inquinamento microbiologico	Carica batterica (UFC/m ³)	Carica micotica (UFT/m ³)	Codice colore della classe
molto bassa	< 50	< 25	
bassa	51 - 100	26 - 100	
intermedia	101 - 500	101 - 500	
alta	501 - 2000	501 - 2000	
molto alta	> 2000	> 2000	

La carica si valuta mediante conta su terreni di coltura solidi in UFC, unità formanti colonia, per i batteri, e in UFT, unità formanti tallo, per i miceti. Assumendo che ogni colonia sia un clone formato da un solo batterio, le UFC indicano la quantità di batteri presenti nel volume considerato. Simili considerazioni valgono per il conteggio dei miceti.

approvati anche dall'INAIL, l'Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro.

Lo studio dell'Istituto Maria Immacolata

Da alcuni anni l'Istituto Maria Immacolata di Gorgonzola (MI) conduce indagini sul campo per rilevare la qualità dell'aria del territorio circostante; durante l'anno scolastico 2009-2010, si è voluto effettuare il monitoraggio anche negli ambienti indoor. In tal modo ci si proponeva di far conoscere le modalità e le attrezzature impiegate per il prelievo dei campioni e le tecniche analitiche da utilizzare per i test di laboratorio, oltre a far prendere coscienza agli studenti di ciò che respirano in classe, stimolandoli ad assumere comportamenti idonei a ridurre l'inquinamento in ambiente confinato. Infine si intendeva fornire loro una metodologia d'indagine sul campo basata sull'uso delle conoscenze teoriche acquisite in classe.

La ricerca è stata condotta nel periodo compreso tra marzo e aprile 2010 e ha interessato tutto il complesso scolastico, il quale comprende quattro edifici a differente destinazione d'uso: scuola materna, scuola primaria (elementari), scuola secondaria di I grado (medie), scuola secondaria di II grado (superiori).

Tutti i siti monitorati dispongono di ventilazione naturale e/o artificiale e di impianto di riscaldamento centralizzato a pannelli radianti. Si è provveduto a prelevare campioni d'aria nelle quattro sedi, in locali adibiti a diverse attività per un totale di 18 punti di prelievo. Per ogni edificio è stato raccolto un campione d'aria esterna come controllo. Per ottenere risultati statisticamente comparabili i prelievi sono stati standardizzati, tutte le analisi sono state eseguite su un campione di 200 litri prelevato al centro dei vari locali, tra le ore 9,30 e le ore 12,30, annotando la temperatura, in presenza di alunni e personale scolastico (il cui numero è stato registrato) oltre ai due rilevatori. Il campionatore ad impatto utilizzato aspira

l'aria e la convoglia perpendicolarmente su un'apposita piastra di Petri da 55 millimetri di diametro (detta *contact plate*) che contiene un terreno solido (gelificato con agar agar), specifico per i vari parametri che si vogliono analizzare, permettendo la conta delle colonie batteriche o dei talli micotici che si sono formati dopo incubazione a 37 °C per 24-48 ore. Poiché su ogni piastra si può rilevare un valore minimo e massimo

I PRINCIPALI INQUINANTI BIOLOGICI DELL'ARIA INDOOR

Le principali fonti d'inquinamento sono rappresentate dai bioaerosol derivati dagli esseri viventi che occupano i locali (uomo, animali e/o piante), dalla polvere (ottimo ricettacolo per i microrganismi), dalle strutture e dai servizi degli edifici, in particolare quelli igienici. A queste fonti, si aggiungono gli umidificatori e i condizionatori: diversi studi hanno dimostrato che la presenza di elevata umidità all'interno di tali apparecchi, talvolta accoppiata con un'inadeguata manutenzione, facilita lo sviluppo dei microrganismi e l'accumulo di endotossine batteriche, che poi vengono diffusi negli ambienti dall'impianto centralizzato di ventilazione.

Nell'ultima decade si è prestata particolare attenzione ai contaminanti che presentano caratteristiche di allergeni; l'aumento dei casi di asma registrati negli anni recenti tra i bambini e gli adolescenti, soprattutto di quelli non legati alla stagionalità, hanno portato a considerare fenomeni di sensibilizzazione ad agenti sia biologici che chimici costantemente presenti negli ambienti indoor. Tra i primi, quelli più presenti nelle abitazioni, nelle aule, nei luoghi di lavoro e in locali ad uso ricreativo sono gli acari della polvere (o meglio le proteine delle loro particelle fecali), le proteine del pelo e la forfora di gatti, cani e simili, alcuni composti contenuti nella loro saliva e nell'urina, e altri agenti quali pollini, spore, funghi, muffe, batteri. Un'elevata umidità dell'aria e delle pareti favorisce una più rapida riproduzione e diffusione dei microrganismi, mentre i biocontaminanti inanimati sopraccitati possono facilmente essere trasportati dall'uomo o dagli animali. Negli ambienti lavorativi e ricreativi possono essere presenti endotossine batteriche, composti della parete cellulare dei batteri Gram-negativi, che producono nell'uomo fenomeni febbrili.

