INAIL

Sicurezza e Benessere nelle scuole

Indagine sulla qualità dell'aria e sull'ergonomia

RISCHI E PREVENZIONE

Edizione 2015

INAIL

Sicurezza e Benessere nelle scuole

Indagine sulla qualità dell'aria e sull'ergonomia

Edizione 2015

Pubblicazione realizzata da

INAIL
Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CONTARP)

Autori
Raffaella Giovinazzo, Emma Incocciati, Francesco Nappi,
Roberto Piccioni, Diego Rughi - *Direzione Generale, CONTARP*

Silvia Amatucci, Federica Cipolloni - *Consulenza Statistico Attuariale*

Francesco De Matteis - *Libero professionista*

Fotografie
Roberto Piccioni, Francesco Nappi, Francesco De Matteis

Per informazioni

Direzione Generale, CONTARP
via Roberto Ferruzzi, 40
00143 Roma
contarp@inail.it
www.inail.it

Edizione maggio 2015

© 2015 INAIL
La pubblicazione viene distribuita gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

ISBN 978-88-7484-449-4

Edito da

INAIL - Servizio Centrale Comunicazione
P.le Giulio Pastore, 6 | 00144 Roma
www.inail.it

Stampato dalla Tipolitografia INAIL - Milano, maggio 2015

Indice

1. Introduzione 5

2. Aspetti legislativi e assicurativi 9

3. Gli Istituti di scuola superiore 17

4. Risultati dei monitoraggi 23
Premessa 23

4.1 Qualità dell'aria 26
4.1.1 Rischio biologico 26
4.1.2 Rischio chimico 40
4.1.3 Rischio radon 53
4.1.4 Microclima 59

4.2 Ergonomia degli ambienti 69
4.2.1 Comfort microclimatico 69
4.2.2 Comfort acustico 74
4.2.3 Comfort degli arredi scolastici 87

5. Interventi di prevenzione 109
5.1 Prevenzione del rischio biologico 109
5.2 Prevenzione del rischio chimico 114
5.3 Prevenzione del rischio radon 118
5.4 Miglioramento del comfort microclimatico 122
5.5 Miglioramento del comfort acustico 125
5.6 Adeguamento degli arredi scolastici 128

6. Strutture e impianti 133
Schede illustrative 135

7. La valutazione degli studenti 167

Bibliografia 191

ALLEGATI

Allegato A: Procedura lavaggio mani 201

Allegato B: Tipologie di vestiario 202

Allegato C: Questionario per gli studenti 204

Allegato D: Risultati dei questionari: dettaglio delle schede 206

1 Introduzione

Premessa

Il settore della scuola rappresenta una realtà particolarmente significativa della società odierna. L'innegabile valore intrinseco dell'educazione, strumento principale per la preparazione dei giovani al loro l'inserimento nella società ed in particolare nel mondo del lavoro, rende necessario fornire agli studenti le risorse più adeguate ed aggiornate ai fini della loro realizzazione sociale.
La popolazione studentesca, riferita ad ogni ordine e grado, rappresenta una percentuale cospicua dell'intero paese; nell'anno 2012 il numero totale degli studenti delle scuole (pubbliche e private), da quelle dell'infanzia a quelle di istruzione secondaria superiore, era pari a 8.961.159 (Fig. 1.1)
Va inoltre considerata la forza lavoro che opera in questo specifico settore che, in riferimento al corpo docente ed escludendo il personale amministrativo, assomma a 765.818 unità per la sola scuola pubblica (Fig. 1.2).

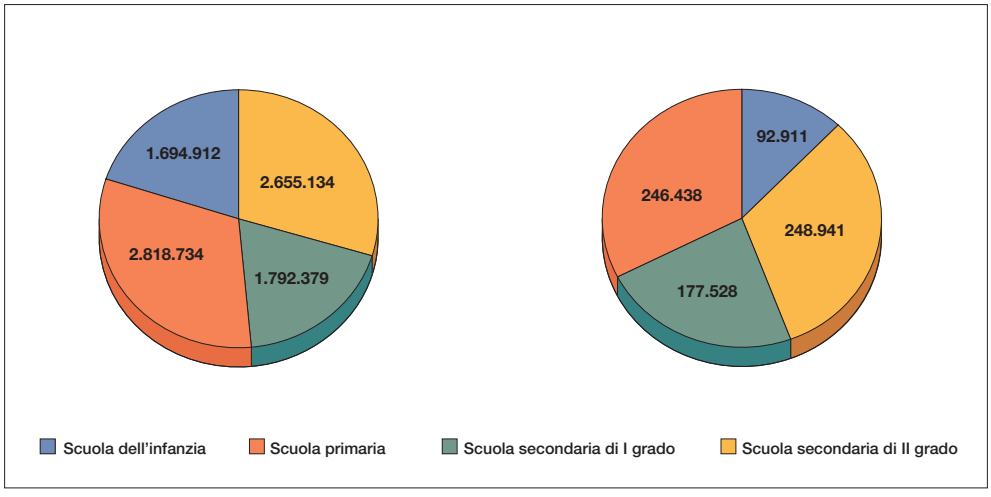


Figura 1.1 - *Totale studenti scuola pubblica e privata Anno 2012 - Dati Istat*

Figura 1.2 - *Totale insegnanti scuola pubblica Anno 2012 - Dati Istat*

Gli aspetti connessi all'igiene e alla sicurezza sul lavoro assumono rilevanza anche in ambito scolastico. In primo luogo va sottolineata l'importanza di formare su questa specifica disciplina una popolazione scolastica particolarmente numerosa: preparare gli studenti, ovvero i lavoratori del domani, ad affrontare tali aspetti rappresenta un sicuro investimento sul futuro e quindi un efficace strumento di prevenzione. La promozione della salute e sicurezza sui luoghi di lavoro implica, inoltre, l'adozione di comportamenti consapevoli della rischiosità degli ambienti di lavoro e, in tale contesto, la cultura della prevenzione va sviluppata a partire da conoscenze e comportamenti virtuosi che devono essere acquisiti già in età scolare.
Particolare attenzione va poi rivolta alle caratteristiche strutturali degli edifici scolastici, che rappresentano una parte rilevante del patrimonio immobiliare nazionale, non sempre rispondenti o adeguabili alle attuali norme sulla sicurezza. Oltre a dover rispondere ai requisiti di sicurezza previsti per legge, gli ambienti scolastici devono garantire ulteriori requisiti di comfort, necessari per rendere quanto più possibile efficaci le attività di insegnamento e di apprendimento.
Per queste considerazioni preliminari il primo livello di formazione sui temi della sicurezza, quello di più facile accesso per gli studenti, è rappresentato dalla conoscenza diretta dei rischi relativi al proprio ambiente scolastico. Tale bisogno formativo va ad aggiungersi a quello sancito dal D.Lgs. 81/2008, a beneficio dei lavoratori e delle figure professionali direttamente coinvolte nelle attività del Servizio di Prevenzione e Protezione (SPP) aziendale.
Proprio riguardo lo stato delle conoscenze sui rischi negli ambienti scolastici, va sottolineato che i dati sulle condizioni di igiene e sicurezza, disponibili a livello nazionale, risultano piuttosto scarsi; inoltre limitati sono gli studi e le indagini realizzati negli ultimi anni in questo settore. Non esiste al momento un quadro esaustivo che possa descrivere la situazione nella sua globalità.
Uno dei motivi alla base di tale carenza può essere collegato anche al fatto che l'INAIL assicura solo *"gli insegnanti e gli alunni delle scuole o istituti di istruzione di qualsiasi ordine e grado, anche privati, che attendano ad esperienze tecnico-scientifiche od esercitazioni pratiche o che svolgano esercitazioni di lavoro..".* Pertanto non vi sono riscontri adeguati sulle malattie e sugli infortuni verificatisi in ambito scolastico, né tantomeno sulla loro eziopatogenesi. Questa scarsa conoscenza non consente quindi la pianificazione e l'adozione di interventi di tipo preventivo per eliminare o quantomeno ridurre la casistica connessa ai suddetti fenomeni.
Alla luce di quanto sopra è evidente l'importanza di accrescere le conoscenze sui rischi presenti negli ambienti scolastici, al fine di avere un quadro globale il più esauriente possibile. Ciò rappresenta il passaggio propedeutico alla realizzazione di un'efficace attività di prevenzione che dovrà tener conto della priorità degli interventi da attuare e delle risorse economiche disponibili.

Il Progetto

Per rispondere adeguatamente alle istanze sopra descritte, il Ministero della Pubblica Istruzione (MPI) ha siglato con l'INAIL, nel 2007, un protocollo d'intesa, finalizzato a promuovere "…*iniziative di orientamento professionale e tecnico-scientifico, in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro, rivolte agli studenti delle Scuole Secondarie Superiori".*
In questo contesto nasce il progetto "Sicurezza e benessere nelle scuole" sviluppato dalla ConTARP e dalla CSA dell'INAIL, la cui realizzazione è stata condivisa dall'allora Ministero della Pubblica Istruzione, che ha provveduto a segnalare alcuni Istituti di Scuola Superiore Secondaria di 2° grado del Comune di Roma disponibili a collaborare al progetto. L'attività prevista dal progetto ha focalizzato l'attenzione su due obiettivi principali: *accrescere* lo stato delle conoscenze sui rischi negli ambienti scolastici, *informare e formare* la popolazione scolastica (studenti, personale docente e amministrativo) sulle tematiche relative alla sicurezza, con particolare riferimento alla loro realtà lavorativa. Per raggiungere i suddetti obiettivi lo studio è stato articolato in tre fasi principali:

1) acquisizione di tutti i dati necessari al corretto inquadramento dell'Istituto Scolastico sul territorio, quali la posizione geografica (*centri più o meno abitati, vicinanza di attività industriali, ecc.*), le caratteristiche fisiche delle strutture scolastiche (*materiali da costruzione, impianti, ecc*.), la collocazione e la tipologia di attività didattica svolta nei diversi ambienti (*aule, laboratori, palestre, ecc*.). Quanto sopra ha costituito il passo propedeutico necessario alla programmazione dei successivi monitoraggi ambientali. Un punto saliente e importante di questa prima fase conoscitiva è rappresentato dall'indagine del livello di percezione delle problematiche relative alla sicurezza ed al comfort dell'ambiente da parte degli studenti. Ciò chiaramente è necessario anche per ottimizzare i successivi interventi formativi. A tale scopo si è provveduto alla distribuzione agli studenti di questionari predisposti per le finalità prima descritte;
2) monitoraggio dei principali fattori di rischio/disagio (*agenti biologici, agenti chimici, microclima, rumore, ergonomia degli arredi, radioattività naturale - radon*), in ambienti "campione" appositamente selezionati, tenendo conto della variabilità dell'andamento stagionale. Inoltre, grazie alla collaborazione dei RSPP di alcuni istituti scolastici, sono state censite alcune situazioni particolarmente critiche relative alle strutture e gli impianti, per un campione più ampio di scuole di Roma e Provincia.
3) realizzazione di "report" sui monitoraggi effettuati, consegnati ai Dirigenti Scolastici, a cui sono seguiti alcuni incontri didattici con gli studenti, nel

corso dei quali sono stati illustrati gli aspetti teorici e pratici della valutazione dei rischi oggetto dell'indagine.

La seconda fase dello studio, particolarmente impegnativa e temporalmente più estesa, ha preso in esame alcuni degli agenti di rischio e dei fattori di disagio presenti negli ambienti scolastici. In particolare sono stati indagati fattori di tipo chimico, fisico e biologico, per caratterizzare la qualità dell'aria *indoor e* analizzare gli aspetti di tipo ergonomico (*comfort acustico, microclima, illuminamento, posture ecc*.). Infine è stato valutato il rischio legato alla presenza di gas radon all'interno degli edifici: questo è un fenomeno particolarmente significativo nel territorio del Lazio, regione nella quale sono localizzate le scuole oggetto del presente studio.
Le modalità di svolgimento delle attività di misurazione e analisi dei rischi sono ovviamente legate alle caratteristiche di ogni plesso scolastico. Per ciascuno degli edifici individuati si è proceduto a un sopralluogo conoscitivo preliminare per selezionare gli ambienti più rappresentativi della realtà in esame da sottoporre a monitoraggio; in tal senso l'indagine ha inteso mettere in evidenza in modo puntuale le criticità relative ai fattori di rischio indagati.

Risorse umane e strumentali

La realizzazione del progetto ha previsto la partecipazione di professionisti INAIL e di un RSPP, libero professionista, specializzati nelle aree tematiche di interesse, connesse alle diverse tipologie di rischio oggetto dei monitoraggi. Il dettaglio delle attività è riportato nella sezione successiva (cfr. *Programma delle attività di monitoraggio*) relativa ai singoli agenti di rischio investigati.

2 Aspetti legislativi e assicurativi in tema di Sicurezza e Salute nelle scuole

2.1 La legislazione

Gli aspetti legati ai requisiti di sicurezza e comfort degli ambienti scolastici sono regolamentati da un discreto numero di leggi emanate nel corso degli anni; di seguito ne viene fornito un elenco, evidenziando i punti salienti di ognuna.

Circolare ministeriale N. 1769 del 30 aprile 1966:
"Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie"

La Circolare definisce i parametri da misurare e verificare, affinché gli edifici abbiano adeguati requisiti di isolamento acustico; in particolare si riferisce a:

- isolamento acustico per via aerea di pareti divisorie interne e fra determinati ambienti;
- isolamento acustico per via aerea di solai;
- isolamento acustico per via aerea di pareti esterne;
- livello di rumore di calpestio di solai;
- rumorosità provocata da servizi e da impianti fissi;
- rumorosità provocata da agenti atmosferici;
- coefficiente di assorbimento acustico;
- tempo di riverberazione.

Per ognuno dei suddetti parametri viene specificata la metodologia di misura e la modalità di presentazione dei risultati.

Circolare ministeriale del 22 maggio 1967:
"Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici"

Vengono indicati i valori di riferimento per alcuni parametri relativi ai requisiti

acustici degli ambienti scolastici; in particolare si danno indicazioni relativamente al potere fonoisolante, al rumore da calpestio ed al tempo di riverbero; i valori sono differenziati a seconda della destinazione d'uso dell'ambiente (aula, palestra ecc.).

D.M. 18 dicembre1975:
"Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica"

Questo decreto rappresenta il riferimento principale per quanto riguarda i requisiti essenziali degli edifici scolastici. Esso descrive, per i vari tipi di scuole di diverso ordine e grado, i criteri a cui ci si deve attenere in merito a:

- localizzazione della scuola;
- dimensioni della scuola;
- caratteristiche generali ed ampiezza dell'area;
- caratteristiche generali dell'opera.
- caratteristiche degli spazi relativi all'unità pedagogica (dimensioni delle aule, superficie per studente etc…) (per le scuole superiori secondarie di 2° grado lo spazio per alunno deve essere pari a 1,96 mq)
- caratteristiche degli spazi adibiti all'insegnamento specializzato;
- caratteristiche degli spazi adibiti a laboratori e officine;
- caratteristiche degli spazi adibiti alla comunicazione, all'informazione e alle attività parascolastiche e integrative (auditorium, biblioteche ecc.);
- caratteristiche degli spazi adibiti all'educazione fisica e sportiva e per il servizio sanitario,
- caratteristiche degli spazi adibiti a mensa;
- caratteristiche degli spazi per l'amministrazione;
- caratteristiche degli spazi adibiti a servizi igienico-sanitari e spogliatoi;
- norme relative all'arredamento ed alle attrezzature;
- norme relative alle condizioni di abitabilità..

Quest'ultimo punto è quello di maggior interesse, in quanto richiama alcune delle tematiche studiate dal progetto; in particolare si danno indicazioni relative a:

- condizioni acustiche;
- condizioni dell'illuminazione e del calore;
- condizioni termo igrometriche e purezza dell'aria;
- condizioni di sicurezza (statica delle costruzioni, difesa dagli agenti atmosferici esterni, dagli incendi, dai terremoti, ecc.).

Di seguito si analizzano nel dettaglio i fattori sopra menzionati.

Condizioni acustiche
Innanzitutto si richiamano i criteri generali, i metodi di misura e i criteri di valutazione dei risultati, di cui alla Circolare n.1769 del 30 aprile 1966. Devono essere verificati e misurati i seguenti parametri:

- il potere fonoisolante di strutture verticali, orizzontali, divisorie, ed esterne, di infissi verso l'esterno, di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno;
- l'isolamento acustico contro i rumori trasmessi per via aerea tra spazi adiacenti e sovrapposti ad uso didattico e nei locali comuni;
- il livello di rumore di calpestio normalizzato di solaio;
- il livello di rumore di calpestio tra due spazi sovrapposti;
- la rumorosità dei servizi e degli impianti fissi;
- il coefficiente di assorbimento dei materiali isolanti acustici.

I requisiti di accettabilità da determinare con misure di laboratorio sono illustrati nella tabella 2.1. Il coefficiente di assorbimento deve essere misurato in camera riverberante e suono diffuso alle frequenze di 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz. Ne consegue che le grandezze da sottoporre a misura in opera sono:

- l'isolamento acustico per via aerea fra ambienti ad uso didattico adiacenti e sovrastanti;
- il livello di rumore di calpestio tra due spazi sovrapposti con la macchina normalizzata generatrice di calpestio;
- la rumorosità provocata da servizi ed impianti fissi;
- il tempo di riverberazione.

Tabella 2.1 - *Requisiti acustici delle aule scolastiche*

potere fonoisolante di strutture divisorie interne verticali ed, eventualmente, orizzontali:	I = 40 dB
potere fonoisolante di infissi verso l'esterno:	I = 25 dB
potere fonoisolante di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno:	I = 20 dB
livello di rumore di calpestio normalizzato di solai:	I = 68 dB
potere isolante di chiusure esterne opache:	superiore di 10 dB a quello degli infissi esterni

Inoltre si stabilisce che la rumorosità dei servizi, determinata dal massimo livello (A) misurato, non dovrà superare i limiti ripotati nella tabella 2.2:

Tabella 2.2 - *Limiti di rumorosità dei servizi*

servizi a funzionamento discontinuo:	A = 50 dB(A)
servizi a funzionamento continuo:	A = 40 dB(A)

I valori ottimali dei tempi di riverberazione vanno determinati in funzione del volume dell'ambiente e riferiti alle frequenze 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz.

Condizioni dell'illuminazione e del calore
L'illuminazione deve avere i seguenti requisiti:

- livello adeguato;
- equilibrio delle luminanze;
- protezione dai fenomeni di abbagliamento;
- prevalenza della componente diretta su quella diffusa, soprattutto nel caso di illuminazione artificiale.

I valori minimi dei livelli di illuminamento naturale ed artificiale sono esposti nella seguente tabella 2.3. Tale sezione fornisce indicazioni sulle caratteristiche degli elementi costruttivi costituenti gli ambienti scolastici, che hanno influenza sulle condizioni termo igrometriche e sulla qualità dell'aria (trasmittanza, tenuta pneumatica, tenuta alla pioggia, ecc.).

Tabella 2.3 - *Illuminamento sul piano di lavoro (Lux)*

sul piano di lavoro negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo ecc.:	300
sulle lavagne e sui cartelloni:	300
sul piano di lavoro negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori, negli uffici:	200
negli spazi per riunioni, per ginnastica ecc. misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento:	100
nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento:	100

Decreto ministeriale 26 agosto 1992:
Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica

Le norme definiscono i criteri di sicurezza antincendi da applicare negli edifici e nei locali adibiti a scuole, di qualsiasi tipo, ordine e grado, allo scopo di tutelare l'incolumità delle persone e salvaguardare i beni contro il rischio di incendio. La variabile principale è il grado di affollamento dell'edificio, che determina necessità ed adempimenti diversi.

Legge 11 gennaio 1996 n.23: Norme per l'edilizia scolastica

La Legge fornisce indicazioni in merito alla gestione e conservazione del patrimonio immobiliare rappresentato dagli edifici scolastici.

Circolare ministeriale Ministero della Pubblica Istruzione del 29/04/1999 n.119
Decreto legislativo 626/1994 e successive modifiche ed integrazioni
D.M. n. 382/1998: sicurezza nei luoghi di lavoro-Indicazioni attuative

La Circolare fornisce direttive in merito alla trasposizione dei principi cardine del D.Lgs. 626/94 (attualmente sostituito dal D.Lgs. 81/08 e s.m.i.) nelle scuole, nonché in riferimento all'organizzazione, ruoli e responsabilità del Servizio di Prevenzione e Protezione.

Circolare ministeriale Ministero della Pubblica Istruzione del 19/04/2000 N.122
Decreto legislativo 626/94 e successive modifiche ed integrazioni - Sicurezza nelle scuole

La Circolare sollecita e promuove l'attivazione di percorsi formativi ed altre iniziative simili per implementare la cultura della sicurezza tra gli studenti e tra gli operatori scolastici.

Decreto Lgs. 9 aprile 2008 n. 81: Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro

Il Decreto ha abrogato e sostituito il precedente D.Lgs. 626/94. Esso compendia tutti gli aspetti e le tematiche relative alla sicurezza dei luoghi di lavoro.
Pertanto riguarda anche gli ambienti scolastici (Articolo 3, comma 1).
Esso contiene inoltre dei riferimenti specifici che riguardano le scuole, in merito all'attività formativa; in particolare all'Articolo 9, comma 2, lettera

f si evidenzia che l'INAIL è tra gli enti preposti alla "promozione e divulgazione, della cultura della salute e della sicurezza del lavoro nei percorsi formativi scolastici, universitari e delle istituzioni dell'alta formazione artistica, musicale e coreutica, previa stipula di apposite convenzioni con le istituzioni.

2.2 La tutela assicurativa Inail

L'INAIL tutela gli studenti delle scuole o istituti di istruzione di ogni ordine e grado, anche private[1], se impegnati nello svolgimento di esperienze tecnico-scientifiche ed esercitazioni pratiche che comprendono anche le lezioni di alfabetizzazione informatica e di lingua straniera, svolte con l'ausilio di macchine elettriche. In base all'annuario 2013 dell'ISTAT, gli studenti delle scuole dell'infanzia, primarie e secondarie di primo e secondo grado sono quasi 9 milioni. Nel quinquennio 2009-2013 è pervenuta all' INAIL una media di oltre 93mila denunce di infortunio all'anno, delle quali oltre la metà (56%) presentate nel nord del Paese (Tabella 2.2.1). Il 57% degli eventi denunciati riguarda persone di sesso maschile, di età media pari a 13 anni.

Tabella 2.2.1 - *Denunce di infortunio avvenuti nelle scuole ripartite per area geografica*

Area geografica	Denunce (%)
Nord	**56**
Nord-ovest	*32*
Nord-est	*24*
Centro	**17**
Sud	**19**
Isole	**8**

1 Art. 4 del T.U 1124/1965, comma 5 - "gli insegnanti e gli alunni delle scuole o istituti di istruzione di qualsiasi ordine e grado, anche privati, che attendano ad esperienze tecnico-scientifiche od esercitazioni pratiche, o che svolgano esercitazioni di lavoro; gli istruttori e gli allievi dei corsi di qualificazione o riqualificazione professionale o di addestramento professionale anche aziendali, o dei cantieri scuola, comunque istituiti o gestiti, nonché i preparatori, gli inservienti e gli addetti alle esperienze ed esercitazioni tecnico-pratiche o di lavoro".

Tra i casi definiti positivamente dall' INAIL, le sedi anatomiche maggiormente coinvolte sono gli arti superiori (48%) e quelli inferiori (36%). La testa infine è interessata nel 9% degli eventi, La quasi totalità delle lesioni è riconducibile a una delle seguenti nature: lussazione (42%), contusione (30%) o frattura (22%). (Tabella 2.2.2)
Infine per quanto riguarda le cause e le circostanze che determinano l'infortunio, codificate con il termine "Deviazione", considerando i soli casi definiti positivamente, il 47% è riconducibile a "Movimenti del corpo con o senza sforzo fisico" (tra questi il *53%* riguarda eventi causati da "Movimenti scoordinati"), il 22% a "Caduta di persone" (*il 75% riguarda "Cadute sullo stesso livello"*), l'11% a "Perdita di controllo", totale o parziale di una macchina/mezzo di trasporto/attrezzatura per la movimentazione (nell'85% dei casi si tratta di attività in cui si spostano, portano o movimentano oggetti. (Tabella 2.2.3)

Tabella 2.2.2 - *Riconoscimenti di infortuni suddivisi per sede e natura della lesione*

Principali sedi della lesione		distretto	
Arti superiori	48%	*di cui alle mani*	*68%*
Arti inferiori	36%	*di cui alla caviglia*	*52%*
Testa	9%	*di cui al volto*	*54%*
Altra o indeterminata	7%		

Principale natura della lesione	
Lussazione	42%
Contusione	30%
Frattura	22%
Altra	6%

Tabella 2.2.3 - *Riconoscimenti di infortuni suddivisi per deviazione*

Deviazione			
Movimenti del corpo con o senza sforzo fisico	47%	*dovuti a movimenti scoordinati*	*53%*
Caduta di persona	22%	*dovuti a caduta sullo stesso livello*	*75%*
Perdita di controllo totale o parziale	11%	*dovuti a oggetto spostato/portato*	*85%*
Altra o indeterminata	20%		

3 Istituti di scuola superiore monitorati e strategia di indagine

3.1 Tipologia di Istituti scolastici

Per la realizzazione del progetto *"Sicurezza e benessere nelle scuole"* il Ministero della Pubblica Istruzione (MPI) ha segnalato gli Istituti di Scuola Superiore disponibili a collaborare alla realizzazione delle attività previste nelle varie fasi in cui lo stesso si articola. I monitoraggi ambientali hanno riguardato nove plessi scolastici, di cui otto ubicati nel tessuto urbano della città di Roma e uno situato in un comune in provincia di Viterbo[2]. Prima di procedere alla fase di misura dei vari agenti di rischio, è stato distribuito a circa 800 studenti (appartenenti a quattro Istituti) un questionario per rilevare la loro percezione sulla qualità degli ambienti.
Di seguito viene data una sintetica descrizione delle caratteristiche di ciascun istituto scolastico all'interno del quale sono state eseguite una o più sessioni di misura degli agenti di rischio.

Istituti A e B - Istituto Statale di Istruzione Superiore Secondaria di 2° grado

Indirizzi di studio	**Liceo Classico e Istituto Professionale Tecnico dell'impresa turistica Tecnico per i servizi commerciali Odontotecnico**
Popolazione scolastica	436 studenti
Classi	20
Ubicazione	Zona periferica di un Comune in provincia di Viterbo, con traffico molto limitato; nelle vicinanze vi è una cantiere edile, che rappresenta una fonte di inquinamento acustico non trascurabile
Note	L'edificio, a forma di "L", è articolato in: - *un piano terra, dove si svolgono attività di segreteria e didattiche, sia nelle aule che in laboratorio (informatica); il piano ospita gli indirizzi professionali;* - *primo piano, in cui sono ubicate le aule e altri laboratori (linguistico, informatico), oltre la sala professori; il piano ospita il liceo classico.*

2 Per quanto riguarda gli aspetti legati alle condizioni di sicurezza di strutture e impianti ci si è avvalsi delle osservazioni fornite da un RSPP relative a circa cento Istituti di Scuola Superiore di Roma e Provincia.

Istituto C - Istituto Tecnico Commerciale

Indirizzi di studio	Ragionieri Programmatori
Popolazione scolastica	381 studenti (indice di affollamento medio pari a 2,16 m²/studente; 63,2% delle aule a norma)
Classi	19
Ubicazione	quartiere semiperiferico di Roma, in una zona a traffico non molto intenso; è circondata da un'area verde con presenza di molti alberi
Note	L'edificio, a pianta sub-rettangolare, è articolato in: - *un piano seminterrato, che ospita locali accessori e di ausilio all'attività scolastica (centrale termica, archivio, abitazione custode ecc.);* - *un piano rialzato, dove si svolgono attività di segreteria e didattiche (laboratorio audiovisivi);* - *tre piani in cui sono ubicate le aule e altri laboratori (linguistico, informatico);* - *quarto piano, nel quale sono ubicati locali di servizio*

Istituto D - Istituto Tecnico per Geometri

Indirizzi di studio	Geometri
Popolazione scolastica	189 studenti (indice di affollamento medio pari a 2,39 m2/studente; 100% delle aule a norma)
Classi	9
Ubicazione	La struttura sorge a breve distanza dall'Istituto C
Note	L'edificio ha una pianta a forma di "L" ed è articolato in: - *piano seminterrato, dove sono ubicati i laboratori per lo svolgimento delle attività scientifiche;* - *un piano terra, nel quale sono presenti sia le aule che gli uffici amministrativi;* - *un piano superiore, nel quale sono collocate le aule destinate alla didattica;* - *le palestre, distribuite su due piani, sono ubicate in un edificio a sé stante.*

Istituto E - Istituto Statale di Istruzione Superiore Secondaria di 2° grado

Indirizzi di studio	**Tecnico chimico biologico** **Tecnico dell'abbigliamento e della moda.** **Tecnico dell'impresa turistica**
Popolazione scolastica	293 studenti (indice di affollamento medio pari a 1,83 m^2/studente; 33% delle aule a norma)
Classi	15
Ubicazione	La struttura sorge in un quartiere periferico di Roma, in una zona a traffico non molto intenso; è circondata da un'area verde con presenza di molti alberi
Note	*Il plesso scolastico è suddiviso in 6 corpi di fabbrica (padiglioni) collegati tra loro da corridoi, così organizzati:* - *il primo edificio è costituito da un piano rialzato, dove sono ubicati gli uffici e alcuni laboratori (piano seminterrato);* - *il secondo ospita parte dei laboratori e la palestra;* - *i restanti quattro edifici sono strutturati su due livelli ed ospitano prevalentemente le aule per la didattica.*

Istituto F - Istituto Professionale di Stato per i Servizi Alberghieri e della Ristorazione

Indirizzi di studio	**Tecnico dei Servizi Ristorativi** **Tecnico dei Servizi Turistici**
Popolazione scolastica	245 studenti
Classi	14
Ubicazione	La struttura sorge in un quartiere periferico di Roma, in una zona a traffico piuttosto intenso; l'area è circondata da una zona verde con molti alberi
Note	*Il plesso scolastico ha una pianta sviluppata in lunghezza con un corpo centrale e due ali laterali; esso si sviluppa su 3 piani e in particolare:* - *il piano seminterrato ospita 2 laboratori di cucina (con annesso refettorio) ed un laboratorio di pasticceria, oltre ad alcuni locali di servizio;* - *-il piano rialzato è occupato dalla presidenza, dagli uffici di segreteria, dalla sala docenti, da alcuni laboratori (linguistico e informatico) e da alcune aule; su questo piano è presente anche il locale bar;* - *il primo piano, che ospita la maggioranza delle aule per la didattica.*

Istituto G - Istituto Statale di Istruzione Superiore Secondaria di 2° grado

Indirizzi di studio	Liceo scientifico
Popolazione scolastica	555 studenti (indice di affollamento medio pari a 2,05 mq/studente; 80% delle aule a norma)
Classi	21
Ubicazione	La struttura sorge in un quartiere centrale di Roma, in una zona a traffico piuttosto intenso
Note	*Il plesso scolastico ha una pianta rettangolare e si sviluppa su 5 piani. In particolare:* - *il piano seminterrato ospita la palestra, l'aula magna ed alcuni laboratori (scienze, fisica ed informatica);* - *il piano terra è occupato dalla presidenza, gli uffici di segreteria, la sala professori e la biblioteca;* - *i piani dal primo al terzo ospitano esclusivamente le aule per la didattica.*

Istituto H - Istituto Statale di Istruzione Superiore Secondaria di 2° grado

Indirizzi di studio	Liceo scientifico
Popolazione scolastica	594 studenti (indice di affollamento medio pari a 1,81 mq/studente; 35% delle aule a norma)
Classi	23
Ubicazione	La struttura sorge in un quartiere centrale di Roma, in una zona a traffico piuttosto intenso
Note	*L'edificio ha una pianta sub-rettangolare e si sviluppa su 4 piani. In particolare:* - *il piano terra, dove sono ubicati la portineria, una palestra coperta ed alcuni locali di servizio;* - *il primo piano, che ospita gli uffici amministrativi, la sala professori, il laboratorio chimico, la sala per le proiezioni, e alcune aule; su questo piano vi è un cortile all'aperto, adibito a palestra;* - *il secondo ed il terzo piano sono occupati esclusivamente dalle aule per la didattica.*

Istituto I - Istituto Statale di Istruzione Superiore Secondaria di 2° grado

Indirizzi di studio	Liceo scientifico
Popolazione scolastica	271 studenti (indice di affollamento medio pari a 1,73 mq/studente; 42,9% delle aule a norma)
Classi	12
Ubicazione	La struttura sorge in un quartiere centrale di Roma, in una zona a traffico piuttosto intenso.
Note	*Il plesso scolastico ha una pianta quadrata e si sviluppa su 5 piani. In particolare:* - *il piano seminterrato è occupato solo da locali di servizio;* - *il piano rialzato ospita la portineria, la sala professori, la biblioteca e n. 2 aule;* - *il primo ed il secondo piano sono occupati dalle aule per la didattica;* - *il terzo piano ospita alcuni laboratori (fisica, lingue, multimediale).*

Istituto L - Istituto Statale di Istruzione Superiore Secondaria di 2° grado

Indirizzi di studio	Liceo scientifico
Popolazione scolastica	606 studenti (indice di affollamento medio pari a 2,20 mq/studente; 66,7% delle aule a norma)
Classi	26
Ubicazione	La struttura sorge in un quartiere centrale di Roma, in una zona a traffico moderato.
Note	*Il plesso scolastico ha una pianta sviluppata su tre ali, tutte di forma sub-rettangolare; esso è costituito da 4 piani e in particolare:* - *al piano seminterrato è alloggiato l'archivio;* - *il piano terra ospita le segreterie, la biblioteca, l'aula magna, la palestra ed alcune aule;* - *il primo piano ospita esclusivamente aule per la didattica;* - *il secondo piano ospita alcuni laboratori e le aule per la didattica.*

3.2 Strategia di indagine

Per rappresentare in maniera significativa ed adeguata le reali condizioni relative alla sicurezza e al benessere negli istituti indagati, sono stati effettuati sopralluoghi preliminari per esaminare e selezionare gli ambienti nei quali eseguire i monitoraggi ambientali, tenendo conto delle indicazioni fornite dal personale scolastico. A tale scopo sono stati valutati i seguenti requisiti:

1. destinazione d'uso dei locali;
2. dimensione;
3. attrezzature e macchinari presenti;
4. indice di affollamento;
5. posizione geografica e contesto urbanistico dell'area circostante l'istituto (*esposizione al sole, intensità del traffico veicolare, presenza di aree verdi, ecc*.).

Nella selezione degli ambienti da monitorare, si è tenuto conto in particolare di quelli che, in termini di fattori di rischio ed ergonomici, mostravano particolari criticità. Considerando inoltre la possibile influenza della variazione stagionale del clima sul benessere termico e sull'andamento di alcuni fattori di rischio (biologici e chimici), ciascun locale è stato oggetto di una sessione di misura nel periodo "freddo" (*gennaio/febbraio/marzo*) e di una effettuata nel periodo "caldo" (*maggio/settembre*).
Tutte le misurazioni sono state effettuate durante le normali condizioni di utilizzo dei diversi ambienti, ossia in presenza del personale amministrativo nel caso degli uffici, e in presenza di professori e studenti, durante il normale svolgimento delle lezioni, nel caso delle aule e dei laboratori.

4 Risultati dei monitoraggi

Premessa

L'ambiente scolastico costituisce una realtà lavorativa piuttosto complessa: si tratta di una struttura "comunitaria" compresa tra i c.d. *ambienti indoor*[3], che accoglie un numero consistente di persone (*personale docente e non docente, studenti*) per le quali la valutazione dell'esposizione ai relativi rischi per la salute è piuttosto articolata. Infatti, negli edifici scolastici sono presenti ambienti con destinazioni d'uso differenti, quali aule, uffici, laboratori didattici, biblioteche, palestre, servizi igienici, mense, etc., ciascuno dei quali può presentare sorgenti di inquinamento e condizioni microclimatiche particolari. Inoltre, nella valutazione complessiva degli effetti sulla salute si deve tenere conto del contributo derivante dall'esposizione agli agenti di rischio negli altri ambienti *indoor* (abitazioni private) e nell'*outdoor* (ambiente esterno) frequentati dalla popolazione scolastica. Ciò è tanto più importante se consideriamo che gli studenti, per la loro età e lo stato fisiologico, sono molto più suscettibili agli effetti degli inquinanti rispetto agli adulti. In fase di valutazione dei rischi, pertanto, i pericoli devono essere analizzati tenendo conto delle caratteristiche della popolazione esposta, del tempo di permanenza nell'edificio, dell'eventuale presenza di soggetti atopici, asmatici, allergici o affetti da altra patologia che influisce sullo stato immunitario.
Nel presente studio, oltre alle principali fonti di rischio che generalmente si riscontrano negli ambienti di lavoro, sono state approfondite alcune tematiche specifiche delle scuole, con particolare attenzione agli aspetti legati al *comfort*, in genere poco considerate nei documenti di valutazione dei rischi. Inoltre, per ciò che riguarda tutti gli aspetti relativi alle strutture, all'impiantistica e ai presidi antincendio, questi sono stati indagati mediante un'attenta osservazione condotta su un campione di circa 100 scuole di Roma e Pro-

3 "Ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali … ed in particolare quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto". …. Il termine "ambiente indoor" comprende: le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, etc.), i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.) ed infine i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.). Da: *Accordo 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", 2001.*

vincia; per rappresentare questa sezione del progetto ci si è avvalsi di schede riassuntive, nelle quali sono riportate le valutazioni di tipo qualitativo relative alle differenti problematiche, con l'indicazione delle misure di prevenzione e protezione da adottare caso per caso.
L'insieme dei dati raccolti mediante le misurazioni e i risultati della loro valutazione sono stati suddivisi in due macrocategorie. La prima, relativa alla **Qualità dell'aria (IAQ),** è trattata nel paragrafo 4.1 mente quella relativa all'**Ergonomia degli ambienti,** è condensata nel paragrafo 4.2.

IAQ nelle scuole
Nonostante la scuola rappresenti l'ambiente in cui la popolazione giovanile trascorre la maggior parte del suo tempo, attualmente le conoscenze sulla IAQ (*Indoor Air Quality*) degli edifici scolastici e le possibili implicazioni sulla salute degli occupanti sono ancora limitate. Gli studi epidemiologici condotti a livello internazionale[4] evidenziano, comunque, la stretta relazione tra esposizione ad inquinanti indoor in ambienti confinati e comparsa di sintomi respiratori ed allergici nell'infanzia, determinando una compromissione significativa della qualità della vita degli studenti e della loro *performance* scolastica. È stato anche dimostrato che nelle scuole la IAQ, unitamente alla presenza di condizioni di discomfort termico (microclima), rumore disturbante, illuminamento inadeguato e odori sgradevoli legati all'inquinamento circostante, ecc., influisce sulle prestazioni dei docenti e sui livelli di attenzione e di apprendimento degli studenti. Nel documento "*La qualità dell'aria nelle scuole e rischi per malattie respiratorie e allergiche. Quadro conoscitivo sulla situazione italiana e strategie di prevenzione*" elaborato dal Gruppo di lavoro Gard-I n.1[5] e pubblicato in Italia nel gennaio del 2013, si evidenzia quanto segue:

- *in Italia i ragazzi trascorrono negli edifici scolastici dalle 4 alle 8 ore al giorno, per almeno 10 anni della loro vita;*

4 Si citano, ad esempio: *International Study of Asthma and Allergies in Childhood*, ISAAC e gli Studi Italiani sui Disturbi Respiratori dell'Infanzia e l'Ambiente, SIDRIA, 1994-5 e 2002; il progetto *Health Effects of School Environment*, HESE 2004-5; il progetto di Ricerca *School Environment And Respiratory Health of Children*, SEARCH, 2005-9; gli studi del GARD-ITALY, 2013 e dell'*European Federation of Asthma and Allergy Associations*, EFA, 2001.

5 Gard-I n.1: "Progetto n. 1 - Programma di prevenzione per le scuole dei rischi indoor per malattie respiratorie e allergiche" istituito nell'ambito di "Gard-Italia" con il mandato di promuovere l'attuazione dell'Accordo Stato Regioni "Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie ed asma" (2010), previsto esplicitamente dall'Accordo tra Ministro della Salute, Regioni e Province autonome del 27 settembre 2001 "Linee Guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati".

- *gli edifici scolastici italiani presentano frequentemente gravi problemi igienico-sanitari e di qualità dell'aria indoor, riconducibili a problematiche di tipo ambientale (area di insediamento dell'edificio), a carenze progettuali/architettoniche/edilizie o gestionali (ad es. operazioni di pulizia e manutenzione degli edifici, condizionamento dell'aria da cui dipendono le condizioni microclimatiche);*
- *la carenza di una normativa organica e aggiornata, che disciplini i requisiti igienici e funzionali degli ambienti scolastici, di regole omogenee per il monitoraggio periodico della IAQ ed una chiara regolamentazione sull'attribuzione di compiti e responsabilità;*
- *l'importanza di definire protocolli corretti e specifici per le operazioni di pulizia, sanificazione e gestione igienica degli ambienti scolastici, sempre più spesso svolte da ditte esterne e di prevedere anche un programma di verifica periodica delle operazioni effettuate;*
- *la gestione dei fattori ambientali di rischio indoor dovrebbe sempre considerare, tra gli aspetti da regolamentare e monitorare, anche le aree "verdi" associate alla struttura scolastica e gli spazi all'aperto (le aree verdi non curate possono comportare l'introduzione di specie vegetali infestanti e pollini allergizzanti, nonché di muridi e insetti)*[6]*.*

Pertanto, al fine di caratterizzare la *qualità dell'aria* negli ambienti scolastici, sono stati effettuati monitoraggi relativi agli agenti biologici presenti nell'aria ambiente e su alcune superfici (bagni), alla concentrazione di CO_2, nonché dei parametri microclimatici che, oltre a determinare il benessere termico, sono strettamente correlati con gli altri aspetti.

Aspetti ergonomici

In senso generale, l'ergonomia è la scienza che si occupa di progettare gli ambienti di vita e di lavoro, promuovendo specifici studi per garantire il giusto grado di benessere, o *comfort*, durante lo svolgimento delle varie attività. In particolare, nelle scuole è necessario garantire condizioni di *comfort* microclimatico adeguate, affinché queste non incidano negativamente sul grado di concentrazione e di apprendimento degli studenti.