La trasmissione di malattie infettive può avvenire per contatto diretto tra due soggetti, o tramite l'aria, che diventa un veicolo di diffusione per vari batteri - quali *Legionella pneumophila*, alcune specie dei generi *Pseudomonas*, *Acinetobactor*, *Staphylococcus* - e per diversi miceti, tra cui quelli del genere *Candida*. Questi, infatti, si moltiplicano e si propagano negli impianti di trattamento dell'aria e negli impianti idrosanitari, determinando la possibilità di provocare epidemie di polmonite e altre gravi patologie.

di colonie/talli, lo strumento di campionamento permette di aspirare volumi d'aria variabili a seconda del livello d'inquinamento presunto del campione, in caso di dubbio è consigliabile analizzare due o più volumi diversi. Dopodiché si è proceduto ai test microbiologici d'identificazione sulle colonie formatesi (colorazione di Gram,

I BATTERI PIÙ COMUNI NELL'INQUINAMENTO INDOOR

Batteri	Caratteristiche principali	Patologie associate
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram+, asporigeno, catalasi+, coagulasi+, immobile, non presenta una capsula evidente	Intossicazioni alimentari, congiuntiviti, setticemie, faringite e laringite
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Gram+, tipicamente presente sulla cute, catalasi+, coagulasi-	Cistiti, setticemie, endocarditi infezioni cutanee
<i>Pseudomonas spp.</i>	Gram-, bacilli, mobili, aerobi facoltativi	Infezioni urinarie, cutanee, polmonari, dell'orecchio, e dell'occhio, congiuntiviti, endocarditi, polmoniti, sinusiti
<i>Acinetobacter spp.</i>	Gram-, coccobacilli, non fermentanti, ubiquitari, presenti anche nella flora della nostra pelle	Infezioni respiratorie, setticemie e meningiti secondarie
<i>Bacillus spp.</i>	Gram+, bacilli, aerobi obbligati o facoltativi, producono endospore, catalasi+	Intossicazioni alimentari
<i>Streptomyces spp.</i>	Gram+, aerobi, di forma allungata, filamentosa anche ramificata, producono spore, fanno parte del gruppo degli Attinomiceti	Non sono associati a patologie particolari, oggi la maggior parte degli antibiotici naturali viene prodotta da questo tipo di batteri

Per la descrizione di alcune delle caratteristiche indicate in tabella, si veda Green n. 10, pagg. 18-40. Con l'abbreviazione spp. si indicano genericamente le specie del genere indicato.

osservazione microscopica, conta e interpretazione dei risultati di crescita su terreni di coltura, prove biochimiche); i dati sono poi stati organizzati in tabelle, anche al fine di poterli analizzare statisticamente.

Per quanto riguarda l'analisi dei risultati ottenuti nelle rilevazioni, visto che il D. Lgs. 626/94 non fornisce valori limite/guida per la contaminazione microbica, sono state utilizzate le tabelle dell'*European Collaborative Action* sopra riportate, le quali forniscono un'indicazione sulla la classe di inquinamento microbico dell'aria in base ai valori di carica batterica e micotica totale valutati rispettivamente mediante crescita su *Plate Count Agar* (PCA, agar per il conteggio su piastra) e su *Sabouraud's Dextrose Agar* (SDA, agar di Sabouraud al destrosio). Gli esiti dei nostri rilevamenti hanno dimostrato che la contaminazione si colloca mediamente tra il livello "intermedio" e quello "molto alto", corrispondente ad una carica batterica che varia dalle 101 alle 6.535 UFC/m³.