Un'altra particolare applicazione di questa disciplina riguarda poi lo studio delle caratteristiche dimensionali degli arredi (sedie e tavoli) utilizzati dagli studenti, da scegliere sulla base di criteri di tipo antropometrico al fine di evitare che gli studenti siano costretti ad assumere posture diverse da quelle fisiologiche; l'adozione di arredi non adeguati alla popolazione scolastica è

6 Si pensi, ad esempio, al potenziale allergenico di graminacee, parietaria, ambrosia o alla presenza di nidi di vespe, api e calabroni con il conseguente rischio di reazioni allergiche da punture di tali insetti.

una delle cause del cosiddetto "mal di schiena", molto diffuso tra i ragazzi in età scolare anche precoce.
Un altro fattore di tipo ergonomico è rappresentato dal "clima acustico" dell'ambiente, che influenza la qualità della comunicazione tra insegnante e allievo, fondamentale ai fini dell'apprendimento.
Per questo motivo, nell'ambito del progetto, è stata prevista una valutazione specifica dei parametri microclimatici, per verificare se gli ambienti nei quali si svolge l'attività didattica siano o meno adeguati sotto tale aspetto; inoltre, si è proceduto allo studio degli arredi, per verificare la rispondenza delle dimensioni alle caratteristiche antropometriche della popolazione studentesca.
In riferimento al terzo fattore sopra descritto, sono state effettuate misurazioni *ad hoc* sui parametri che influenzano il clima acustico, per verificare se le aule abbiano i requisiti acustici minimi per consentire la corretta comprensione della comunicazione.

4.1 Qualità dell'aria

4.1.1 Rischio biologico

Considerazioni generali e richiami normativi
Il D.Lgs. n. 81/2008 dedica al rischio biologico un intero Titolo (Titolo X), con relativi allegati. Tale Decreto definisce cosa debba intendersi per "agente biologico" e ne fissa i criteri per la classificazione in base al livello di pericolosità per la salute, distinguendo tra uso deliberato degli agenti biologici (introduzione intenzionale nel ciclo lavorativo) ed esposizione potenziale ad essi (nei casi in cui la presenza di tali agenti rappresenti un evento indesiderato, ma inevitabile). Per le attività che comportano uso deliberato, devono essere attuate misure tecniche, organizzative e procedurali finalizzate ad evitare o ridurre al minimo l'esposizione e i lavoratori esposti devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria.
L'art. 267 definisce agente biologico "*qualsiasi microrganismo ….. coltura cellulare ed endoparassita umano che potrebbe provocare infezioni, allergie o intossicazioni*". Gli agenti biologici sono classificati in quattro gruppi (art. 268 e Allegato XLVI) a rischio crescente di infezione e la loro pericolosità viene stabilita in base alle caratteristiche di infettività, patogenicità, trasmissibilità, neutralizzabilità e virulenza. Gli obblighi del datore di lavoro e le misure di prevenzione e protezione da adottare per controllare il rischio di esposizione a tali agenti sono condizionati dal gruppo di appartenenza degli agenti stessi. È opportuno tener presente che la classificazione "*si basa sul-*

l'effetto esercitato su lavoratori sani" e *"non tiene conto degli effetti sui lavoratori la cui resistenza o sensibilità potrebbe essere modificata da malattie preesistenti, uso di medicinali, stato immunitario compromesso, etc*." (Allegato XLVI, p.to 2), di cui si deve tener conto al momento di scegliere le misure protettive da adottare e nella sorveglianza sanitaria.

Nelle scuole l'esposizione ad agenti biologici è di tipo accidentale, dal momento che le attività svolte non comportano l'uso deliberato di tali agenti, a meno che non siano previste attività di laboratorio microbiologico o esercitazioni che possano comportare un'esposizione ad agenti biologici di tipo potenziale, come ad esempio negli istituti agrari e zootecnici.
Il rischio biologico nelle scuole è di natura prevalentemente infettiva (virus e batteri), con modalità di esposizione in prevalenza per inalazione e per contatto *diretto* (tra un individuo ed un altro) o *indiretto* (contatto con superfici o oggetti contaminati).
La natura infettiva di tali agenti rende il rischio particolarmente rilevante per i soggetti immuno-compromessi, le lavoratrici-madri o in gestazione e nel caso in cui gli ambienti siano destinati a un uso promiscuo e densamente occupati (aule, segreterie, ecc.). La trasmissione può avvenire anche per contatto e per via oro-fecale.
L'affollamento dei locali, l'inadeguata ventilazione e l'insufficienza dei ricambi d'aria negli ambienti rappresentano condizioni critiche, che incrementano la possibilità di contatto con le potenziali sorgenti di rischio (*persone affette da malattie infettive o portatrici sane o asintomatiche*) e impediscono la diluizione degli inquinanti biologici negli ambienti. Il cattivo stato di manutenzione e di pulizia dell'edificio, degli ambienti *indoor*, dei servizi igienici e degli impianti sia di trattamento aria che idrosanitari può determinare condizioni favorevoli allo sviluppo e all'accumulo di muffe, batteri ambientali (ad esempio Legionelle) e acari della polvere.
In linea generale le patologie prevalenti riscontrate tra la popolazione scolastica sono rappresentate da:

- malattie virali, con epidemie stagionali di raffreddore, influenza, e altre malattie a trasmissione aerea (morbillo, varicella, rosolia ecc.);
- parassitosi (ad esempio, pediculosi, scabbia, ossiuri);
- patologie allergiche (allergie da pollini, acari della polvere, muffe, ecc.).

Asili nido e scuole dell'infanzia estendono il campo delle patologie a quelle che si possono contrarre durante l'assistenza ai bambini per contatto con secrezioni, feci ed urine infette.

Contaminazione microbiologica e "qualità dell'aria indoor"

La buona qualità dell'aria negli ambienti *indoor* è un importante determinante della salute, tanto più in considerazione dei lunghi tempi di permanenza che le popolazioni dei Paesi industrializzati trascorrono in ambienti confinati sia di vita che di lavoro. La IAQ, infatti, influisce sullo stato di salute, contribuisce ad un maggior senso di comfort e benessere e migliora le prestazioni degli occupanti l'ambiente confinato.

È noto che i microrganismi, in quanto ubiquitari, sono una componente costante di ogni ambiente naturale e confinato; la maggior parte di essi risulta innocua per l'uomo. La componente microbiologica dell'aria è definita nel suo insieme con il termine di "bioaerosol": con esso si intendono gli aerosol contenenti microorganismi (batteri, funghi, virus) e loro componenti o derivati, le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 4.1.1.1.

Il range dimensionale dei bioaerosol è tale da consentirne l'aerodiffusione e la sedimentazione anche a distanza dalla sorgente di emissione e include la "frazione respirabile" del particolato aerodisperso (< 10µm), di notevole interesse e rilevanza ai fini sanitari, perché in grado di penetrare in profondità nei polmoni.

Tabella 4.1.1.1 - *Bioaerosol e sue caratteristiche*

Dimensioni del bioaerosol	Particelle solide o liquide sospese nell'aria, con 0.01 µm < D^7 < 100 µm (ACGIH, 1999).
Composizione del bioaerosol	Virus
	Microrganismi (batteri, funghi, artropodi, protozoi), loro prodotti (spore fungine, micotossine, composti organici volatili) o componenti (endotossine batteriche, β-glucani fungini).
	Forfora, peli e squame cutanee.
	Allergeni vegetali e animali (pollini, allergeni da acari della polvere, muffe e loro spore, animali domestici, blatte).

In ambiente *indoor* la composizione del bioaerosol varia in funzione delle condizioni igieniche e dello stato di conservazione dei locali, della temperatura, del livello di umidità, del grado di ventilazione e di affollamento, delle abitudini degli occupanti e dell'attività svolta. La presenza di contaminanti biologici può determinare lo scadimento della qualità dell'aria *indoor*.

Numerosi studi hanno dimostrato l'associazione tra scarsa qualità dell'aria di un ambiente *indoor*, per inadeguata ventilazione e presenza di contami-

7 Diametro aerodinamico.

nanti biologici ed effetti sulla salute degli occupanti [*Sick Building Syndrome* (SBS); *Building Related Illnesses* (BRI)].

Sick Building Syndrome (SBS)

Sindrome che si manifesta con sintomi multipli e aspecifici (irritazione di naso, gola, occhi, malessere, nausea, cefalea, sensazione di discomfort, difficoltà di concentrazione), la cui causa non è ben definita, ma comunque correlata alla permanenza nell'edificio.

Building Related Illnesses (BRI)

Malattie diagnosticabili, cioè con sintomatologia definita e causa identificabile (asma, malattia del legionario, riniti, alveoliti, sinusiti, febbre degli umidificatori ecc.).

Elevate concentrazioni di bioaerosol o la presenza di componenti infettive o potenzialmente tossigeniche e allergeniche possono dare origine a irritazioni, infiammazioni, sensibilizzazioni nei soggetti predisposti o ad effetti di tipo tossico, allergico e infettivo.
Nonostante la molteplicità delle sorgenti, la principale fonte di contaminazione microbiologica *indoor* è rappresentata dall'uomo, che disperde microrganismi attraverso la desquamazione della cute o mediante tosse, starnuti e durante il parlato; gli indumenti possono poi veicolare i contaminanti anche a distanza (Tabella 4.1.1.2). L'affollamento incrementa il calpestio favorendo il sollevamento della polvere sedimentata sul pavimento; ciò può rappresentare un'ulteriore fonte e/o veicolo di contaminazione microbiologica che, unitamente alla permanenza prolungata, incrementa il rischio infettivo negli ambienti *indoor*.
In mancanza di adeguati ricambi di aria, il bioaerosol può accumularsi e, qualora sussistano condizioni favorevoli (presenza nell'ambiente di acqua, umidità, sostanze nutritive, ossigeno e temperature adeguate), la sua componente vitale batterica e fungina può moltiplicarsi fino a raggiungere concentrazioni elevate. Inoltre, alti livelli di umidità negli elementi costruttivi e nell'aria *indoor* (U.R. > 65%), causati da difetti strutturali o carenze di manutenzione degli edifici, possono favorire la riproduzione degli acari e causare la formazione e la proliferazione di funghi e di altri microrganismi, alla base dell'insorgenza di allergie e altri sintomi a carico delle vie aeree.
Batteri e funghi possono, inoltre, essere responsabili di infezioni, mentre i loro prodotti o le componenti delle loro cellule possono sviluppare reazioni tossiche. È noto, infine, che la polvere può contenere allergeni di origine animale (derivanti da insetti, acari, mammiferi), fungina o vegetale in grado di indurre fenomeni di sensibilizzazione o dare origine a pericolosi attacchi di

asma, in dipendenza dalla tipologia del soggetto esposto (Tabella 4.1.1.3). Per tale motivo è fondamentale assicurare l'adeguata ventilazione, naturale o meccanica, di tutti gli ambienti *indoor*. Il ricambio dell'aria, infatti, oltre a garantire una generale condizione di comfort agli occupanti, favorisce, come già detto, la diluizione e/o l'allontanamento delle componenti infettive, tossiche o allergeniche eventualmente presenti.

Tabella 4.1.1.2 - *Sorgenti di contaminazione microbiologica indoor*

Sorgenti	Meccanismi di contaminazione
Aria esterna	A seguito di apertura di porte e finestre, presenza di fessure nelle pareti ecc.
Uomo	Possibilità di incubare agenti infettivi e/o disperdere microrganismi attraverso la desquamazione della cute, gli indumenti, tramite colpi di tosse o starnuti e durante il parlato.
Piante	Aerodispersione della microflora contenuta nel terreno (funghi) e sulla parte fogliare (filloplano).
Polvere	Può rappresentare un ricettacolo di microorganismi con possibilità di loro dispersione nell'aria e sedimentazione sulle superfici *(pavimenti, arredi, ecc.)*.
Apparecchiature, impianti ventilazione, condizionamento, idrosanitari	Se non correttamente manutenuti e/o se mal funzionanti, possono accumulare sporcizia e diventare serbatoi di germi passibili di essere diffusi tramite le condotte dell'impianto.
Materiali edilizi e di rivestimento, arredi e tappezzerie	Se in cattivo stato possono ospitare crescite microbiche o organismi (muffe e batteri, acari della polvere, blatte, ecc.).
Rifiuti e materiali organici	Costituiscono substrati nutritivi per la crescita microbica *(ad esempio, accumuli di carta e cartone, residui alimentari)*.

Tabella 4.1.1.3 - *Principali fonti di allergeni indoor (da C. Pini, 2013)*

Insetti	*Blattella germanica, Periplaneta americana*
Muffe	*Aspergillus fumigatus, Penicillium sp., Alternaria alternata*
Acari	*Dermatophagoides spp., Euroglyphus mauynei, Blomia tropicalisi, Lepidoglyphus destructor*
Mammiferi	*Felis domesticus, Canis familiaris, Mus musculus, Rattus norvegicus*

IAQ nelle scuole

Come già accennato nella premessa, alcune patologie di cui soffre la popolazione studentesca sono da correlare alla sua permanenza, per un periodo di tempo prolungato, in un ambiente di tipo confinato con IAQ non adeguata. In particolare, per quanto riguarda il rischio biologico, si può affermare che le dimensioni delle aule scolastiche, il sovraffollamento e la scarsa aerazione degli ambienti possono amplificare il rischio, in quanto:

1) limitano l'abbattimento delle concentrazioni dei contaminanti aerodispersi eventualmente presenti, aumentando i livelli di umidità indoor;
2) concentrano le sorgenti di rischio;
3) aumentano le occasioni di esposizione alle sorgenti di rischio infettivo (per la possibile presenza di portatori sani o asintomatici di malattie), tossico e allergenico.

Nel 2001 l'EFA (*European Federation of Asthma and Allergy Associations*) ha elaborato una tabella che riporta alcune regole basilari da rispettare per garantire una buona gestione della qualità dell'aria nelle scuole (Tabella 4.1.1.4). In Italia, a seguito dell'Accordo tra Ministro della Salute, Regioni e Province autonome del 27 settembre 2001[8], sono state elaborate dalla Commissione tecnica nazionale per l'inquinamento indoor le Linee di indirizzo del 2010 (*Accordo Governo-Regioni, 2011*). Tale strumento rappresenta un riferimento utile per migliorare la salubrità e la sicurezza degli ambienti scolastici al fine ridurre i principali fattori di rischio ambientali responsabili di asma e allergie e definire gli interventi di prevenzione idonei a conseguire tale obiettivo.

Tabella 4.1.1.4 - *Requisiti necessari per una buona gestione della qualità dell'aria a scuola (EFA, 2001).*

Divieto assoluto di fumo
Assenza di muffe nell'edificio scolastico
Adeguato sistema di pulizia e manutenzione
Adeguato controllo dei sistemi di ventilazione nelle classi
Monitoraggio periodico dei parametri della qualità dell'aria nella scuola
Formazione di studenti, insegnanti e personale scolastico e di quello responsabile della gestione e della manutenzione e pulizia

8 Cfr. nota 3.

Il controllo microbiologico per la valutazione dell'IAQ

Ai fini della tutela della salute degli occupanti è fondamentale disporre di standard di riferimento che permettano di interpretare i risultati delle misure ambientali condotte e, quindi, di definire la qualità dell'aria ambiente. Non essendo disponibili valori di riferimento relativamente all'entità della contaminazione microbica in ambiente *indoor*, non è possibile definire la "soglia" oltre la quale si possono instaurare condizioni di rischio per la salute degli occupanti. In aggiunta, la variabilità della sensibilità e della risposta individuale all'esposizione non consentono di definire una relazione tra "dose" e "risposta".

In assenza di un valore limite di esposizione valido per tutti i contaminanti biologici, al fine di esprimere un parere in merito alla salubrità dell'aria *indoor* è possibile tuttavia confrontare i livelli di contaminazione microbica totale rilevati con "valori indicativi" e "criteri orientativi" di valutazione proposti a livello nazionale e internazionale. Resta inteso che l'eventuale riscontro di agenti patogeni (agenti biologici appartenenti al 2° gruppo di rischio o superiore a questo) impone la necessità di mettere in atto interventi finalizzati al ripristino di condizioni igienico ambientali accettabili.

Nella prassi comune, per il controllo microbiologico della IAQ si procede alla misura dei livelli di concentrazione batterica e fungina totali e all'analisi della tipologia della contaminazione presente in campioni di aria e di superfici rappresentativi dell'ambiente *indoor* (Tabella 4.1.1.5). La misura viene effettuata attraverso l'utilizzo di tecniche colturali, che consentono di conteggiare il numero di colonie dei microrganismi vitali e coltivabili in laboratorio, esprimendo i risultati in funzione dell'unità di volume d'aria o di superficie esaminata.

I valori di concentrazione microbica misurati sono confrontati con quelli corrispondenti rilevati nell'ambiente esterno (*outdoor*), per verificare eventuali fenomeni di accumulo o crescita microbica nell'indoor.

Attraverso i dati ottenuti dal controllo è possibile acquisire informazioni circa:

- la contaminazione microbiologica ambientale complessiva;
- la relazione tra contaminazione microbiologica e attività svolta nell'indoor;
- l'efficienza dei sistemi di ricambio e/o trattamento dell'aria;
- l'efficacia delle procedure igieniche e delle misure preventive o di contenimento del rischio biologico adottate.

Tabella 4.1.1.5 - *Parametri microbiologici per il controllo della IAQ*

- Concentrazione batterica totale a 37°C (batteri mesofili), indice di contaminazione da batteri che possono includere tra loro patogeni convenzionali od opportunisti
- Concentrazione batterica totale a 22°C (batteri psicrofili), indice di contaminazione batterica di origine ambientale
- Concentrazione fungina totale (muffe e lieviti), correlabile ai livelli di polverosità e umidità ambientale e al grado di ventilazione dei locali. Alcune muffe possono essere patogene o causare allergie in soggetti sensibili
- Concentrazione totale di batteri appartenenti al genere *Staphylococcus spp.*, indice di contaminazione di origine antropica ed eventuale ricerca, al loro interno, della specie *Staphylococcus aureus*, agente biologico di gruppo 2 (Allegato XLVI del D. Lgs. 81/2008 e s.m.i.), potenziale patogeno per l'uomo
- Ricerca di eventuali altri patogeni aerotrasmissibili e di funghi tossigenici
- Dosaggio degli allergeni indoor della polvere

SCHEDA: La legionella pneumophila[9]

Caratteristiche: *le legionelle sono batteri, ubiquitari e ampiamente diffusi negli ambienti naturali (laghi, fiumi, sorgenti, falde, pozzi, acque termali, ecc.), da cui possono facilmente raggiungere le reti d'acqua potabile, gli impianti idrici e aeraulici, fontane, piscine etc., dove, in condizioni favorenti, possono proliferare. La legionellosi è una malattia acquisita per via respiratoria, tramite inalazione di goccioline di acqua aerodisperse contenenti legionelle o particelle di polvere da esse derivate per essiccamento. L'aerosol può generarsi da rubinetti e diffusori delle docce dell'impianto idrico, torri di raffreddamento, condensatori evaporativi e umidificatori degli impianti di condizionamento, vasche idromassaggio, etc. Non è mai stata dimostrata la trasmissione interumana della malattia.*

Figura 1 COLONIE DI LEGIONELLA PNEUMOPHILA

Classificazione di rischio: *ai sensi del D. Lgs. n. 81/2008 Allegato XLVI e s.m.i.: tutti i batteri appartenenti al genere Legionella sono classificati nel 2° gruppo di rischio.*

Condizioni di rischio: *impianti idrosanitari e Sistemi HVAC[10]. Una manutenzione carente o un malfunzionamento di tali impianti può comportare il rischio di acquisire un'infezione da Legionella spp.. Tale rischio è correlato a: temperatura dell'acqua (favorente se compresa tra 25 e 42°C); presenza di amebe, sostanze biodegradabili, elementi in traccia (Fe, Cu, Zn ..), depositi calcarei e incrostazioni, che favoriscono la proliferazione di tale batterio; virulenza del ceppo microbico presente; sensibilità dell'ospite (uomo); possibilità di aerosolizzazione dell'acqua e di inalazione da parte dell'ospite sensibile.*

Prevenzione del rischio: *regolare pulizia e gestione degli impianti, manutenzione e sostituzione dei filtri degli impianti aeraulici[11]. Il datore di lavoro è obbligato a provvedere alla regolare manutenzione e pulitura degli impianti di aerazione ai sensi degli artt. 64 e 68 del D.Lgs. N. 81/2008 e s.m.i.*

9 Da: *INAIL. "Il rischio di esposizione a Legionella spp. in ambienti di vita e di lavoro",* 2012 (www.inail.it).

10 HVAC: *Heating, Ventilation and Air Conditioning*.

11 Al riguardo, consultare i documenti della 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"* (2013) e dell'Istituto Superiore di Sanità, *"Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi"* (2000).

In Italia, per la valutazione della IAQ, Dacarro e collaboratori (2000) hanno proposto un particolare approccio, che tiene conto del contributo delle cariche totali sia batteriche che fungine, fondato sul calcolo degli "Indici di contaminazione microbica" di seguito illustrati:

1) IGCM (Indice globale di contaminazione microbica)**:** UFC[12] batteri mesofili (37°C) + UFC batteri psicrofili (20°C) + UFC miceti.
2) ICM (Indice di Contaminazione da batteri Mesofili): UFC batteri mesofili (37°C) / UFC batteri psicrofili (20°C). Tale indice valuta il contributo, alla contaminazione totale, dei batteri di origine umana, tra i quali possono essere presenti patogeni. È indicativo del livello di affollamento e dell'efficienza dei ricambi d'aria.
3) IA (Indice di Amplificazione): IGCM indoor / IGCM outdoor. Tale indice valuta eventuali fenomeni di accumulo interno della contaminazione (stato igienico).

Lo schema di Tabella 4.1.1.6 riporta i valori di ciascun indice in base ai quali classificare la IAQ in categorie e classi di contaminazione microbica.

Tabella 4.1.1.6 - *Categorie e Classi di contaminazione microbiologica dell'aria indoor (tratto da Dacarro C. e collaboratori, 2000)*

Categoria di contaminazione	IGCM/m^3	Classe
Molto bassa	< 500	
Bassa	< 1.000	
Intermedia	> 1.000	A: IGCM >1000; ICM < 3; IA < 3 B: IGCM >1000; ICM > 3 o IA > 3 C: IGCM >1000; ICM > 3 ; IA > 3
Alta	> 5.000	D: IGCM > 5.000; ICM< 3; IA< 3 E: IGCM > 5.000; ICM> 3 o IA> 3 F: I GCM > 5.000; ICM> 3 ; IA> 3
Molto Alta	> 10.000	G: IGCM > 10.000; ICM < 3; IA < 3 H: IGCM > 10.000; ICM > 3 o IA > 3 I: IGCM > 10.000; ICM > 3 ; IA > 3

12 La concentrazione totale di batteri e funghi nell'aria viene comunemente espressa in termini di Unità Formanti Colonia (UFC) per m^3 di aria.

Piano di monitoraggio adottato per il controllo microbiologico della IAQ
Le indagini svolte nel progetto sono state finalizzate alla conoscenza dei livelli di contaminazione microbiologica totale, aerodispersa o di superficie, in alcuni Istituti scolastici di Roma, per un totale di n. 4 edifici, tutti con ricambio d'aria naturale. Sono stati raccolti n. 534 campioni, comprensivi dei c.d. "bianchi" (campioni *outdoor,* cioè prelevati all'esterno degli edifici) rilevati in ogni giornata di campionamento, per conoscere i livelli di contaminazione di fondo dell'aria in ingresso negli edifici scolastici. In ogni edificio, i prelievi sono stati effettuati stagionalmente (periodo caldo e periodo freddo), nel corso delle normali attività didattiche o di lavoro. I campionamenti dei contaminanti presenti sulle superfici hanno interessato i servizi igienici (bagni maschi e femmine), mentre quelli presenti in aria hanno riguardato le aule, i laboratori (informatica, microbiologia e chimica), le palestre e gli ambienti dedicati all'attività amministrativa. Sono stati rilevati i seguenti parametri microbiologici: batteri mesofili e psicrofili e funghi totali (muffe + lieviti); inoltre è stata effettuata la ricerca di *Staphylococcus aureus* e dei batteri Gram negativi totali. Tutti i parametri sono espressi in termini di Unità Formanti Colonia (UFC) per m^3 d'aria aspirata o 100 cm^2 di superficie esaminata. Per il protocollo di campionamento ed analisi si è fatto riferimento alle Linee Guida INAIL-CONTARP (Edizione 2010), che prevedono:

- campionamenti in triplo per ogni parametro misurato per ciascun punto di prelievo;
- utilizzo di campionatore attivo ad impatto ortogonale: *SAS Super 180* (*International pbi*), con portata pari a 180 L_{aria}/min.;
- volumi d'aria campionati: 100 - 200 L;
- terreni di coltura:
  Tryptic Soy Agar, per le cariche batteriche totali;
  Sabouraud Agar + cloramfenicolo, per la carica fungina totale;
  MacConckey Agar per la ricerca dei Gram negativi;
  Baird Parker Agar + RPF per la ricerca dello Staphylococcus aureus.

I prelievi da superficie sono stati effettuati con piastre a contatto sterili tipo *Surfair Plate*, posizionate tramite Applicatore *RODAC Weight* (*International pbi*) per una durata di contatto con la superficie pari a 10 sec. e hanno interessato pareti, porte e maniglie.
Il giudizio sulla qualità microbiologica dell'aria indoor è stato formulato sulla base degli indici proposti da Dacarro C. e collaboratori.
Per quanto riguarda la contaminazione delle superfici, non sono disponibili indici di riferimento specifici per le scuole. Tuttavia, attenendosi alle indicazioni fornite dall'*American Public Health Association* (APHA, 1970) per la "generica" concentrazione batterica delle superfici dei servizi igienici, misurata con la me-

desima tecnica prevista dal protocollo INAIL-CONTARP, il giudizio sulla carica microbica totale si può ritenere "buono" se questa risulta compresa tra 0 e 25 UFC/24 cm^2 di superficie, corrispondenti a 0 - 104 UFC/100cm^2.

Risultati

Nelle Figure 1÷3 che seguono si riportano i valori degli indici di contaminazione microbiologica dell'aria IGCM/m^3, ICM e IA calcolati sulla base delle concentrazioni microbiche misurate nei diversi punti in cui è stato campionato il bioaerosol. La Figura 4 visualizza, invece, i risultati delle misure stagionali delle concentrazioni batteriche e fungine effettuate sulle superfici dei servizi igienici. I valori di concentrazione ottenuti (UFC per m^3 di aria) hanno mostrato una notevole dispersione, caratteristica intrinseca al monitoraggio ambientale del bioaerosol, per l'influenza delle condizioni ambientali esistenti nei locali al momento del campionamento (numero di persone presenti, attività svolta, ventilazione, etc*.).* I risultati confermano l'importanza del monitoraggio della IAQ per ricavare informazioni utili ai fini della valutazione delle condizioni di salute e benessere nelle scuole.

Aria indoor

Negli edifici scolastici sottoposti ad indagine la IAQ è risultata buona, in quanto i valori di IGCM/m^3 dell'aria *indoor* sono risultati < 1000 (classe di contaminazione "bassa"), con unica eccezione per quelli registrati nei laboratori nella stagione calda, quando anche l'IGCM/m^3 dell'aria di fondo ambientale (bianco o *outdoor*) è risultato nella classe di contaminazione "intermedia" (Figura 4.1.1.1).

Si registra un apporto antropico alla contaminazione microbica globale (ICM>1) più marcato nella stagione calda (Figura 4.1.1.2). I valori dell'indice ICM possono fornire un segnale di problemi di affollamento degli ambienti o di scarso ricambio d'aria. Dalla Figura 4.1.1.2 si evince chiaramente che il contributo antropico alla contaminazione riguarda soprattutto i laboratori che hanno dimensioni inadeguate per il numero di studenti e docenti ospitati.

In tutti gli ambienti ed in entrambe le stagioni esaminate è stata registrata un'amplificazione (IA>1) della contaminazione microbiologica globale dell'aria nell'indoor rispetto ai livelli di fondo ambientali (Figura 4.1.1.3). Tale risultato evidenzia l'esistenza di condizioni che agevolano la concentrazione microbica. Alla luce delle considerazioni sopra esposte e tenuto conto dei valori di CO_2 misurati negli stessi ambienti (paragrafo 4.1.2) si conferma l'esistenza di problemi di affollamento a cui si accompagna un ricambio d'aria inadeguato. In queste condizioni, la presenza nell'edificio scolastico di soggetti ammalati o portatori (*sani o precoci*) di malattia determina una possibile condizione di rischio infettivo.

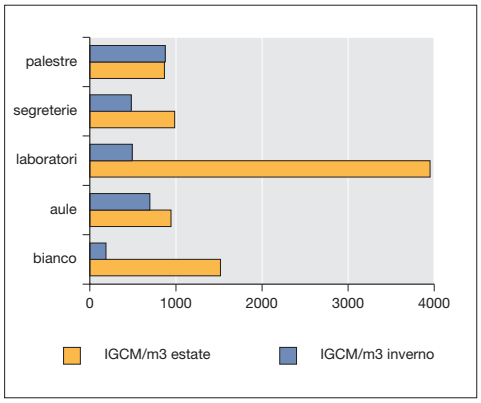


Figura 4.1.1.1 - *Indice globale di contaminazione microbica dell'aria (sulle ascisse i valori di IGCM/m³ aria)*

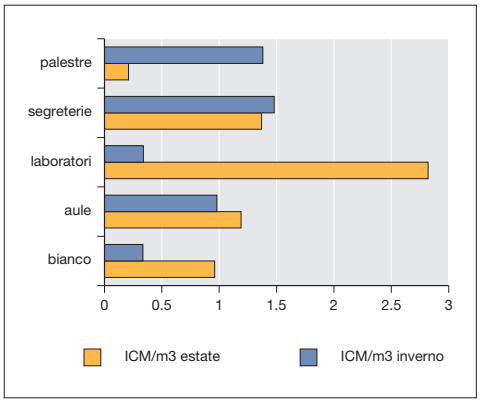


Figura 4.1.1.2 - *Indice di contaminazione dell'aria da mesofili (sulla ascisse i valori dell'indice ICM)*

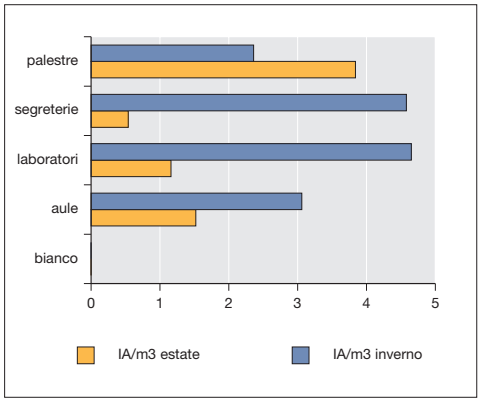


Figura 4.1.1.3 - *Indice di amplificazione della contaminazione microbica dell'aria (sulle ascisse i valori dell'indice IA)*

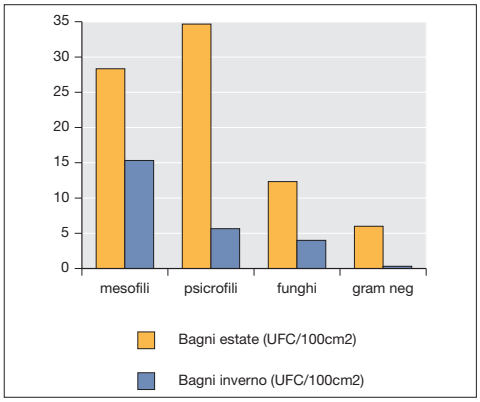


Figura 4.1.1.4 - *Concentrazioni microbiche totali misurate sulle superfici esaminate (sulle ascisse le categorie microbiche monitorate)*

Superfici indoor

Per quanto riguarda la contaminazione delle superfici dei bagni delle scuole, i risultati dimostrano che i valori di concentrazione batterica e fungina totale, seppur bassi, sono maggiori nella stagione calda (fino a 35 UFC/100 cm^2 per i batteri, con una predominanza della frazione di origine ambientale, e 12 UFC/100 cm^2 per i funghi) rispetto a quella fredda (Figura 4.1.1.4). In generale, in entrambe le stagioni, la componente batterica totale predomina su quella fungina. Attenendosi agli standard fissati da *APHA,* la carica microbica risulta compresa nel *range* di accettabilità (< 25 UFC/24 cm^2).

Sulla base del presupposto che i microrganismi, in quanto ubiquitari, sono presenti in modo costante negli ambienti naturali di vita e di lavoro e che la frazione potenzialmente patogena è normalmente molto ridotta rispetto a quella innocua per la salute umana, il contenimento della contaminazione microbica al più basso livello possibile riduce la probabilità della presenza di un agente infettivo. Pertanto, in mancanza di valori di riferimento, è opportuno effettuare misure periodiche della contaminazione e analizzare il trend temporale. In tal modo si può definire un proprio "standard" (livello di concentrazione microbica) di riferimento. Nel caso di superamento di tale valore, potrebbe essere opportuno rimodulare di conseguenza gli interventi di pulizia e sanificazione delle superfici (nel caso di specie, quelle dei servizi igienici).

Su nessuna delle superfici campionate è stato riscontrato ***Staphylococcus aureus,*** la cui presenza, al contrario, è stata rilevata nell'aria di due siti di prelievo (aula e palestra del medesimo edificio) in entrambe le campagne stagionali condotte. Gli Stafilococchi sono batteri Gram positivi presenti nella popolazione microbica della cute e delle mucose dell'uomo e pertanto l'attività motoria svolta nelle palestre, comportando sudorazione, desquamazione cutanea e sollevamento di polvere, ne giustifica la loro presenza. All'interno del raggruppamento, tuttavia, il rinvenimento della specie patogena *Staphylococcus aureus* (agente biologico di gruppo 2 - D.Lgs. n. 81/2008, All. XLVI) obbliga il Dirigente scolastico in qualità di Datore di lavoro a mettere in atto tutte le misure necessarie a prevenire il rischio infettivo.

Al contrario, i **batteri Gram negativi**, componenti della microflora mesofila, sono presenti solo sulle superfici dei bagni, anche se in concentrazioni molto basse (< 6 UFC/ 100 cm^2). Il rinvenimento di Gram negativi nei servizi igienici non costituisce di per sé una condizione di pericolo, a meno che questi non rappresentino la frazione predominante dei mesofili totali presenti o quando, nel raggruppamento, sono presenti batteri di origine fecale patogeni per l'uomo (*Salmonelle, Shigelle*, etc.). La predominanza di Gram negativi è indice di scarsa ventilazione e, per conseguenza, rende necessario rivedere i protocolli e la frequenza degli interventi di pulizia ambientale adottati.

4.1.2 Rischio chimico

Inquinamento in ambienti indoor

I livelli di inquinanti presenti in ambienti *indoor,* all'interno dei quali gli studenti svolgono la maggior parte della propria attività scolastica, possono essere considerevolmente più elevati di quelli rilevabili all'esterno. Numerosi studi hanno evidenziato il ruolo etiologico di una serie di inquinanti presenti negli ambienti confinati non industriali a danno di adulti e di soggetti più giovani. È stato dimostrato che esposizioni prolungate, anche a basse concentrazioni di inquinanti, possono determinare effetti avversi sulla salute. L'inquinamento *indoor* è associato ad un maggior rischio di irritazioni, sintomi respiratori acuti, iperreattività bronchiale, infezioni respiratorie, broncopneumopatie croniche ostruttive e sensibilizzazioni allergiche. Più specificamente, i principali inquinanti indoor irritanti o sensibilizzanti di natura chimica o biologica sono in grado di causare crisi bronco-ostruttive; l'esposizione a fumo di tabacco ambientale, formaldeide ed altri composti organici volatili, singolarmente o in miscele, è stata associata ad un'aumentata prevalenza di sintomi respiratori, descrittivi di un quadro asmatico, sia in ambito domiciliare che lavorativo.

Negli Stati Uniti Uniti, già da diversi anni sono state sviluppate iniziative di ricerca mirate a valutare la qualità dell'aria *indoor*; alcuni studi[13] in particolare attribuiscono alla presenza di inquinamento nelle scuole una parte dell'aumento e dell'aggravamento delle malattie respiratorie dell'infanzia; ciò ha indotto alcune organizzazioni americane, tra cui l'Environmental Protection Agency (EPA) ed il Center for Disease Control end prevention (CDC), a promuovere e sostenere progetti volti a migliorare la qualità dell'aria *indoor*.

Anche in Europa le patologie respiratorie ed allergiche sono molto comuni e rappresentano un considerevole onere nel bilancio del sistema sanitario. Ricerche condotte sugli ambienti scolastici e sugli effetti sulla salute correlati all'inquinamento indoor sono state portate a termine in una serie di Paesi, soprattutto del nord Europa, anche se su un campione ridotto di scuole. Il quadro delle conoscenze relative alla qualità dell'aria indoor nelle scuole e ai relativi effetti sulla salute è stato a lungo condizionato dall'impiego di differenti protocolli per accertare il rischio precludendo la possibilità di comparare i dati rilevati nei differenti Paesi.

Lo studio HESE (Health Effect of School Environment), promosso e finanziato dalla DG-SANCO della Commissione Europea, ha coinvolto 5 Paesi, tra cui l'Italia, su un campione di 21 scuole elementari. La ricerca, articolata su più livelli di intervento (*somministrazione di questionari, monitoraggi ambientali,*

13 American Academy of Pediatrics-Committee on Environmental health; National Accademy of Sciences-Committee on the Assessment of Asthma and indoor air.

test clinici), ha evidenziato che nell'aria *indoor* delle scuole le concentrazioni di PM10 (Particulate Matter o Materia Particolata il cui diametro aerodinamico è uguale o inferiore a 10 µm) e di anidride carbonica (CO_2) sono generalmente più elevate che nell'aria esterna, a conferma del fatto che il diritto dei bambini di respirare aria pulita nella scuola, sancito dall'OMS nel 2000, non è ancora pienamente riconosciuto.
Molti altri inquinanti, oltre al PM10 e alla CO_2, possono essere presenti in ambienti confinati di tipo scolastico. L'aria degli ambienti indoor subisce alterazioni e modificazioni dovute ad una serie di fattori: presenza di persone, tipologia di materiali e di rivestimenti con cui sono costruiti gli edifici, arredi, sistemi di trattamento dell'aria, operazioni di manutenzione e di pulizia dei locali ecc.
A ciò si aggiunge l'influenza che l'ambiente *outdoor* può avere su quello interno, a causa dell'inquinamento derivante dal traffico veicolare o dovuto alla presenza di industrie ubicate in prossimità degli edifici scolastici.

In ambito nazionale l'accordo siglato nel 2010 tra il Governo, le Regioni e le Province autonome e gli Enti locali sul documento "*Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie ed asma*", ha inteso focalizzare l'attenzione delle istituzioni scolastiche e della popolazione in generale sull'importanza della qualità dell'aria degli ambienti scolastici sulla salute dei bambini, e indicare linee operative per realizzare in tali ambienti condizioni igienico-sanitarie e di sicurezza adeguate alle specifiche esigenze dei soggetti allergici o asmatici. Nella Tabella 4.1.2.1 sono riportate le tipiche sorgenti dell'inquinamento presenti in ambienti confinati unitamente agli agenti chimici che da esse originano.

Tabella 4.1.2.1 - *Fonti di inquinamento indoor e relativi agenti inquinanti*

Fonti di inquinamento *indoor*	Agenti inquinanti
Materiali da costruzione	radon, amianto, fibre minerali
Materiali di rivestimento e moquette	formaldeide, acrilati, VOC (Composti Organici Volatili)
Mobili da ufficio	formaldeide, VOC
Liquidi e prodotti per la pulizia	alcoli, fenoli, VOC
Fotocopiatrici	ozono (O_3), polvere di toner, idrocarburi volatili (VOC)
Fumo di sigaretta	idrocarburi policilici, VOC, formaldeide, CO, particolato fine
Impianti di condizionamento	CO_2 e di VOC in concentrazioni incrementate a causa di uno scarso numero di ricambi orari o eccesso di riciclo
Coibentanti	fibre di lana di vetro, lana di roccia, amianto

Tra queste fonti di pericolo andranno individuati i reali fattori di rischio considerando i livelli di concentrazione aerodispersi e i dati espositivi.
La percezione della presenza di cattivi odori, di fenomeni irritativi o dovuti ad altri effetti sensori costituisce un primo, immediato indicatore della qualità dell'aria indoor; tuttavia nel caso di inquinanti quali gas, vapori e particolato, che potrebbero comportare un rischio per la salute, è necessario verificare che la loro concentrazione sia inferiore ai valori limite, eventualmente dettati dalla normativa o da standard di qualità.

Valutazione del rischio chimico negli edifici scolastici
Il D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. disciplina la valutazione del rischio chimico nel Titolo IX, Capo I (Protezione da agenti chimici) e Capo II (Protezione da agenti cancerogeni e mutageni), dettandone criteri, metodi e finalità, sinteticamente illustrati nella sezione *Riferimenti normativi e strategie per la valutazione del rischio chimico*. Ai fini della valutazione del rischio chimico vanno considerate:

1. le proprietà tossicologiche delle sostanze che, entrando in contatto con l'organismo umano, possono essere responsabili di effetti nocivi a lungo termine;
2. la possibilità che si verifichino infortuni dovuti agli effetti acuti o alle proprietà corrosive di alcune sostanze chimiche con cui si entra in contatto in modo accidentale;
3. l'eventualità che possano aver luogo esplosioni e/o incendi per la presenza di sostanze aventi particolari caratteristiche chimico-fisiche.

In linea generale all'interno degli edifici scolastici possono essere individuate diverse tipologie di ambienti *indoor:* aule, laboratori, uffici e palestre.
In particolare, per le attività svolte in laboratorio e per quelle di pulizia e manutenzione, è necessario conoscere le caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti, le relative quantità normalmente in uso, quelle stoccate, la frequenza di utilizzo e le modalità di manipolazione da parte di chi è preposto a utilizzarle; di conseguenza il censimento di tutte le sostanze potenzialmente pericolose rappresenta la fase iniziale della valutazione del rischio.
Per gli ambienti in cui si svolge attività didattica, l'interesse principale è focalizzato sulla verifica della qualità dell'aria indoor (IAQ) e, su tale aspetto, molti degli studi e dei rilievi sperimentali reperibili nella letteratura nazionale e internazionale svolti negli ambienti scolastici riguardano per la maggior parte le aule; da questi risulta inoltre che la scelta degli indicatori da monitorare è fondamentale al fine di:

- identificare sorgenti di inquinanti;

- determinare l'efficienza dei sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento di un edificio;
- verificare le azioni correttive e correlare i sintomi degli occupanti alla qualità dell'aria indoor.