Come era possibile prevedere, la maggior concentrazione batterica è stata ritrovata nei locali adibiti ad uso aula, laddove abbiamo la presenza prolungata di molte persone in un ambiente relativamente piccolo

e confinato con ricambio d'aria limitato, fattori che favoriscono l'aumento della carica microbica aerodispersa. Dall'osservazione dei dati si può dedurre che valori di carica particolarmente elevati sono stati evidenziati nelle aule delle scuole elementari (6.535 UFC/m³, classe di inquinamento molto alta); mentre per gli altri tre ordini scolastici essi risultano sensibilmente inferiori e sostanzialmente comparabili tra loro (classe d'inquinamento intermedia o alta). È presumibile, quindi, che la concentrazione sia correlabile principalmente al numero di persone presenti nell'ambiente confinato. Infatti nei locali occupati da poche persone, o vuoti (presidenza, segreteria, sala professori e aula magna), il numero di unità formanti colonia è nettamente inferiore (155-405 UFC/m³). Caso a parte è la palestra dove l'attività ricreativa, nonostante le maggiori dimensioni dall'ambiente, favorisce l'aumento dei contaminanti microbiologici aerodispersi, raggiungendo livelli di concentrazione molto elevati (2.445 UFC/m³). Quest'ultima circostanza può essere in parte spiegata da un differente metodo di riscaldamento dell'ambiente; a differenza degli altri locali dove vengono adoperati principalmente pannelli radianti, qui si utilizza un potente impianto di termoventilazione che favorisce un maggior rimescolamento dell'aria, portando in sospensione i microrganismi annidati nella polvere. Come controllo abbiamo campionato l'aria esterna in prossimità degli edifici, verificando che i valori della carica variavano tra 25 e 155 UFC/m³, risultando costantemente nettamente inferiori rispetto alle concentrazioni indoor, in accordo con quanto atteso.

Per quanto concerne la carica micotica, essa varia tra 40 e 490 UFT/m³, mentre quella outdoor si attesta tra 5 e 15 UFT/m³, presentando quindi concentrazioni significativamente minori rispetto ai batteri, ma un andamento parallelo per quanto concerne i dati indoor e outdoor. In questo caso la maggior contaminazione è stata ritrovata nella scuola materna. Nell'identificazione delle specie microbiche rilevate, una particolare attenzione è stata dedicata alla ricerca degli stafilococchi, quali possibili batteri patogeni aerodispersi: il rilevamento effettuato con terreno selettivo (MSA, *Mannitol Salt Agar*), la colorazione di Gram e il test della catalasi hanno evidenziato che in sette campioni su tredici erano presenti germi della specie *Staphylococcus aureus* (specie patogena presente in particolare nelle vie aeree), mentre nei rimanenti casi è stato ritrovato lo *Staphylococcus epidermidis*. Nel terreno selettivo per coliformi e altri

batteri Gram-negativi (VRBG, *Violet Red Bile Glucose agar*) è stata riscontrata la loro presenza (5-35 UFC/m³) su otto delle 13 *contact plate* seminate. Inoltre sono stati individuati coccobacilli Gram-negativi (coliformi più, presumibilmente, *Acinetobacter* spp.) e bacilli Gram-positivi (*Bacillus* spp.). Per la classificazione delle specie micotiche, cresciute su *Sabouraud's Dextrose Agar* (SDA), si è osservata la presenza di talli (corpi vegetativi) di muffe dei generi *Penicillium* e *Aspergillus*.

La differenza di concentrazione di microrganismi aerodispersi tra ambienti interni ed esterni fa presupporre che il numero di persone nell'ambiente confinato influisce in maniera determinante sulla carica microbica. È inoltre ipotizzabile una relazione tra il metodo di riscaldamento/ventilazione dell'ambiente, l'attività svolta e l'inquinamento indoor, come osservato nel caso del rilevamento della palestra. Un'altra interessante considerazione riguarda la variazione della carica micotica: infatti le direttive prevedono che i valori interni di muffe e lieviti siano sempre inferiori o uguali a quelli esterni. Pertanto ci troviamo di fronte ad un fenomeno di "amplificazione micotica" che richiederebbe una più accurata analisi per risalire alla causa.

Esaminando i dati delle temperature, non è possibile trarre conclusioni sulla loro influenza, in quanto sono mediamente simili tra loro; sarebbe quindi interessante eseguire una campagna di campionamento con impianti di riscaldamento spenti e in diverse stagioni per valutare le eventuali differenze.

Basandosi sui risultati ottenuti (tabella qui sopra), si è proceduto anche ad un'analisi statistica dei dati, la quale però non è risultata significativa, principalmente a causa del basso numero di campioni.

Un'ulteriore variabile importante da tenere in considerazione per studi futuri è sicuramente la pianificazione di campionamenti paralleli nei locali in assenza di occupanti, prevedendo un arieggiamento del locale prima del prelievo d'aria. Infatti, seppur la presenza degli allievi o di personale dia un risultato che rispecchia meglio la qualità dell'aria che viene respirata, la persone nei dintorni del campionatore automatico potrebbero influenzare i dati, ad esempio attraverso starnuti e tosse, o anche con la sola respirazione, soprattutto

in caso di individui con infezioni batteriche delle vie aeree in corso.

Per quanto riguarda l'analisi qualitativa, in un'ipotetica prossima campagna di monitoraggio andrebbero introdotte alcune variazioni che descriviamo in breve di seguito. Sarebbe opportuno prevedere l'utilizzo di un terreno selettivo per *Pseudomonas* spp., eliminando il terreno VRBG per l'isolamento dei coliformi e altri Gram-negativi che non ha fornito risultati signifi-

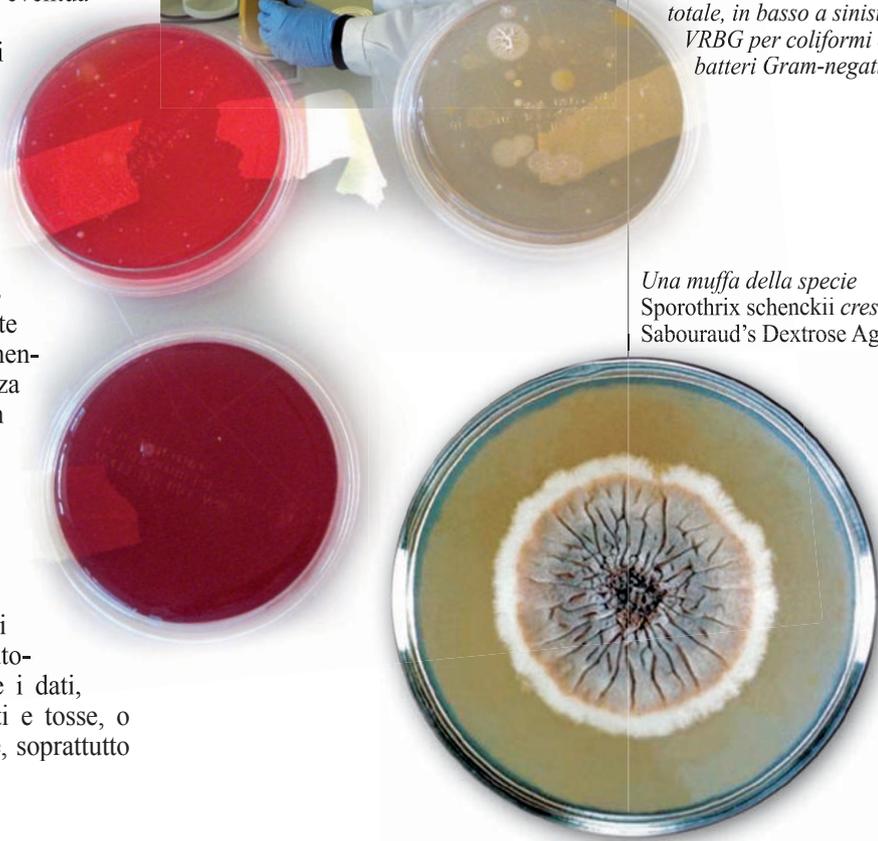


Il campionatore automatico SAS, Surface Air System utilizzato nello studio (PBI International, Milano).



Uno degli allievi partecipanti all'indagine prepara il campionatore inserendo nella testata la contact plate sulla quale impatteranno i batteri che verranno così catturati e formeranno colonie visibili durante l'incubazione del terreno.

Aspetto delle contact plate contenenti tre dei quattro terreni usati per lo studio e di alcune colonie cresciute su di essi. In alto a sinistra MSA per stafilococchi, in alto a destra PCA per la carica batterica totale, in basso a sinistra VRBG per coliformi e altri batteri Gram-negativi.



Una muffa della specie Sporothrix schenckii cresciuta su Sabouraud's Dextrose Agar.