Tra gli indicatori comunemente utilizzati nella valutazione della IAQ rientrano la concentrazione del contaminante, la velocità di emissione delle sorgenti, la percezione di odori e sensazioni olfattive, la densità degli occupanti; di norma vengono valutati anche i rapporti di concentrazione *indoor/outdoor* dei vari inquinanti, la loro velocità di emissione per unità di area calpestabile o di volume dell'edificio. Tra i contaminanti più frequentemente misurati vi sono: CO_2, ossido di carbonio (CO), la componente totale degli elementi organici volatili (TVOCs), i componenti organici volatili specifici (VOCs) e il radon. I VOC rappresentano i microinquinanti dell'ambiente di lavoro indoor più comuni: in questa categoria rientrano più di 300 composti, i più noti dei quali sono gli *idrocarburi alifatici*, gli *idrocarburi aromatici,* gli *idrocarburi clorurati*, i *terpeni*, gli *alcoli*, gli *esteri*, i *chetoni* e le *aldeidi*.
È anche possibile ed utile impiegare un indicatore che correli tra loro i livelli di CO_2 e VOC.
Di recente è stato condotto uno studio in alcune scuole della Toscana, nell'ambito del quale sono stati monitorati diversi agenti di rischio, tra cui il PM2,5 (sottoinsieme del PM10 avente diametro inferiore a 2,5 μm), alcune aldeidi (formaldeide e acetaldeide) e la classe dei BTEX (benzene, toluene, etilbenzene e xileni). Questi ultimi costituiscono un particolare sottoinsieme dei VOC totali, tipicamente presenti nei gas di scarico delle automobili; altre fonti indoor di BTEX nelle scuole sono rappresentate dal riscaldamento degli ambienti, dai detergenti utilizzati per la pulizia dei locali che possono contenere piccole quantità di questi composti, dai vapori di composti organici che si generano da alcuni materiali durante la ristrutturazione degli ambienti, dalla fumigazione a scopo di disinfezione o disinfestazione e, infine, dall'uso di pitture e solventi vari. Ulteriori contributi possono derivare dall'uso di alcuni materiali quali pennarelli, pitture, colle, prodotti di gomma, impiegati per la didattica. Infine, il microinquinamento da benzene può essere presente a livello indoor, spesso in concentrazioni maggiori di quelle rilevabili all'esterno.

Riferimenti normativi e strategie per la valutazione del rischio chimico
L'art. 221 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. definisce i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che derivano, o possono derivare, dagli effetti di agenti chimici presenti sul luogo di lavoro o come risultato di ogni attività lavorativa che comporti la presenza di agenti chimici.

Nella definizione dei criteri per la corretta valutazione del rischio chimico, l'art. 223 richiama principi, già espressi dal precedente D.Lgs. 626/94 (titolo VII bis, art. 72 quater c1), secondo i quali, per ogni agente chimico pericoloso, sulla base dei risultati della valutazione dei rischi, il datore di lavoro deve porre in atto le misure utili a garantire un livello di rischio basso per la sicurezza e irrilevante per la salute dei lavoratori, in relazione al tipo e alla quantità dell'agente, al livello, al modo e alla durata dell'esposizione.
La valutazione del rischio chimico in ambito professionale può essere condotta secondo criteri e metodi molto diversi tra loro in relazione alla finalità che ci si prefigge. In generale, definiti per ogni agente chimico pericoloso il valore limite e il livello d'azione[14], sono distinguibili i seguenti approcci metodologici:

1) *valutazione preliminare del rischio,* fondata sulla raccolta di dati informativi (schede di sicurezza di sostanze e preparati impiegati, quantità, tempi di esposizione, organizzazione del lavoro) degli agenti chimici pericolosi presenti nell'ambiente oggetto di studio. A seguito di tale analisi si può escludere la necessità di procedere a una valutazione più approfondita qualora, sulla base delle informazioni acquisite, l'esposizione risulti inferiore al livello d'azione. In tali condizioni il rischio può essere definito irrilevante;
2) *valutazione qualitativa e quantitativa del rischio* attraverso l'utilizzo di algoritmi o misure ambientali. Dall'esito dell'analisi così condotta il rischio può essere definito irrilevante (esposizione inferiore al livello d'azione) o non irrilevante (esposizione superiore al livello d'azione);
3) *verifica del rispetto del valore limite di esposizione* (valore limite ponderato indicato a norma di legge o da organismi scientifici) tramite effettuazione di misure ambientali per verificare l'eventuale superamento del livello d'azione o, nelle condizioni peggiori, del valore limite.

Mentre al di sopra del valore limite la maggior parte dei lavoratori corre il rischio di contrarre patologie, tra il livello di azione ed il valore limite tale condizione riguarda solo i soggetti ipersensibili. Al di sotto del livello di azione, infine, l'esposizione è talmente bassa che il rischio può considerarsi quasi nullo per tutti i lavoratori (compresi i soggetti ipersensibili). Nel caso della valutazione del rischio chimico, per ogni singola sostanza si utilizza come riferimento il valore limite ponderato (VLP) indicato dalle norme di legge o, in loro assenza, dagli organismi scientifici.

14 Il valore limite indica il livello di esposizione che non deve essere superato; il livello di azione è la soglia cui il lavoratore può essere esposto nonostante scatti l'obbligo di adottare misure di prevenzione specifiche (sorveglianza sanitaria, formazione, DPI, sistemi di prevenzione collettiva, ecc.).

La maggior parte delle politiche in materia di controllo dell'inquinamento dell'aria, nel corso degli ultimi decenni, ha riguardato l'ambiente esterno (D.Lgs. 155/2010). Di conseguenza, per la verifica della qualità dell'aria negli ambienti indoor residenziali privati e pubblici non vi sono veri e propri riferimenti legislativi nè tantomeno linee guida o valori di riferimento utili a valutare correttamente i livelli degli inquinanti misurati.
Gli standard di riferimento, inoltre, devono tenere conto anche della composizione della popolazione (bambini, anziani, soggetti malati, donne in gravidanza) e per tale motivo, per caratterizzare la qualità dell'aria indoor degli ambienti residenziali, i VLP devono essere più severi rispetto ai corrispondenti riferimenti igienico-sanitari impiegati per la protezione dei lavoratori contro le malattie professionali[15]. In relazione alla tipologia di studi effettuati (epidemiologici, clinici e tossicologici) si dispone di standard di qualità dell'aria indoor solo per un ristretto numero di agenti chimici. Per lo più, si fa riferimento alle linee guida elaborate da:

- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS);
- Environmental Protection Agency (EPA);
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).

Agenti chimici monitorati
Tra gli indicatori che possono essere oggetto di monitoraggio ai fini dello studio della qualità dell'aria *indoor* sono stati scelti la CO_2 ed i VOC[16]. Nel prosieguo si riporta il dettaglio delle sorgenti da cui originano e i valori limite di esposizione e/o di riferimento indicati dalla letteratura scientifica.

CO_2
La principale sorgente di CO_2 negli ambienti di vita e di lavoro è dovuta alla respirazione degli esseri umani che ne producono in misura proporzionale al livello del loro dispendio metabolico. Fra i gas di origine metabolica, l'anidride carbonica è quello quantitativamente più abbondante: per tale ragione essa viene comunemente utilizzata come indicatore dell'inquinamento indoor.
Nelle indagini sulla qualità dell'aria, soprattutto negli ambienti ad elevato tasso di occupazione, la concentrazione di CO_2 è un parametro fondamentale per controllare gli apporti di aria esterna, (*percentuale di aria immessa*

15 Il loro impiego ha lo scopo di:
- minimizzare i problemi di salute anche delle popolazioni più vulnerabili (es: giovani e gli anziani);
- promuovere il benessere e il comfort di tutti gli occupanti dell'ambiente interno residenziale.

16 Agli inquinanti trattati in questa sezione va aggiunto il gas radon cui è dedicato il capitolo 4.1.3.

dai sistemi di condizionamento e suo grado di miscelazione con l'aria interna) e, in generale, le prestazioni dei sistemi di trattamento dell'aria (UTA).
Nel complesso, quindi, la concentrazione di CO_2 viene utilizzata come indicatore indiretto della ventilazione in relazione alla necessità di diluire opportunamente gli inquinanti prodotti dagli occupanti, e come parametro di controllo del tasso di ventilazione. In particolare, secondo lo standard ASHRAE 62, la relazione fra la concentrazione di CO_2 e l'apporto di aria esterna è dato dalla seguente espressione:

$$Q = \frac{N}{C_s - C_o} \quad [1]$$

dove
Q = tasso di ventilazione per occupante;
N = tasso di produzione di CO_2 per persona;
C_s = concentrazione di CO_2 nell'ambiente interno;
C_o = concentrazione di CO_2 nell'ambiente esterno.

Negli ambienti in cui l'unica fonte di inquinamento è costituita dagli occupanti, impiegando il livello di CO_2 aerodispersa come indice della concentrazione di bioeffluenti, si può calcolare la percentuale di insoddisfatti, in funzione della concentrazione dell'analita, secondo la seguente relazione:

$$PD=395 \exp (-15{,}15\ C_{CO2}^{\ -0{,}25}) \quad [2]$$

La normale concentrazione di CO_2 nell'atmosfera è pari a circa 350 ppm (630 mg/m^3)[17], anche se tale valore è in tendenziale crescita. La massima concentrazione ammissibile in ambienti chiusi è di 5000 ppm (9 g/m^3), in termini di *Maximum Allowable Concentration* (MAC), e di 1000-2500 ppm (1.8-4.5 g/m^3) in termini di *Acceptable Indoor Concentration* (AIC).
Al fine di garantire il *comfort* per presenza di odori corporali sgradevoli, lo standard ASHRAE 62.1 raccomanda di non superare le 1000 ppm, che corrispondono a 8 L/s per persona per uno standard occupazionale di circa 13 m^2 per persona.
Tale limite viene fissato unicamente in base alla associazione con l'odore corporeo e non con gli effetti sulla salute o sul comfort e si basa su una concentrazione esterna di 300 ppm[18]: in generale, comunque, nella norma tale valore di ventilazione viene raccomandato come valore minimo da adottare per la gran parte degli ambienti occupati.

17 Per valori di P=1 bar e T=20°C, per l'anidride carbonica vale la relazione: 1ppm=1,806 mg/m^3.
18 Indirettamente questa associazione è fra il tasso di ventilazione per persona e la velocità con cui una persona produce sostanze odorose.

Qualora si superi una concentrazione di 600 ppm di CO_2 (circa 1 g/m³), gli insoddisfatti crescono significativamente secondo la relazione [2] sopra esposta; ad esempio, in condizioni di concentrazione differenziale di CO_2[19] (ΔCO2-lim) pari a 700 ppm di CO_2 corrisponde una PD del 15%, che rappresenta condizioni di rischio non elevato. Quando i livelli riscontrati superano 800 ppm (1.44 g/m³) è consigliabile controllare i tassi di immissione dell'aria esterna.
Per evitare problemi alla salute, la concentrazione in ambienti chiusi non dovrebbe superare le 3500 ppm (6.3 g/m³), anche se in concentrazioni inferiori a 5000 ppm la CO_2 non è dannosa per l'uomo.
Concentrazioni superiori a 10000 ppm (18 g/m³) provocano malesseri reversibili, mentre oltre le 40000 ppm (72 g/m³) si registrano effetti di tossicità.
La ΔCO_2 possiede molti dei requisiti di un descrittore ideale perchè è in diretta relazione con il livello di discomfort, è semplice ed economica da rilevare e, se misurata facendo attenzione al mantenimento nell'ambiente di condizioni tipiche, possiede un'incertezza modesta.
La legislazione italiana prevede per l'anidride carbonica un valore limite, in relazione ad un periodo di riferimento di otto ore, pari a 9000 mg/m³ corrispondenti a 5000 ppm (D.Lgs. 81/2008 Allegato XXXVIII - Valori limite di esposizione professionale). Nella Tabella 4.1.2.2 si riportano i valori limite di riferimento (*TLV= Threshold Limit Values; TWA= Time Weighted Average; STEL= Short-Term Exposure Limit; C= Ceiling*) fissati dall'ACGIH e dall'ASHRAE.

Tabella 4.1.2.2 - *Valori limite di riferimento per l'anidride carbonica.(1) Standard ACGIH, 2009;(2) Standard ASHRAE [Per la conversione da ppm a mg/m³ (T=25°C; P=760 torr): TLV (mg/m³)=(TLV in ppm) (PM in g)/24,45 con PM= peso molecolare]*

	TWA		STEL/C	
	ppm	mg/m³	ppm	mg/m³
CO_2 (N° CAS 124-38-9)	5000(1)	9000(1)	30000(1)	54000(1)
		1800(2)		

19 Rapporto tra concentrazione di CO_2 riscontrata all'esterno e all'interno di un determinato ambiente.

Composti organici volatili

Negli ambienti *indoor* i composti organici volatili (VOC) comprendono alcune centinaia di tipologie di sostanze chimiche diverse. Queste sono generate principalmente da materiali edili, isolanti, arredi e rivestimenti. Possono inoltre provenire da sostanze naturali o da prodotti normalmente impiegati per l'igiene personale o per la pulizia degli ambienti. Un'altra sorgente di VOC è rappresentata dal fumo di tabacco e dai bioeffluenti emessi dall'uomo.

Tali sostanze hanno punti di ebollizione variabili da 50°C a 260°C in funzione dei quali si distinguono *composti organici gassosi molto volatil*i (VVOC), con punto di ebollizione variabile da 0 a 100°C e *composti organici volatili* (VOC) propriamente detti, per i quali l'ebollizione avviene tra 100 °C e 260 °C[20].

I VOC possono determinare una vasta gamma di effetti che vanno dal disagio sensoriale fino a gravi alterazioni dello stato di salute. Alte concentrazioni negli ambienti *indoor* possono causare effetti a carico di numerosi organi o apparati e, in particolare, del sistema nervoso centrale. Infine, alcuni di essi sono cancerogeni per l'uomo (*benzene*) o per l'animale (*CCl4, tetracloruro di carbonio, cloroformio, tricloroetilene, tetracloroetilene*).

L'emissione di VOC è più alta all'inizio della vita del prodotto e tende a diminuire notevolmente in tempi abbastanza brevi (da una settimana per i prodotti umidi, come vernici e adesivi, a sei mesi per altri composti chimici). Fa eccezione la formaldeide, che viene rilasciata anche a distanza di molti anni dai collanti in cui è presente. La pericolosità dei VOC dipende dall'interazione con le altre sostanze presenti nell'ambiente, dal tempo di esposizione e dalla loro concentrazione. Quest'ultima dipende dal rapporto tra superficie emittente e volume dell'ambiente ed è condizionata dal numero di ricambi orari dell'aria; la pericolosità è funzione delle sinergie con altre sostanze presenti nell'ambiente, della concentrazione e del tempo di esposizione. Data la numerosità dei VOC potenzialmente presenti in un ambiente, la loro analisi risulta complessa e, di conseguenza, il rischio dovuto al loro effetto totale sugli esseri umani non è facilmente stimabile.

Nelle direttive europee sulla qualità dell'aria interna (EEC, 1992) vengono riportati due differenti approcci utilizzati nella formulazione di linee-guida per la valutazione degli effetti di tali sostanze (escludendo la formaldeide e quelle cancerogene), il primo dei quali riguarda la misura del livello dei VOC totali (TVOC) (Mølhave, 1990) mentre il secondo è basato sull'illustrazione di tecniche di separazione e quantificazione gas-cromatografiche (Seifert, 1990). Il primo approccio fonda su dati tossicologici e propone una classificazione

20 A temperature di ebollizione più elevate, le sostanze si classificano come composti organici semivolatili (SVOC).

dei VOC totali in base ai range di esposizione riportati in Tabella 4.1.2.3. Il secondo approccio, invece, in riferimento ai livelli di inquinante normalmente rilevati negli ambienti indoor definisce i livelli di accettabilità sulla base di giudizi professionali di merito. La Tabella 4.1.2.4 riporta i valori guida per i principali composti chimici, suddivisi in classi; il valore indicato si riferisce ai primi dieci elementi di ciascuna classe. Ai fini della valutazione il valore dei VOC totali è dato dalla somma dei valori di concentrazioni assegnati a ciascuna classe.

Tabella 4.1.2.3 - *Classificazione del range di esposizione dei VOC totali in base ai livelli di concentrazione*

Range	Concentrazione (µg/m³)
comfort	< 200
esposizione multifattoriale	200-300
discomfort	3000-25000
tossicità	> 25000

Il valore di target proposto per i TVOC (VOC totali) è 300 µg/m³; nessun singolo composto dovrebbe in ogni caso superare il 10% di tale valore o il 50% del valore assegnato alla classe di appartenenza. I due approcci, sebbene molto diversi nella loro impostazione concettuale, forniscono risultati praticamente identici.

Tabella 4.1.2.4 - *Valori guida per le classi di composti di VOC*

Composto	Valore guida (µg/m³)
Alcani	100
Aromatici	50
Terpeni	30
Idrocarburi alogenati	40
Esteri	20
Carbonili (formaldeide esclusa)	20
Altri	50

Recentemente è stato proposto di utilizzare il livello dei VOC totali come indicatore sia di condizioni di comfort che di salubrità. Dato che la legislazione vigente non definisce un valore soglia rispetto al quale confrontare i risultati

dei rilievi strumentali dei VOC totali, si può fare riferimento alle linee guida dell'OSHA che fissano un livello di esposizione permissibile (PEL) a 750 ppb (parti per miliardo) e un livello di comfort compreso tra 70 e 450 ppb. Alcuni lavori di letteratura evidenziano che le concentrazioni indoor di VOC possono variare entro un ampio range anche in funzione dell'età degli edifici. In riferimento agli edifici scolastici Il *Nordic Committee on Building Regulations* indica che i VOC totali riscontrati in tali ambienti variano tra 0.05 e 0.3 mg/m^3. Studi condotti in scuole del Canada e degli USA riportano valori misurati compresi tra 0 e 1,295 mg/m^3 (valore medio: 1.56 ppm corrispondenti a circa 390 µg/m^3).

Correlazione tra TVOC e CO_2

Considerando una tipica velocità di generazione di bioeffluenti, i VOC totali raggiungono il livello di 200 µg/m^3 quando la CO_2 raggiunge le 755 ppm (*di cui 390 ppm come contributo di bioeffluenti e 365 dell'ambient*e). In modo equivalente una concentrazione di 100 ppm per la CO_2 corrisponderebbe a 330 µg/m^3 di bioeffluenti. Un approccio più razionale ma più difficile da realizzare potrebbe focalizzarsi su quei VOC che causano irritazione delle mucose, cancro ed altri effetti avversi.

Monitoraggi ambientali

Le indagini ambientali sono state svolte all'interno di aule, laboratori, uffici e palestre tenendo conto della localizzazione delle sorgenti di inquinamento outdoor situate nelle vicinanze degli edifici scolastici, con particolare riferimento all'incidenza del traffico veicolare. Gli ambienti sono risultati caratterizzati esclusivamente da ventilazione naturale. Ai fini dell'indagine sono state acquisite informazioni sul numero di ricambi d'aria per aula nei diversi periodi e stagioni dell'anno.
Per i vari ambienti è stato inoltre calcolato il rapporto cubatura/numero di occupanti poiché tale fattore è spesso responsabile del peggioramento della qualità dell'aria a causa della prolungata permanenza degli studenti nelle aule, in mancanza di una adeguata aerazione dei locali. In ragione delle modalità di svolgimento delle lezioni, nelle quali il movimento degli occupanti è fortemente limitato, si è preferito effettuare rilievi d'area piuttosto che di tipo personale. Le misure sono state eseguite con il rilevatore portatile Monitor Multi gas PGM-50 della Rae Systems, che fornisce un monitoraggio continuo di:

- composti organici (VOC) attraverso un detector a foto-ionizzazione (PID);
- anidride carbonica (CO_2) attraverso un sensore a infrarossi non dispersivo (NDIR).

I valori di concentrazione dei gas rilevati sono aggiornati dallo strumento in tempo reale ed espressi in ppm. La Tabella 4.1.2.5 riporta il campo di misura, la risoluzione ed il tempo di risposta dello strumento per gli analiti indagati, mentre la Tabella 4.1.2.6 contiene la sintesi delle condizioni operative dello strumento nella sua configurazione di base.

Tabella 4.1.2.5 - *Campo di misura, risoluzione e tempo di risposta dei sensori disponibili*

Analita	Campo di misura (ppm)	Risoluzione	Tempo di risposta (sec)
CO2	0÷50.000	10	60
VOC	0÷200	0,1	10
	200÷2000	1	10
O_2	0÷30%	0,1%	15

Tabella 4.1.2.6 - *Specifiche del Monitor Multi gas PGM-50 nella configurazione base*

misura concentrazione VOC	misura contemporanea di 3 gas con pompa di campionamento e datalogging
misura concentrazione CO_2 CO_2 misura di gas tossico	sensore PID (10,6 eV) a banda aperta sensore NDIR (a infrarossi non dispersivo) sensore elettrochimico selettivo
flusso pompa di campionamento	150 cc/min
intervallo di datalog	programmabile da 1 a 3600 sec
calibrazione	due punti di calibrazione (aria pulita e gas standard di riferimento)

Il sensore PID, di tipo "a banda aperta", effettua la misura dei VOC totali, comprendendo una vasta serie di analiti contraddistinti da un potenziale di ionizzazione inferiore o uguale a 10,6 eV. Livelli significativi di VOC totali aerodispersi, come pure la presenza di particolari sorgenti inquinanti ineliminabili, potrebbero giustificare campionamenti "mirati", da condurre con metodi più selettivi e più sensibili (per esempio di tipo cromatografico) in grado di individuare e quantificare sostanze chimiche appartenenti a classi diverse.

Risultati

I risultati dei rilievi di CO_2 (per un numero totale di 87) sono stati raggruppati in tre intervalli di concentrazione e riportati nel diagramma di Figura 4.1.2.2

che mostra la distribuzione percentuale di tali livelli di concentrazione media riscontrata negli ambienti oggetto di indagine.
Tutti i valori di concentrazione superiori a 3500 ppm sono stati riscontrati nel corso di monitoraggi condotti nel periodo freddo così come la maggior parte dei livelli di concentrazione compresi tra 1000 e 3500 ppm. Tale evidenza è da mettere in relazione con il minor numero di ricambi d'aria normalmente effettuati d'inverno, che determinano l'aumento della concentrazione della CO_2 dell'aria negli ambienti oggetto di monitoraggio. Non sono state osservate correlazioni dei dati raccolti né con la tipologia di ambiente (aula, laboratorio, palestra, ufficio) né con l'indice di affollamento, laddove è stato possibile calcolarlo.
I livelli di TVOC sono risultati sempre prossimi al limite di rivelabilità dello strumento. Sul totale dei rilievi effettuati (in numero di 87), una quota pari all'84% è risultata inferiore a 0,1 ppm ed una pari al 16% è risultata compresa tra 0,1 e 0,5 ppm. Ciò attesta che i livelli riscontrati sono al di sotto dei valori medi riportati negli studi di letteratura.

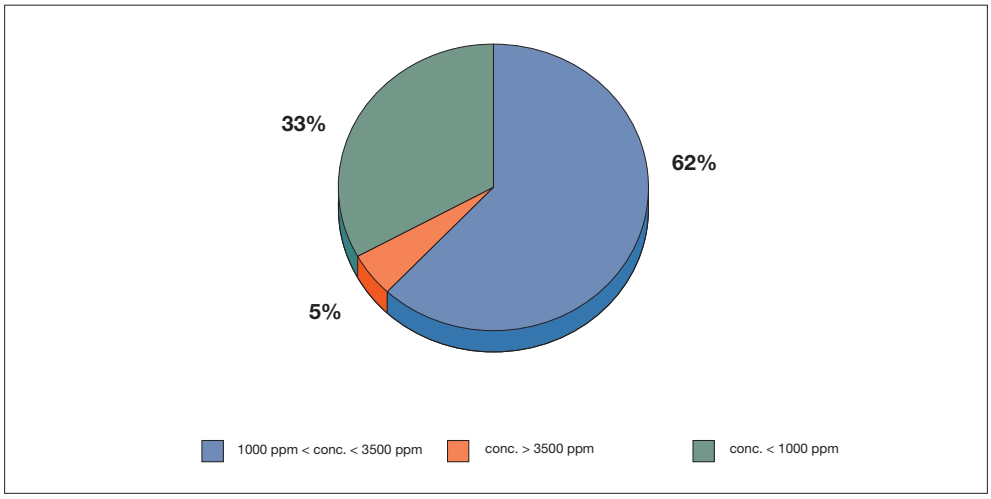


Figura 4.1.2.2 - *Distribuzione percentuale dei livelli di concentrazione media di CO_2 rilevati.*

4.1.3 Il rischio radon

La radioattività

Alcuni elementi chimici, detti radionuclidi o radioisotopi[21], sono instabili: in virtù di un processo detto "decadimento radioattivo", questi tendono infatti a trasformarsi in atomi di altri elementi emettendo particelle subatomiche e radiazioni ad alta energia, quali i raggi X o γ. Le particelle e i raggi emessi vengono definiti "radiazioni ionizzanti", in virtù della loro capacità di ionizzare e modificare gli atomi della materia circostante. Il processo citato può avere origine artificiale o naturale: in quest'ultimo caso, estremamente frequente e molto più diffuso di quanto si pensi, le radiazioni ionizzanti possono provenire dal cosmo o essere generate dai radioisotopi primordiali, presenti sulla Terra fin dalla sua formazione, o dai loro prodotti di decadimento.
Le radiazioni ionizzanti hanno la capacità di modificare i tessuti cellulari che ne vengono colpiti. In particolare, gli effetti possono essere rilevanti quando modificano la struttura del DNA. Il contatto tra le radiazioni ionizzanti e i tessuti umani avviene per semplice esposizione esterna, per ingestione di sostanze contaminate o per inalazione. Tra tutte le sorgenti naturali di radiazioni, quella che ha la maggiore rilevanza dal punto di vista sanitario è il radon (Rn).

Il radon

Il radon è un gas nobile, inodore, insapore, incolore e chimicamente inerte. Il suo isotopo ^{222}Rn, il più rilevante dal punto di vista sanitario, deriva dal decadimento radioattivo dell'Uranio 238 (^{238}U), un radioisotopo primordiale presente nelle varie rocce della crosta terrestre. Come per tutti i radionuclidi, la distribuzione di ^{238}U non è uniforme: esso può essere più o meno abbondante in funzione della natura delle rocce e dei minerali presenti nelle diverse aree geografiche. I valori di concentrazione più elevati si riscontrano nelle zone caratterizzate dalla presenza di formazioni geologiche di origine intrusiva o effusiva[22]. Il territorio laziale è interessato dalla presenza diffusa di coltri laviche e piroclastiche e quindi da alte concentrazioni di ^{238}U, dal cui decadimento si origina una serie di *"figli"*, anch'essi radioattivi, tra cui il ^{222}Rn. Questo, attraverso una serie di decadimenti radioattivi α e β, si trasforma in elementi metallici, anch'essi radioattivi e caratterizzati da brevi periodi di decadimento.

---

21 Gli isotopi sono atomi dello stesso elemento chimico aventi uguale numero atomico e differente numero di massa per effetto di un diverso numero di neutroni nel nucleo.

22 Le rocce magmatiche si distinguono in diverse tipologie in funzione della loro genesi: si definiscono intrusive quelle originate da magmi solidificati all'interno della crosta terrestre; le rocce effusive si formano per solidificazione di magmi sulla superficie terrestre; tra queste le rocce piroclastiche sono costituite dall'insieme dei prodotti esplosivi di un'eruzione vulcanica (piroclasti) che cadono sul suolo per costituire depositi incoerenti (es. pozzolane) o compatti (es. tufi).

Lo stato gassoso del radon rende possibile la sua inalazione; anche gli ioni metallici radioattivi che vengono prodotti a seguito del suo decadimento, legati al particolato aerodisperso, possono essere introdotti nei polmoni.

Alcuni di questi ioni, come il polonio 218 (^{218}Po), il piombo 214 (^{214}Pb), il bismuto 214 (^{214}Bi) ed il polonio 214 (^{214}Po), hanno vita brevissima (figura 4.1.3.1): una volta introdotti nei polmoni, essi si depositano negli alveoli dove, per effetto del rapido decadimento, iniziano a irradiare con alta energia i tessuti circostanti, innescando processi di modificazione del DNA cellulare e, in tal modo, aumentando il potenziale rischio di insorgenza di tumori.
Il radon prodotto nelle rocce della crosta terrestre può fuoriuscirne per diluirsi nell'atmosfera: la sua concentrazione in aria risulta generalmente molto bassa, tale da non costituire un rischio per la salute della popolazione. Esso può invece costituire un rischio rilevante dal punto di vista sanitario negli ambienti confinati (*radon indoor*) dove, in determinate condizioni, può raggiungere concentrazioni tali da risultare pericoloso per la salute.

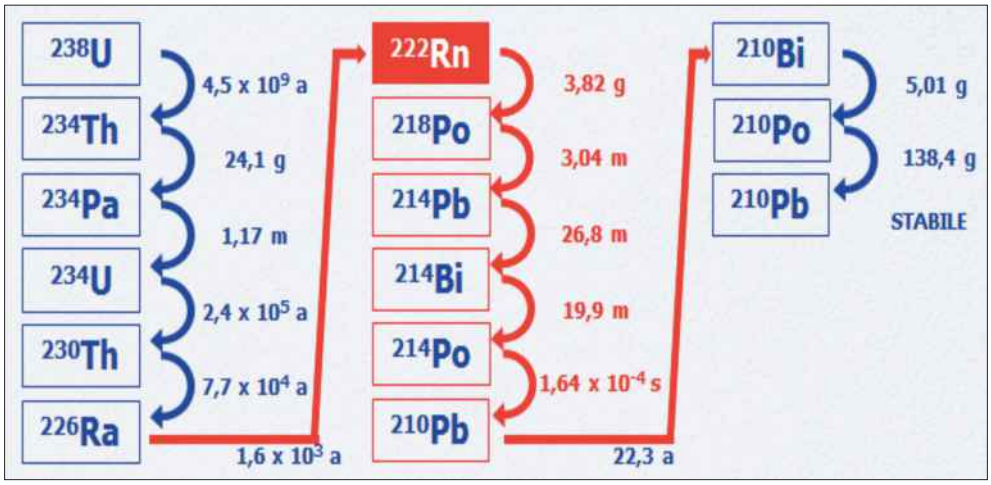


Figura 4.1.3.1 - *Catena di decadimento del ^{238}U. Sono riportati i periodi di dimezzamento dei diversi isotopi.*

Il radon, trasportato dai fluidi sotterranei, tende a migrare dalle rocce in cui si è formato per risalire verso la superficie e penetrare nella parte inferiore degli edifici attraverso discontinuità strutturali, quali piccole crepe, fessure o pori. Di conseguenza, il principale apporto di radon in un edificio può provenire dalla zona delle fondazioni, in particolar modo se le rocce sottostanti sono caratterizzate da alte concentrazioni di ^{238}U. In questo caso il radon

tende ad accumularsi nei piani più bassi dell'edificio: in particolare, saranno interessati da questo fenomeno i piani interrati e seminterrati.
Un apporto ulteriore, a volte non secondario, è rappresentato dai materiali con i quali vengono realizzati gli elementi strutturali degli edifici (muri, tamponature e intonaci) che, in virtù della loro natura, possono emettere quantità di radon non trascurabili.
Nel caso del Lazio, la disponibilità di rocce di natura effusiva e piroclastica ha favorito il loro diffuso impiego come materiali da costruzione. Soprattutto nel caso di edifici meno recenti, per i quali l'impiego del cemento armato è stato limitato o nullo, la concentrazione di radon proveniente da tali materiali può essere maggiore di quella imputabile alla risalita dei fluidi sotterranei. In questi casi la concentrazione di radon tende a essere elevata tanto nei piani alti quanto in quelli bassi degli edifici.
Un contributo aggiuntivo alla concentrazione di radon negli ambienti chiusi, nella maggior parte dei casi non superiore all'1%, può derivare dall'acqua, nella quale tale gas è solubile.
La concentrazione del radon indoor è soggetta a variazioni temporali (giorno e notte, stagione calda e fredda); inoltre essa può essere diversa nei vari locali di un edificio, in particolar modo se situati su piani differenti. La concentrazione è influenzata poi da alcuni parametri:

- differenza di temperatura: può determinare migrazioni di radon verso l'interno di un edificio. Se al suo interno la temperatura risulta maggiore di quella esterna (cosa che avviene durante la notte o nei mesi invernali), si crea una situazione di depressione che favorisce la risalita dei gas (e quindi del radon) dal sottosuolo attraverso piccole crepe, fessure e pori (*effetto camino*);
- differenza di pressione: può determinare la migrazione del radon verso l'interno o l'esterno di un fabbricato. In particolare un abbassamento di pressione all'interno di un edificio può determinare l'ingresso del radon nello stesso;
- ventilazione: in assenza o scarsità di scambio d'aria con l'esterno, la concentrazione di radon può essere significativa.

Lo stato di conservazione del fabbricato può essere determinante nella dinamica di propagazione del radon: in condizioni strutturali non ottimali, la presenza di piccole fessure nelle opere murarie favorisce la diffusione di questo gas nei diversi locali, compresi quelli situati ai piani più alti.
Anche l'umidità e la polverosità dell'aria sono parametri rilevanti per quanto riguarda il rischio: in presenza di pulviscolo aerodisperso e di particelle di acqua, i prodotti del decadimento del radon vi possono aderire per essere poi veicolati all'interno delle vie respiratorie.

Per quanto il rischio imputabile al radon sia da annoverare tra quelli meno noti, esso è conosciuto da tempo come responsabile di un gran numero di casi di tumori polmonari. Nel 1977 l'UNSCEAR (Comitato Scientifico delle Nazioni Unite sugli Effetti della Radiazione Atomica) ha riconosciuto nel radon la principale sorgente di radiazioni ionizzanti a cui risulta esposta la popolazione; nel 1988 la IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) ha classificato il radon come cancerogeno di gruppo 1, collocandolo al secondo posto quale causa di tumori ai polmoni dopo il fumo di tabacco.

Il radon nelle scuole

Per conoscere l'entità del rischio di esposizione al radon all'interno di un edificio è necessario misurare la sua concentrazione nei vari ambienti, al fine di individuare ed attuare le eventuali misure di prevenzione. Le scuole rientrano a tutti gli effetti tra gli ambienti in cui la concentrazione del radon può raggiungere, in determinate situazioni, livelli tali da rappresentare un rischio.
Il Capo III-bis del D.Lgs. 241 del 31.10.2000, in attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti, tratta l'esposizione dei lavoratori alle radiazioni ionizzanti di origine naturale. In esso vengono riportate le attività per le quali deve essere valutata ed eventualmente ridotta l'esposizione dei lavoratori alle sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti, con particolare riguardo al radon.
In particolare, il citato decreto puntualizza che le deroghe previste dall'art. 10 *quinquies* comma 5 (obbligo di valutare il rischio radon), non possono essere applicate alle attività svolte negli asili nido, nelle scuole dell'infanzia e in quelle dell'obbligo, in ragione della giovane età della popolazione studentesca, particolarmente sensibile agli effetti del radon.
Anche se le scuole superiori, oggetto della presente indagine, non vengono citate nel suddetto decreto, si è ritenuto opportuno approfondire la conoscenza dell'inquinamento da radon nei loro ambienti, in virtù della suscettibilità dei giovani ai danni provocati dalle radiazioni ionizzanti.
Al fine di disporre di un quadro esaustivo della situazione di rischio da radon nelle scuole, si è ritenuto opportuno effettuare alcuni sopralluoghi volti all'individuazione degli ambienti in cui, per effetto della loro ubicazione, fosse presumibile riscontrare elevate concentrazioni di radon. I criteri di scelta dei suddetti ambienti hanno tenuto conto delle seguenti caratteristiche:

- posizione dei locali rispetto al piano terra;
- natura dei materiali da costruzione;
- ventilazione;
- stato di conservazione dell'edificio.

In linea generale le misure, eseguite nel corso delle normali attività didattiche o di lavoro, hanno riguardato in prevalenza i locali situati nei piani interrati, seminterrati e al piano terra. Nei luoghi in cui sono state effettuate le misure, la ventilazione era naturale.

Strumentazione e strategia di indagine

Per tenere conto delle variazioni giornaliere della concentrazione nei diversi ambienti, le misure sono state protratte per un periodo di circa un mese; per evidenziare la fluttuazione stagionale della concentrazione di attività del radon, le misure hanno riguardato sia il periodo "freddo" che quello "caldo"[23]. La scelta della strumentazione si è quindi orientata su dispositivi passivi, nei quali il radon penetra per diffusione fino a quando la concentrazione al loro interno diviene pari a quella dell'ambiente in cui vengono effettuate le misure. Si ottiene così una misura integrata nel periodo di campionamento, che rende conto della concentrazione media di radon che caratterizza l'ambiente in esame.

A tale scopo sono stati utilizzati dei dosimetri a elettrete, consistenti in camere di materiale plastico aventi volume noto, in ciascuna delle quali viene inserito un disco in teflon (elettrete) elettrostaticamente carico. Il radon penetrato nella camera, decadendo, determina la diminuzione del potenziale dell'elettrete. Misurando i valori del potenziale con un voltmetro prima e dopo il periodo di esposizione nell'ambiente, si può risalire, per mezzo di un algoritmo, alla concentrazione del radon. Il sistema ad elettreti consente di adottare diverse configurazioni (tipologie di camere e di elettreti utilizzati) in funzione della durata della misura. Nel presente studio, la configurazione scelta per i dosimetri è stata quella di tipo LST (*camera Long Term - elettrete Short Term*), idonea per misure di durata compresa tra 15 e 30 giorni.

La riduzione del potenziale dell'elettrete risente tuttavia, oltre che della presenza del radon, anche del fondo γ. Per conoscere la sola radioattività imputabile al radon, è necessario misurare la caduta totale del potenziale imputabile al fondo γ, da sottrarre alla differenza di potenziale rilevata. A tal fine sono stati impiegati dei dosimetri chiusi in una busta impermeabile al radon. Laddove non è stato possibile effettuare la misura del fondo γ, si è fatto ricorso ai dati di bibliografia.

La *performance* del voltmetro è stata verificata, in occasione di ciascun impiego, per mezzo di tre elettreti di riferimento aventi potenziale noto.

23 Ai fini del confronto con il livello di azione (500 Bq/m3) indicato dal D.Lgs. 241/2000, le misure dovrebbero essere protratte per un anno

Risultati

I dati relativi alla concentrazione di Radon nei vari ambienti indagati sono riportati nella tabella 4.1.3.1. I valori rilevati, sebbene non trascurabili, denotano concentrazioni di radon generalmente inferiori al livello di azione, inteso come concentrazione di attività media annua, di 500 Bq/m^3.

Tabella 4.1.3.1 - *Valori di concentrazione di ^{222}Rn (Bq/m^3) nei locali degli Istituti monitorati. In grassetto sono evidenziati i valori di concentrazione superiori al livello di azione, fissato dal D.Lgs. 241/2000 nella misura di 500 Bq/m^3. A tale proposito si ricorda comunque che i valori misurati non sono relativi al periodo di un anno indicato dal suddetto decreto.*

ISTITUTO	LOCALE	Livello	Concentrazione ^{222}Rn (Bq/m^3)	
			Periodo freddo	*Periodo caldo*
B	Archivio	seminterrato		148±22
	Archivio didattica	seminterrato	103±19	
	Palestra	piano terra	138±21	
C	Archivio	seminterrato		275±28
	Biblioteca	seminterrato	206±24	158±22
	Aula professori	piano terra	203±24	
D	Laboratorio di chimica 1	seminterrato	**625±49**	274±28
	Ripostiglio laboratorio di chimica	seminterrato	**621±49**	
	Laboratorio di microbiologia	piano terra	265±27	232±26
E	Laboratorio di cucina 1	seminterrato	266±34	
	Laboratorio di pasticceria	seminterrato	256±33	
	Sala da pranzo	seminterrato	217±32	
H	Aula di musica	interrato	229±24	
	Aula magna	interrato	**682±66**	
	Laboratorio di fisica	interrato	173±22	

I dati relativi al periodo freddo risultano più elevati rispetto a quelli rilevati nella stagione calda e, in alcuni casi, testimoniano un inquinamento da Radon superiore al livello di azione. I valori superiori al livello di azione sono probabilmente imputabili a un ridotto ricambio d'aria, dovuto alla mancanza di sistemi di ventilazione; questa condizione favorisce nei mesi freddi una maggiore concentrazione del gas, poiché le condizioni climatiche avverse non favoriscono l'apertura delle finestre. In buona parte dei casi, le misure hanno interessato edifici di fattura relativamente recente, i cui materiali da costruzione sono costituiti da calcestruzzo e intonaci a base di gesso, calce

e cemento. Tale condizione fa supporre che il radon misurato all'interno degli edifici abbia origine nel sottosuolo e penetri all'interno degli ambienti, risalendo attraverso le discontinuità degli elementi murari.
I dati ottenuti risultano solo indicativi della situazione in atto e non hanno valore rappresentativo della reale concentrazione del radon all'interno dell'edificio che, a norma di legge, devono essere misurati su base annua. Ai fini del presente studio, si è ritenuto utile evidenziare le variazioni stagionali della concentrazione di attività del radon.

4.1.4 Microclima

Introduzione
Nell'accezione generale il termine "microclima" comprende una gamma di parametri fisici che influenzano e caratterizzano il clima di un ambiente lavorativo. In senso più stretto questo termine, oltre a descrivere le condizioni climatiche di un ambiente, serve a definire il grado di benessere degli occupanti. Le condizioni microclimatiche degli ambienti di lavoro possono variare in funzione di:

- *ciclo produttivo (attività lavorative svolte in condizioni di temperatura particolari, come ad esempio: fonderie, industrie di conservazione di alimenti ecc.);*
- *caratteristiche ambientali (lavori in sotterraneo, in altura ecc.);*
- *caratteristiche dei luoghi di lavoro (posizione geografica, orientamento degli edifici, caratteristiche architettoniche, natura dei materiali costruttivi ecc.);*
- *presenza di impianti di condizionamento dell'aria (ventilatori, condizionatori ecc.).*

Nella maggior parte dei casi, le condizioni microclimatiche rappresentano un fattore di tipo ergonomico che influisce sul senso di benessere e di comfort percepito. In casi estremi, al contrario, queste possono determinare condizioni di vero e proprio rischio per la salute. Gli attuali obblighi di legge, proseguendo il percorso di tutela globale del benessere del lavoratore intrapreso da più di un decennio, pongono particolare attenzione ai fattori "ergonomici" che, pur non costituendo causa di patologie professionali invalidanti, come nel caso di agenti di rischio più "tradizionali" (rumore, vibrazioni, agenti chimici,…), influiscono sul grado di benessere psicofisico del lavoratore.
Le attività didattiche, svolte per la maggior parte all'interno di ambienti confinati, richiedono adeguate condizioni di benessere microclimatico, poiché questo influenza il livello di attenzione e di concentrazione degli studenti e, in ultima analisi, il loro grado di apprendimento: in tal senso va sottolineato

come spesso gli occupanti, come è emerso dai questionari conoscitivi compilati dagli studenti, lamentino situazioni di disagio più o meno evidente anche a causa delle condizioni climatiche.
Negli Istituti scolastici interessati dal progetto sono stati effettuati rilievi microclimatici e analizzati i valori degli indici di benessere calcolati per gli studenti, i docenti e per gli addetti all'area amministrativa, durante il normale svolgimento della loro attività.
I parametri misurati, oltre a descrivere il microclima delle diverse scuole, hanno costituito un ulteriore elemento di valutazione per l'analisi dei dati di contaminazione microbiologica (funghi, batteri, muffe,…) presente all'interno degli ambienti visitati, essendo i microorganismi sensibili ai valori di temperatura e umidità ambientale. Per verificare la variabilità climatica legata al ciclo delle stagioni, le misure sono state eseguite nel periodo "freddo" (gennaio-marzo) e replicate nel periodo "caldo" (maggio-giugno).