TABELLA RIASSUNTIVA RILEVAMENTO DATI

Punto di campionamento	Data	Area (m ²)	Occup. (unità)	Temp. (°C)	PCA (UFC/m ³)	MSA (UFC/m ³)	VRBG (UFC/m ³)	SDA (UFC/m ³)	Specie identificate
Materna aula 1	18/03/2010	45	16	21,8	980	92	5	490	<i>S. aureus</i> , <i>Bacillus</i> spp., <i>Acinetobacter</i> spp.
Materna aula 2	18/03/2010	45	19	22,1	1905	99	3	300	<i>S. aureus</i> , bacilli Gram-negativi
Materna mensa	18/03/2010	140	79	12,1	945	104	2	420	<i>S. aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , bacilli Gram-negativi
Materna ext.	18/03/2010	---	---	15,1	25	n.d.	n.d.	15	bacilli Gram-negativi
Elementari aula 1	08/04/2010	55	20	19,0	6535*	66	2	295	<i>S. aureus</i> , cocchi Gram-negativi, streptobacilli**
Elementari aula 2	08/04/2010	55	27	19,7	6535*	44	7	115	<i>S. epidermidis</i> , cocchi Gram-negativi
Elementari ext.	08/04/2010	---	---	14,5	155	n.d.	n.d.	165	bacilli Gram-negativi
Medie aula 1	18/03/2010	46	29	23,2	760	28	2	185	<i>S. epidermidis</i> , <i>Acinetobacter</i> spp.
Medie aula 2	18/03/2010	46	26	23,3	1170	66	1	195	<i>S. aureus</i> , <i>Acinetobacter</i> spp.
Medie ext.	18/03/2010	---	---	16,0	35	n.d.	n.d.	5	bacilli Gram-negativi
Superiori aula 1	25/03/2010	45	24	24,0	475	19	0	185	<i>S. epidermidis</i> , <i>Acinetobacter</i> spp.
Superiori aula 2	25/03/2010	47	29	23,8	1230	n.d.	1	310	---
Superiori ext.	25/03/2010	---	---	13,3	90	n.d.	n.d.	15	streptobacilli, bacilli Gram-negativi
Segreteria	25/03/2010	16	4	24,7	170	14	0	60	<i>S. epidermidis</i> , bacilli Gram-negativi
Palestra	25/03/2010	196	29	23,3	2445	137	0	285	<i>S. aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>Acinetobacter</i> spp., bacilli Gram-negativi
Aula magna	25/03/2010	159	0	24,7	390	6	0	65	<i>S. epidermidis</i>
Sala professori	25/03/2010	23	0	24,7	405	19	0	60	<i>S. aureus</i> , bacilli Gram-negativi
Presidenza	08/04/2010	16	1	20,9	155	3	0	40	<i>S. epidermidis</i> , <i>Acinetobacter</i> spp.

*: limite massimo calcolabile con la tab. di correzione della carica batterica in UFC/m³.

** : bacilli Gram-negativi aerobi/anaerobi facoltativi che formano catene.

n.d.: non determinato. UFC: unità formanti colonia. UFT: unità formanti tallo.

I parametri vengono presentati col nome del terreno usato per la coltura dei microrganismi descritti nel testo:

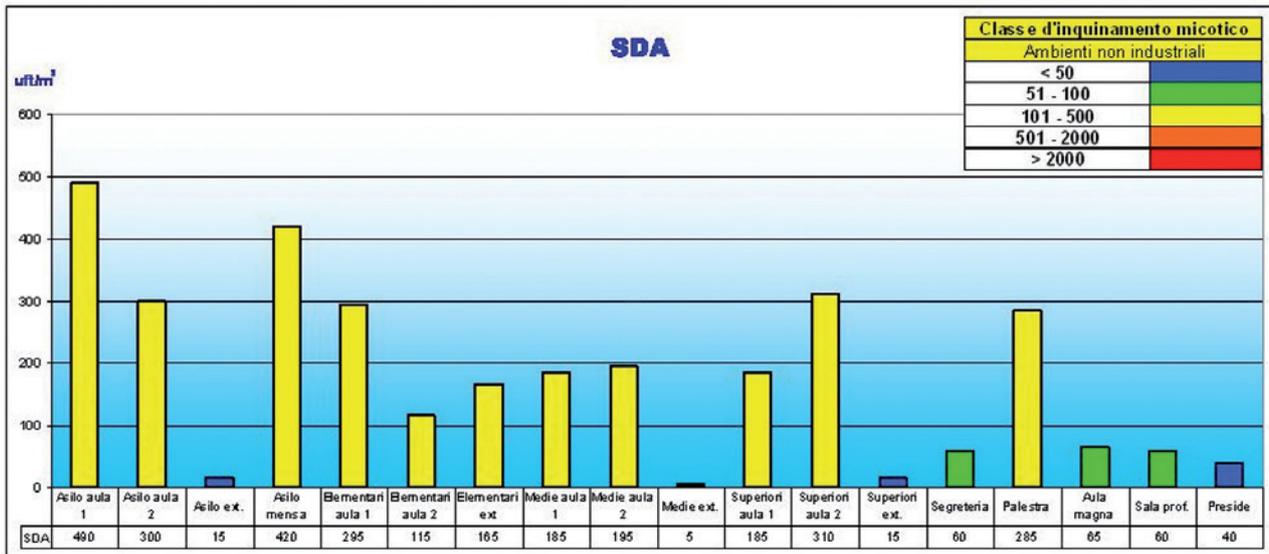
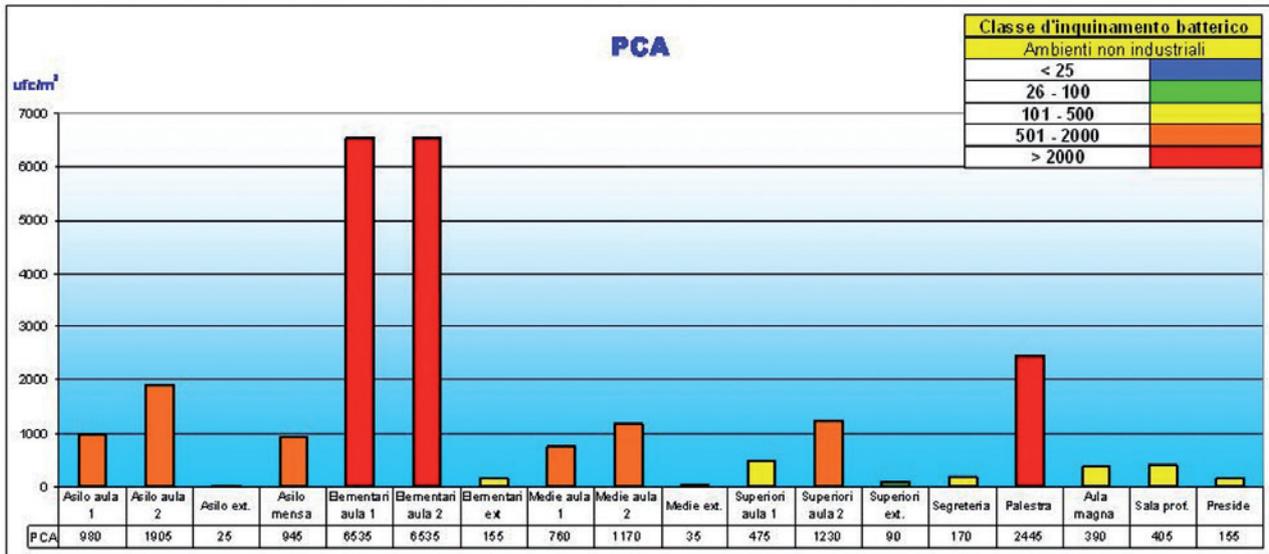
PCA, carica batterica totale; MSA, stafilococchi; VRBG, coliformi e altri batteri Gram-negativi; SDA, carica micotica totale.

Viene riportata anche la superficie del locale, il numero di occupanti e la temperatura all'atto del campionamento.

cativi. Per poter avere un'indicazione sulla possibile presenza di patogeni sarà importante introdurre la conta su PCA a 20 °C e a 37 °C che permette di distinguere tra batteri psicrofili (amanti delle basse temperature, considerati in genere di origine ambientale e innocui) e mesofili (amanti delle temperature intermedie, generalmente di origine animale e umana, maggiormente correlati alla presenza di patogeni). Oltre a continuare la rilevazione di miceti, converrebbe introdurre test biochimici per la loro identificazione e per quella di ulteriori specie batteriche.

In conclusione, il monitoraggio da noi eseguito, seppur con le limitazioni dovute alla prima esperienza, ha offerto interessanti indicazioni sulla qualità dell'aria negli ambienti scolastici, oltre ad aver illustrato il corretto approccio metodologico agli studenti per quanto concerne il campionamento, l'uso degli strumenti e l'analisi.

Marco Crispiatico
Insegnante Tecnico Pratico
di biologia e chimica
Istituto Maria Immacolata
Gorgonzola (MI)



*Il professor Marco Crispiatico assieme agli allievi autori dello studio.
In piedi da sinistra: Daniele Turba, Andrea Mantegazza, Simone Guzzi.*