Benessere termico
Con la definizione microclima si fa qui riferimento ai valori di temperatura dell'aria, umidità relativa, temperatura radiante e velocità dell'aria che, integrati dai parametri individuali rappresentati dal dispendio metabolico e dall'isolamento termico prodotto dal vestiario, condizionano l'entità dello scambio termico che si instaura tra uomo e ambiente. Lo stato di **benessere termico** descrive la condizione in cui il soggetto non avverte né caldo né freddo (neutralità termica o omeotermia): un microclima confortevole è quello che, in definitiva, suscita nella maggior parte degli individui presenti una sensazione di gradimento (o comfort termico) sia relativa alla situazione in generale (*comfort globale*) sia in riferimento a specifiche parti del corpo (*comfort localizzato*). Riguardo quest'ultimo aspetto è infatti possibile che, pur in presenza di valori ottimali dei parametri climatici coesistano, localmente, situazioni meno soddisfacenti causate dalla presenza di correnti d'aria o da una distribuzione delle temperature non omogenea all'interno degli ambienti. La situazione ottimale è rappresentata quindi dalla condizione in cui nessuna causa (generale o locale) induce *discomfort* nel soggetto.
Analizzare il microclima equivale quindi a valutare lo scostamento delle condizioni microclimatiche reali dagli *standard* di benessere definiti dalle norme tecniche che, oltre certi limiti, può arrecare un notevole disagio; meno frequentemente riguarda la possibilità che i parametri ambientali generino un vero e proprio rischio per la salute.

Bilancio termico dell'organismo
Il nucleo del corpo (organi vitali), circondato dal suo rivestimento di tessuti (*muscoli, pelle, ecc*) che lo isolano dall'ambiente esterno, produce calore.

L'organismo umano, grazie all'ipotalamo[24], è in grado di regolare la temperatura interna intorno ai 37 °C (± 0,5 °C), limitandone le oscillazioni. In questa situazione le varie funzioni e i processi biochimici vitali sono in grado di attivarsi con la massima efficienza. Modificazioni della temperatura interna possono comunque verificarsi per limitati periodi o in condizioni particolari, come ad esempio durante lo svolgimento di *esercizio fisico o per effetto della digestione*.
L'organismo scambia energia termica con l'ambiente circostante, emettendo (o assorbendo) calore. Il bilanciamento tra il contributo di calore prodotto a seguito dei processi metabolici e quello disperso (o assorbito) per convezione, irraggiamento, contatto o per effetto della sudorazione viene definito con il termine omeotermia[25]. L'organismo tende a conservare e preservare questa condizione di equilibrio: nel caso in cui questo viene alterato dalla variazione dei parametri ambientali e/o soggettivi, l'organismo attiva specifici processi di termoregolazione per limitare la dispersione di calore, in caso di raffreddamento *(*vasocostrizione, effetto indotto dai brividi), o incrementarla (vasodilatazione, sudorazione) in caso di riscaldamento.

24 L'ipotalamo è una struttura del sistema nervoso centrale nel quale vengono attivate e regolate alcune funzioni vitali come l'attività endocrina, le termoregolazione e le fasi di veglia e di sonno.
25 Una frazione minima di calore viene scambiata attraverso la respirazione.

Leggi e norme di riferimento

L'art. 180 del D.Lgs. 81/08, pur inserendo il microclima tra gli agenti fisici per i quali il datore di lavoro ha l'obbligo di effettuare la relativa valutazione, non dedica un capo specifico a questo rischio. Indicazioni di massima riguardo l'adeguatezza dell'aerazione, della temperatura e dell'umidità da considerare per i luoghi di lavoro sono contenute nell'allegato IV del suddetto decreto, dedicato agli ambienti di lavoro in generale; in esso tuttavia non vengono fornite indicazioni di tipo quantitativo sui valori dei parametri microclimatici da rispettare. Riferimenti normativi specifici per la valutazione del rischio microclimatico, sono riportati nella tabella:

UNI EN ISO 7726: 2002	Ergonomia degli ambienti termici: Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
UNI EN ISO 7730: 2006	Ergonomia degli ambienti termici: Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale
UNI EN ISO 8996: 2005	Ergonomia dell'ambiente termico: Determinazione del metabolismo energetico
UNI EN ISO 9920: 2009	Ergonomia dell'ambiente termico: Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento
UNI EN ISO 10551: 2002	Ergonomia degli ambienti termici: Valutazione dell'influenza dell'ambiente termico mediante scale di giudizio soggettivo
UNI EN ISO 11399: 2001	Ergonomia degli ambienti termici: Principi e applicazione delle relative norme internazionali
UNI EN ISO 13731: 2004	Ergonomia degli ambienti termici: Vocabolario e simboli
UNI EN ISO 14505-2: 2006	Ergonomia degli ambienti termici: Valutazione dell'ambiente termico nei veicoli - Parte 2: Determinazione della temperatura equivalente
UNI EN ISO 14505-3: 2007	Ergonomia degli ambienti termici: Valutazione dell'ambiente termico nei veicoli - Parte 3: Valutazione del benessere termico mediante l'utilizzo di soggetti umani
UNI EN 15251: 2008	Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica

Valutazione del comfort termico

Gli ambienti termici si classificano convenzionalmente in **severi,** caldi o freddi, dove le condizioni ambientali estreme costituiscono un fattore di rischio vero e proprio, e **moderati**, nei quali lo stress indotto dalla situazione climatica è ridotto per l'assenza di importanti scambi termici fra soggetto e ambiente, in presenza quindi di condizioni termo-igrometriche in cui gene-

ralmente le condizioni termo-igrometriche non subiscono eccessive fluttuazioni temporali dei parametri. Ogni ambiente termico richiede modalità di valutazione diverse, basate su specifici indici di riferimento.
Gli ambienti scolastici, al pari di quelli d'ufficio, possono essere classificati tra quelli di tipo "moderato". In essi le condizioni climatiche non compromettono l'incolumità degli occupanti, ma possono alterare il loro benessere psicofisico, condizionando l'efficacia dell'apprendimento. In queste condizioni occorre analizzare lo scostamento della situazione reale da quella di benessere (omeotermia) mediante il calcolo di indici di *comfort* climatico, per determinare i quali è necessario misurare i parametri ambientali e definire i valori del *dispendio metabolico* **M**, ovvero la quantità totale di energia prodotta dall'organismo, dell'*isolamento termico* **Icl** dovuto al vestiario e del *rendimento meccanico* **h**, che misura la percentuale di energia metabolica effettivamente trasformata in lavoro (h = W/M)[26].
A partire dai valori delle grandezze fondamentali e di quelle personali, si calcola una coppia di indici di benessere specifici, denominati **PMV** (*Predicted Mean Vote* -Voto Medio Previsto) e **PPD (***Percentage of Person Dissatisfied*-percentuale prevedibile di insoddisfatti), entrambi ideati da Fanger[27]. Gli indici consentono di valutare le condizioni di *comfort* globale per un soggetto che si trovi in un ambiente confinato. Oltre al grado di *comfort* globale occorre valutare anche i fattori di disagio localizzati determinati ad esempio dalla presenza di correnti d'aria, da una temperatura del pavimento inadeguata (troppo alta o troppo bassa), o dalla distribuzione non omogenea delle temperature interne (condizioni di asimmetria).[28]

---

26 La loro corretta determinazione è fondamentale per ottenere risultati descrittivi del rischio reale da stress legato al microclima. Il metabolismo rappresenta uno dei parametri basilari della valutazione. Può essere calcolato sia con *metodi diretti* (misurando ad esempio il quantitativo di ossigeno consumato) o con metodi indiretti, derivando i valori da tabelle della norma UNI EN ISO 8996 in funzione del tipo di attività lavorativa. Per stimare il grado di isolamento offerto dall'abbigliamento si utilizzano le tabelle riportate dalla norma UNI EN ISO 9920, che forniscono i valori di resistenza termica sia dei singoli capi di vestiario (quotidiani o da lavoro) sia di quelli relativi a specifici "set" Per quanto riguarda infine il valore del rendimento meccanico, va rilevato che, in linea generale, gran parte dell'energia metabolica prodotta durante un'attività lavorativa viene trasformata in calore e solo una frazione minima viene convertita in energia meccanica (lavoro utile). Nella maggior parte delle lavorazioni il rendimento meccanico può essere ritenuto inferiore al 5%.

27 Entrambi gli indici sono basati sull'equazione del bilancio termico dell'organismo secondo un approccio di tipo psicofisiologico che tiene conto dei parametri ambientali e del tipo di attività svolta dal soggetto. Secondo la norma ISO 7730 gli ambienti termici moderati sono caratterizzati da parametri fisici variabili entro intervalli ben definiti e cioè: temperatura dell'aria secca (Ta) compresa tra 10 e 30°C; temperatura media radiante (Tr) compresa tra 10 e 40 °C; umidità relativa (Ur) compresa tra 30 e 70 %; velocità dell'aria (Va) compresa tra 0 e 1 m/s. La norma UNI 7730 utilizza l'indice PPD per giudicare il comfort di un ambiente di lavoro moderato, raccomandando che esso sia inferiore al 10%: ciò corrisponde ad un valore di PMV compreso tra -0,5 e + 0,5.

28 Si tratta di differenze di temperatura eccessive tra il livello della testa e quello delle caviglie (gradienti verticali di temperatura) o dovute alla presenza di sorgenti radianti nell'ambiente.

Strumentazione per la misura analitica e metodologia di misura

Per la rilevazione dei dati microclimatici è stata impiegata una centralina di acquisizione dati LSI modello Babuc A, dotata di memoria residente alla quale vengono collegati sensori per la misura delle grandezze fondamentali conformi alla norma ISO 7726. Mentre per la misura di temperatura dell'aria (**T_a**) viene utilizzato un termometro a bulbo secco, i dati di temperatura media radiante (**T_r**) si ricavano indirettamente elaborando i valori rilevati dal **globo-termometro,**, semisfera in rame nero opaco conforme alla norma ISO 7726. Il dato consente di ricavare la temperatura media radiante utile sia ai fini dell'analisi degli ambienti moderati che degli ambienti caldi.

Per la misura dell'umidità relativa (**RH**%) ci si avvale di una **sonda psicrometrica** con la quale si eseguono le misure di temperatura a bulbo secco (**t_a**) e umido con ventilazione forzata (**t_w**). Dalla differenza dei valori di questi due parametri, attraverso una relazione di tipo lineare, si ricava il dato di **RH**%.

Il rilievo dei dati di velocità dell'aria (**v_a**) si esegue utilizzando un **anemometro a filo caldo**, in grado di misurare anche l'intensità della **turbolenza** prodotta dalle correnti d'aria, utile per il calcolo dell'insoddisfazione legata alla presenza di correnti d'aria.

In riferimento alla valutazione del discomfort localizzato, considerando la tipologia di attività svolte negli ambienti scolastici, si è ritenuto di effettuare esclusivamente misure di asimmetria radiante per verificare l'incidenza della radiazione solare negli ambienti. Inoltre, viste le dimensioni ridotte degli ambienti monitorati (uffici, aule), si è ritenuto di eseguire una sola misura a centro ambiente.

Prima di effettuare ogni singola misura si è atteso un tempo non inferiore ai 20' con la stazione microclimatica in postazione, a causa dell'inerzia del globotermometro.

L'elaborazione dei dati è stata condotta utilizzando i moduli del pacchetto *software* INFOGAP, commercializzato dalla LSI e operativo in ambiente *Windows*®, grazie al quale è stato possibile archiviare i dati acquisiti, definire il valore delle grandezze personali (M, I_{cl}[29], η e) e, infine, elaborare gli indici.

29 Il valore di isolamento prodotto dal vestiario indossato dall'operatore è stato calcolato sulla base delle informazioni raccolte durante le singole sessioni di misura, relative alla tipologia dei capi di vestiario indossati dalle persone presenti nell'ambiente oggetto della misurazione. L'insieme dei dati raccolti, inseriti in un apposita sezione di INFOGAP, permette di calcolare il valore dell'isolamento complessivo prodotto dal vestiario.

Risultati

Analisi d'insieme delle grandezze microclimatiche fondamentali

Complessivamente sono state eseguite, ad attività didattica in corso, 123 misurazioni ubicate all'interno dei locali del complesso scolastico, rappresentative di ambienti adibiti ad aerea amministrativa, aule didattiche e laboratori. Per ciascuna sessione di misura sono state inoltre rilevate le condizioni microclimatiche all'esterno dell'edificio in modo da avere un riferimento sui parametri climatici stagionali. Tutte le sessioni di misura sono state concentrate nell'arco della mattina, in concomitanza con lo svolgimento delle lezioni. Per ogni punto di prelievo prescelto sono state registrate le quattro grandezze microclimatiche fondamentali.

Una prima osservazione sull'andamento microclimatico generale può essere fatta analizzando l'insieme dei dati rilevati in tutti i plessi scolastici (Tabella 4.1.4.1) dati di temperatura dell'aria rilevati all'interno dei singoli ambienti mostrano una generale uniformità anche a dispetto delle condizioni climatiche esterne; a titolo di esempio, nel "periodo freddo" i valori di temperatura *outdoo*r sono in diversi casi inferiori anche di 10 °C rispetto a quelli misurati all'interno. Analogamente i valori di temperatura media radiante testimoniano l'assenza di significative sorgenti di calore; infatti la loro differenza rispetto alla temperatura dell'aria secca non è mai superiore a 1 °C. Il valore medio di RH% si attesta, nel complesso, all'interno dell'intervallo 40%-60%, generalmente considerato accettabile. Riguardo infine alla presenza di correnti d'aria, i valori rilevati dall'anemometro evidenziano, come era lecito attendersi, condizioni di velocità dell'aria trascurabili.

Tabella 4.1.4.1 - *Statistica dei valori delle grandezze fondamentali suddivise per periodo stagionale - tutti gli ambienti*

PERIODO	N	Parametro statistico	t_a (°C)	T_r (°C)	T_a-T_r (°C)	RH (%)	velocità dell'aria (m/s)
"CALDO"	57	media	24,4	25,3	-0,9	53,7	0,04
		dev.st	1,7	1,9	-0,2	5,2	0,04
		min	21,1	21,3	-0,2	41	0
		max	27,7	28,6	-0,9	68,2	0,14
"FREDDO"	66	media	21,8	21,7	0,1	41,9	0,01
		dev.st	2,4	2,2	0,2	9,4	0,02
		min	15	16	0	25,2	0
		max	26,5	26	0,5	70,9	0,1

Un'analisi più approfondita delle grandezze fondamentali può essere condotta suddividendo i dati per tipologia di ambiente (Tabella 4.1.4.2) e anche per Istituto (Tabella 4.1.4.3). Nel periodo "freddo" i valori medi di $\mathbf{T_a}$ riguardanti l'area amministrativa sono superiori di circa 1,5 °C rispetto a quanto osservato nelle aule. Ciò è in accordo con la consuetudine del personale amministrativo di mantenere spesso la porta chiusa, limitando in tal modo la dispersione di calore verso i corridoi.
Del resto i valori di $\mathbf{T_r}$, sottolineano l'assenza di fonti radianti significative in entrambi gli ambienti. Al contrario, le basse temperature osservate nei laboratori, dove il dato medio di $\mathbf{T_a}$ è inferiore a 18°C, possono essere spiegate con il fatto che si tratta di locali per lo più situati al piano ammezzato o seminterrato e frequentati in modo discontinuo.
Particolarmente interessante è il dato di **RH**% che, in questo periodo, si mantiene al di sotto del limite inferiore dell'intervallo di accettabilità in tutti i tre ambienti. Si tratta con tutta probabilità degli effetti del riscaldamento dei locali realizzato con metodologie tradizionali (*radiatori in ghisa e, in minor misura, di alluminio*), che provoca un'eccessiva deumidificazione dell'aria. D'altra parte l'apertura periodica dei serramenti, che consentirebbe di riportare l'umidità a valori accettabili, determinerebbe un abbassamento della temperatura ambientale. Nel periodo "caldo" i valori di $\mathbf{T_a}$ sono in stretta connessione con il rialzo delle temperature tipico di maggio e inizio giugno, di solito quasi a livelli estivi nell'area della città di Roma.

Tabella 4.1.4.2 - *Grandezze fondamentali: distribuzione dei valori medi per tipologia di ambiente - Tutti i dati*

PERIODO	AMBIENTE	t_a (°C)	RH (%)	t_r (°C)	V_a (m/s)
FREDDO	aule	20,0	37,9	19,7	0,01
	laboratorio	17,8	32,2	17,8	0,01
	segreteria	21,6	34,0	21,9	0,02
CALDO	aule	28,3	61,0	29,3	0,04
	laboratorio	22,9	55,7	23,6	0,03
	segreteria	23,8	53,9	24,7	0,02
Δcaldo-freddo	aule	8,2	23,1	9,6	0,03
	laboratorio	5,1	23,5	5,8	0,02
	segreteria	2,2	19,9	2,7	0,00

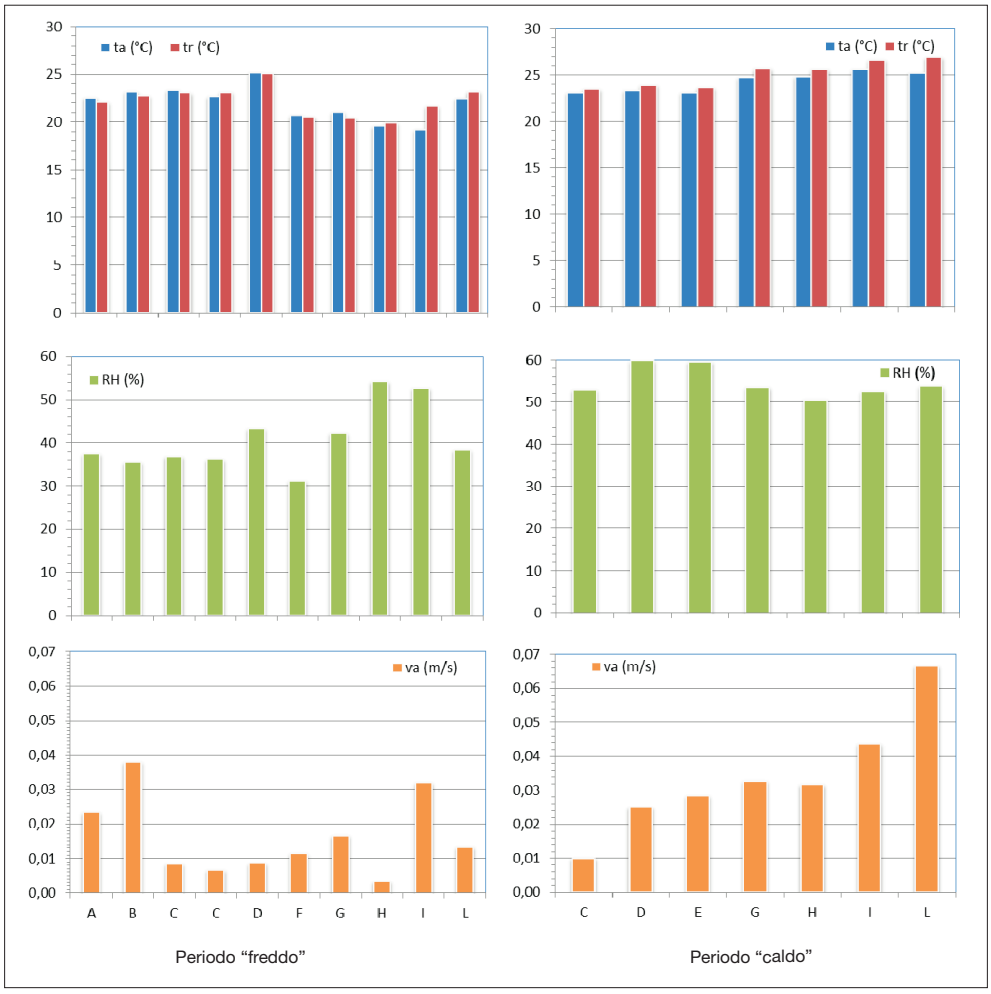


Figura 4.1.4.1 - *Grandezze fondamentali: distribuzione dei valori medi per singolo plesso scolastico.*

Tale situazione dipende in larga parte dall'assenza nelle aule di qualsiasi dispositivo di "raffrescamento". Per questo motivo il dato medio di temperatura (28°C circa) supera di ben 8°C il valore rilevato nella stagione fredda e aumenta per i locali posti ai piani alti degli istituti e maggiormente esposti al sole (quadrante sud-est).

Tabella 4.1.4.3 - *Grandezze fondamentali: distribuzione dei valori medi suddivisi per Istituto e tipologia di ambiente*

Periodo	Istituto	N	Ambiente	t_a (°C)	RH (%)	t_r (°C)	V_a (m/s)
freddo	A	2	aule	22,4	41,2	21,5	0,03
		1	segreteria	23,0	29,8	23,2	0,01
	B	4	aule	23,4	36,7	22,7	0,05
		1	segreteria	22,6	30,6	23,0	0,01
	C	5	aule	22,7	37,8	23,1	0,01
		2	segreteria	23,1	32,8	23,1	0,01
		2	laboratorio	24,0	39,8	23,4	0,02
	D	3	aule	25,1	44,2	25,3	0,00
		2	laboratorio	25,2	40,1	24,8	0,03
	F	2	segreteria	23,0	25,7	23,0	0,01
		1	aule	20,2	34,5	19,4	0,01
		2	laboratorio	18,3	37,2	18,3	0,03
	G	5	aule	21,4	43,8	20,6	0,02
		1	laboratorio	19,3	34,3	19,4	0,00
	H	4	aule	20,6	55,1	20,7	0,00
		4	laboratorio	20,1	42,1	21,0	0,00
	I	7	aule	21,0	49,0	20,6	0,00
		1	segreteria	17,6	49,4	18,5	0,05
	L	8	aule	23,4	36,6	23,3	0,01
		4	segreteria	20,1	35,6	20,8	0,02
caldo	C	2	aule	21,5	54,9	21,8	0,01
		6	segreteria	24,0	51,1	24,4	0,01
		1	laboratorio	25,8	41,0	26,7	0,01
	D	3	aule-	24,6	54,0	25,3	0,01
		2	laboratorio	22,4	64,6	22,6	0,06
	E	3	aule	24,0	57,4	24,1	0,04
		1	segreteria	22,6	60,4	24,4	0,00
		2	laboratorio	22,2	62,5	22,6	0,02
	G	5	aule	25,0	53,0	26,0	0,04
	H	4	aule	26,2	49,8	27,3	0,04
		4	segreteria	23,4	51,3	24,4	0,04
		1	laboratorio	21,3	54,6	22,3	0,04
	I	6	aule	26,2	51,5	27,2	0,04
		1	Segreteria	25,5	53,1	26,5	0,02
	L	9	aule	25,3	53,4	27,2	0,08
		1	Segreteria	23,2	53,5	23,7	0,04

È da notare inoltre che per alcuni istituti situati in edifici storici, a causa dei vincoli architettonici, non è sempre possibile intervenire in modo adeguato, installando dispositivi di schermatura per contrastare l'irraggiamento solare diretto. D'altra parte, l'impiego di serrande o di tendaggi posti all'interno, utilizzati come "schermi" parasole", pur limitando la quantità di luce solare all'interno degli ambienti, non riducono lo scambio di calore con l'esterno. Per quanto riguarda la situazione relativa ai dati di Tr, si osserva in primo luogo che tale parametro aumenta sensibilmente nel "periodo caldo", parallelamente ai valori di Ta, a testimonianza dell'assenza di sistemi di condizionamento dell'aria. Inoltre, nello stesso periodo, aumenta il gradiente tra i due valori di temperatura, più di quanto accade nel periodo freddo. Per quanto riguarda infine l'umidità relativa, dato che in questo periodo le attività vengono svolte con le finestre aperte, sono stati rilevati valori in linea con il dato misurato all'esterno, nell'ambito del previsto *range* di accettabilità (40%-60%).

4.2 Ergonomia degli Ambienti

4.2.1 Comfort microclimatico

Come già illustrato nel paragrafo 4.1.4, ai fini della valutazione del microclima occorre definire preliminarmente se l'ambiente oggetto dell'indagine è di tipo *moderato, severo caldo o severo freddo*. Gli *ambienti moderati* tipici delle attività che si svolgono nei plessi scolastici presentano condizioni microclimatiche non estreme, spesso omogenee, tali comunque da sollecitare in modo limitato il sistema di termoregolazione; questi ambienti sono generalmente caratterizzati da temperature non eccessive e da un'attività fisica modesta. Per tale motivo l'indice scelto per la valutazione, il PMV, dà un'idea dello scostamento della situazione reale dalla situazione di benessere termico (anche detta *comfort*) che, ricordiamo, riassume "*la condizione mentale in cui viene espressa soddisfazione per l'ambiente termico*", ossia la condizione in cui la percezione soggettiva delle condizioni climatiche è ottimale. Per quanto riguarda gli ambienti moderati in linea generale, come già detto in precedenza, si possono assumere come limiti di riferimento quelli relativi alla categoria intermedia individuata dalla Norma UNI EN ISO 7730, classificata con la lettera B, per la quale si può considerare ottimale un valore di PMV compreso tra +0.5 e -0.5, a cui corrisponde una percentuale massima di insoddisfatti pari al 10%. A partire dai dati delle grandezze climatiche fondamentali rilevate negli ambienti, per poter ricavare un quadro quanto più verosimile della situazione microclimatica, è necessario determinare con la maggiore precisione possibile,

i valori dei parametri decisionali necessari alla valutazione, e cioè il *dispendio metabolico*, *l'isolamento termico dovuto al vestiario* ed il *rendimento meccanico*, la cui corretta determinazione è fondamentale per ottenere risultati realmente descrittivi del fenomeno in questione.

Calcolo del dispendio metabolico (MET) e del rendimento meccanico (h).
Per quanto riguarda il calcolo del dispendio metabolico è stato ricostruito un "profilo" metabolico tipico di ciascuno dei soggetti presenti nel corso dei rilievi, quali studenti, professori, personale amministrativo (Tabella 4.2.1.1), sulla base dei prospetti riportati in allegato alla Norma UNI EN ISO 8996 (*Ergonomics of the thermal environment Determination of metabolic rate)* Per tutte le figure presenti negli ambienti scolastici è stato considerato un rendimento meccanico η nullo.

Tabella 4.2.1.1 - *Valori di dispendio metabolico*

Profilo professionale	W/m2	MET*
Personale amministrativo	92,5	1,59
Professore	77,5	1,333
Studente	77,5	1,333
Studente impegnato in attività fisiche	140,1	2,41

Calcolo dei valori di isolamento prodotto dal vestiario (I_{CLO}).
Per l'attribuzione del grado di isolamento termico fornito dal vestiario, nel corso dei sopralluoghi si è preso nota delle tipologie di indumenti indossati (Tabella 4.2.1.2). In base ai singoli capi di abbigliamento censiti, sono stati ricavati i valori di isolamento da utilizzare per il calcolo del *comfort* termico. Per una analisi puntuale dei valori di I_{cl} relativi alla tipologia di indumenti più comunemente osservati nel corso delle varie sessioni di misurazione, sia per gli addetti amministrativi sia per la popolazione studentesca, si può fare riferimento all'allegato B.
Come è possibile notare, la tipologia del vestiario indossato dagli studenti è caratterizzata da una scarsa variabilità, poiché risente di scelte legate al gusto personale, proprie del senso di appartenenza o degli stereotipi espressi dai giovani. L'assortimento più frequentemente osservato durante i sopralluoghi è rappresentato da t-shirt, jeans e scarpe da ginnastica, con piccole modifiche dettate dal contesto stagionale (felpe in cotone o maglioni, scarponcini di tipo invernale con suola in gomma). Al contrario, la situazione dell'abbigliamento scelto dagli addetti all'area amministrativa è più articolata.

Per questo motivo, a differenza di quanto osservato per gli studenti, non è possibile definire un assortimento di indumenti mediamente rappresentativo.

Tabella 4.2.1.2 - *Tipologia di indumenti indossati negli ambienti scolastici*

Categorie di vestiario tratte dalla Norma UNI EN ISO 9920	Capi di abbigliamento censiti
soprabiti	cappotto, giaccone, giubbotto, pile
maglioni	maglione, pile, maglioncino, cardigan lana leggero,
camicie magliette felpe	camicia, sottomaglia, polo a maniche lunghe, maglia leggera, camicia leggera, polo a maniche corte, camicetta, camicia manica corta, maglia maniche lunghe sintetico, maglietta leggera, felpa
t-shirt	t-shirt, indumenti di maglina, canottiera di lana leggera, canottiera di cotone
gonne	gonna altezza ginocchio, gonna lunga,
tute	tuta da ginnastica
giacche, gilet, grembiuli	grembiule
pantaloni	pantaloni di cotone pesante, jeans, pantaloni lunghi
scarpe	scarpe invernali, scarpe da ginnastica, stivali da donna, scarponi, calzature tipo "sneakers", scarpe basse, mocassini, scarpe tecniche, scarpe di cuoio con tacco
calze/collant	calze di nylon, fantasmini, calze leggere
intimo	slip, reggiseno
accessori	sciarpa, foulard

Analisi dei valori di PMV

L'analisi delle grandezze primarie rilevate, il contesto operativo proprio della popolazione presente all'interno dei vari istituti scolastici e, infine, l'assenza di sorgenti radianti di una certa importanza fa ritenere che le attività didattiche si svolgano in un ambiente di "tipo moderato". Per tale motivo la verifica del grado di *discomfort* è basata sul calcolo e sull'analisi dei valori degli indici PMV-PPD.

In riferimento ai criteri di accettabilità definiti dalla norma UNI EN ISO 7730, un ambiente confinato si può considerare accettabile facendo riferimento alla categoria B della norma, ovvero quando i valori di PMV calcolati sono compresi entro l'intervallo $-0,5<PMV<+0,5$, che equivale a una percentuale massima del 10% di persone non completamente soddisfatte a pieno dalle condizioni climatiche misurate.

Pertanto, sulla base delle condizioni delle grandezze fondamentali misurate e

della stima dei parametri personali (*isolamento, dispendio metabolico e rendimento meccanico*) sono stati così calcolati 170 indici di benessere, la cui distribuzione è riportata in Tabella 4.2.1.3. Circa il 60% dei valori di PMV calcolati rientra nell' intervallo di accettabilità sopra definito, che sale a oltre il 73% se si considerano anche i valori compresi nella fascia -0,7<PMV<+0,7.
L'analisi dei valori di PMV evidenzia tuttavia la presenza di situazioni di *discomfort* degne di nota, che hanno una chiara correlazione con l'andamento delle temperature nella stagione "calda", a causa dell'assenza di sistemi di condizionamento ambientale. In questo periodo infatti, circa il 43% dei casi mostra valori di PMV uguali o superiori a +0,7; di questi, più del 17% supera il valore di PMV=+1.

Tabella 4.2.1.3 - *Distribuzione % percentuale dei valori di PMV.*

	Dati totali		Dati relativi al Periodo freddo		Dati realtivi al Periodo caldo	
	N	%	N	%	N	%
PMV≥+1	*15*	8,8	-	0,0	*15*	**17,2**
+0,7≤PMV<+1	*25*	14,7	*2*	2,4	*23*	**26,4**
+0,5≤PMV<+0,7	*23*	13,5	*7*	8,4	*16*	**18,4**
0≤PMV<+0,5	*68*	40,0	*41*	49,4	*27*	31,0
-0,5≤PMV<0	*35*	20,6	*29*	34,9	*6*	6,9
-0,7≤PMV<-0,5	*3*	1,8	*3*	**3,6**	*0*	0,0
-1≤PMV<-0,7	*1*	0,6	*1*	**1,2**	*0*	0,0
PMV<-1	-	0,0	-	**0,0**	-	0,0

Sempre in riferimento al periodo caldo, si osserva un 7% di casi in cui i soggetti evidenziano valori di PMV calcolati che ricade nella fascia -0,5<PMV<+0,5. Questa condizione è legata a una serie didati ambientali rilevati nel mese di settembre in concomitanza con una calo imprevisto delle temperature. Nella Tabella 4.2.1.4 i valori degli indici PMV sono stati suddivisi, per i singoli Istituti, in funzione della tipologia di ambiente e del periodo stagionale. Anche questa ulteriore di suddivisione dei dati disponibili conferma il grado di insoddisfazione

osservato nel periodo caldo (maggio, giugno e settembre), per i motivi sopra esposti.

Tabella 4.2.1.4 - *Distribuzione dei valori medi dell'indice PMV per Istituto e tipologia di locale*

Istituto	Tipologia di ambiente	Periodo freddo			Periodo caldo		
		Data	Numero* di valutazioni eseguite	PMV	Data	Numero* di valutazioni eseguite	PMV
A	Aule	13/3/07 20/3/07	2	+0,22			
	Area amministrativa		1	+0,39			
	Laboratori						
B	Aule	20/3/07	5	+0,64			
	Area amministrativa		1	+0,70			
	Laboratori						
C	Aule	25/2/09	2	+0,22	24/5/10	7	+0,48
	Area amministrativa		1	+0,39		6	-0,04
	Laboratori						
C	Aule	10/3/09	6	+0,28			
D	Aule	19/3/09	5	+0,54	25/5/10	3	+0,75
	Area amministrativa						
	Laboratori		2	+0,60		4	+0,19
E	Aule	20/1/10	3	+0,47	23/5/11	3	+0,47
	Area amministrativa		1	+0,42		1	+0,42
	Laboratori					2	+0,17
F	Aule	8/2/10	3	-0,24	-		
	Area amministrativa		3	+0,35			
	Laboratori						
G	Aule	26/3/13	5	+0,08	17/9/13	11	+0,58
	Area amministrativa		1	+0,19			
	Laboratori		1	-0,29			
H	Aule	6/3/13	11	-0,20	18/9/13	20	+0,89
	Area amministrativa		6	+0,19		7	+0,45
	Laboratori						
I	Aule	14/3/13	7	-0,03	16/9/13	11	+0,73
	Area amministrativa		1	-0,33		1	+0,78
	Laboratori						
L	Aule	21/3/13	22	+0,07	19/9/13	16	+0,72
	Area amministrativa		3	-0,30		1	+0,56
	Laboratori						

* Il numero di valutazioni non coincide con il numero di misurazioni ambientali effettuate poiché tiene conto dei diversi set di abbigliamento osservati in ciascun locale

4.2.2 Il Clima Acustico

Introduzione

Il rumore costituisce uno dei principali agenti di rischio negli ambienti di lavoro: infatti fino ad alcuni anni fa l'*ipoacusia da rumore* era la malattia professionale più indennizzata dall'INAIL.

Anche gli ambienti di vita, specialmente nei grandi centri urbani, sono caratterizzati da livelli di rumore elevati, potenzialmente dannosi, e da un clima acustico che influenza negativamente le attività umane. Quest'ultimo aspetto ha particolare rilevanza negli ambienti, come nel caso delle scuole, in cui la comunicazione finalizzata all'apprendimento è di fondamentale importanza.

Non si dispone di dati diretti sui riconoscimenti di sordità da rumore negli ambienti scolastici, in quanto l' INAIL assicura in via diretta solo insegnanti e alunni che "……*attendano ad esperienze tecnico-scientifiche od esercitazioni pratiche*".

Dalla letteratura scientifica attualmente disponibile, si deduce che, come è lecito attendersi, lo svolgimento delle attività tipiche legate all'istruzione non comporta il rischio di determinare un danno all'apparato uditivo, per la sostanziale assenza di attrezzature e macchinari rumorosi. Tuttavia, in determinate situazioni, la voce umana può raggiungere livelli di rumore elevati, come avviene in alcuni ambienti quali le mense, dove si possono facilmente raggiungere livelli di 85÷100 dB; in queste condizioni, un'esposizione della durata di 30 minuti richiede circa un'ora di recupero per ripristinare la normale funzionalità uditiva.

Negli ambienti scolastici i tempi in cui si registrano livelli elevati sono mediamente molto ridotti, facendo così escludere il superamento dei *livelli di azione* e dei *valori limite* fissati dal D.Lgs. 81/2008[30] (Titolo VIII, Capo II: *Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro*). Di conseguenza non è necessaria la valutazione del rischio, come prevista dal citato decreto. Sulla base di tali premesse, l'indagine effettuata nell'ambito del progetto ha riguardato non tanto il rischio da rumore, bensì l'adeguatezza del clima acustico negli ambienti dove vengono svolte le attività didattiche, per verificare se sussistano le condizioni di buona comprensione della comunicazione verbale. È dimostrato infatti che il ***comfort acustico*** migliora la qualità dell'apprendimento da parte degli studenti se la comprensione del messaggio verbale (parlato), nel suo complesso, è adeguata. Inoltre non si possono trascurare i possibili effetti negativi sull'attenzione e, più in generale, sulle condizioni psicofisiche che hanno influenza sul comportamento.

30 Livello inferiore di azione. L_{ex}=80 dB(A) riferito a una giornata lavorativa convenzionale di 8 ore.

Riguardo al *comfort acustico* la norma UNI EN ISO9241-6:2001 "Requisiti ergonomici per il lavoro di ufficio con videoterminali (VDT) - Guida sull'ambiente di lavoro", classifica gli effetti indesiderati del rumore in relazione a:

- compromissione dell'udito;
- reazioni indesiderate del sistema nervoso centrale e autonomo;
- intralcio della comunicazione verbale e di altro tipo;
- riduzione delle prestazioni e della funzione cognitiva;
- fastidio.

Per quanto descritto, il rumore presente negli ambienti scolastici va considerato un agente di disturbo che, pur rientrando nel novero dei fattori dell'ergonomia (*ergonomia acustica*), è in relazione stretta con la salute (stress psico-fisico) degli insegnanti e degli studenti.

Riferimenti legislativi e normativi

Ai fini di valutare in modo corretto la qualità sonora degli ambienti, è necessario fare riferimento alla legislazione specifica sui requisiti acustici degli edifici scolastici.

Il primo riferimento, in ordine cronologico, è rappresentato dalla Circolare Ministeriale del 22 maggio 1967 *"Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici"*, nella quale vengono indicati i valori di riferimento di alcuni parametri relativi all'isolamento acustico (potere fonoisolante, livello del rumore da calpestio, rumorosità dei servizi). Inoltre si prescrive che la media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze di 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz non debba superare 1,2 secondi per le aule (in presenza di arredo e con due persone al massimo) e di 2,2 secondi per gli ambienti adibiti a "palestra".

Successivamente è stato emanato il DM 18/12/1975 - *"Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica"*; il decreto in particolare definisce le condizioni di abitabilità dell'edificio scolastico e, al punto 5.1, indica i valori di riferimento per i seguenti parametri acustici:

- potere fonoisolante;
- livello di rumore di calpestio normalizzato di solai;
- coefficiente di assorbimento dei materiali isolanti acustici;
- isolamento acustico per via aerea fra ambienti;
- rumorosità provocata da servizi e impianti fissi;
- tempo di riverberazione.

In merito a quest'ultimo parametro si fa presente che esso va determinato in funzione del volume dell'ambiente e riferito alle frequenze di 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz.[31]
Il D.P.C.M. 14/11/1997 *"Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"* include le aree scolastiche nella Classe 1 tra quelle di destinazione d'uso del territorio che i Comuni devono adottare (tabella A dell'allegato), con valori di qualità diurno e notturno pari rispettivamente a 47 dB(A) e a 37 dB(A) e valori limite assoluti di immissione diurno e notturno pari rispettivamente a 50 dB(A) e a 40 dB(A).
Un ulteriore riferimento è costituito dal D.P.C.M. del 05/12/1997, riguardante la*"Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"*, che inserisce le scuole nella "Categoria E", per la quale i valori delle grandezze di riferimento sono:

- indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra -ambienti: 50 dB;
- isolamento acustico standardizzato di facciata: 48 dB;
- livello di rumore di calpestio di solai normalizzato: 58 dB;
- livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow: 35 dB;
- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A: 25 dB.

Per quanto riguarda la valutazione del tempo di riverbero, si deve far riferimento al valore stabilito dalla Circolare Ministeriale del 22 maggio 1967 (1,2 secondi). Oltre ai riferimenti di legge vi sono alcune norme, che definiscono i parametri che determinano la qualità acustica degli ambienti, con l'indicazione dei valori adeguati agli ambienti scolastici; si tratta in particolare della norma UNI 11367:2010 (*Classificazione acustica delle unità immobiliari*), che riporta i valori prestazionali dei parametri acustici per le scuole.

Intelligibilità del parlato
L'indagine ha previsto la valutazione della qualità acustica degli ambienti attraverso l'analisi dell"intelligibilità del parlato", che rappresenta la percentuale di parole comprese da un ascoltatore rispetto alla totalità di quelle pronunciate. Questa è influenzata da due aspetti fondamentali: l'*assenza di disturbo* e la *buona ricezione.*

31 A titolo di esempio, per un'aula di medie dimensioni, intorno ai 150 m^3 di volume, il tempo di riverbero ottimale è circa 0,8 secondi a 2000 Hz.

Per quanto riguarda il primo aspetto, è necessario verificare l'assenza di un livello di rumore di fondo, originato da sorgenti sia interne che esterne all'edificio scolastico[32], capace di interferire con il suono prodotto dal parlatore (insegnante). In merito al secondo aspetto è necessario verificare che il livello sonoro del segnale emesso sia percepito in modo ottimale dai ricettori (studenti). Perché ciò possa avvenire, l'ambiente non deve essere eccessivamente riverberante; in simili condizioni i tempi di propagazione delle onde sonore riflesse che raggiungono l'ascoltatore devono essere limitati a poche decine di millisecondi, per "rafforzare" l'intensità del suono diretto ed evitare il mascheramento dei segnali successivi.
L'intelligibilità del parlato si valuta mediante appositi *test* di tipo *diretto*, ben codificati, che prevedono l'utilizzo di parole o frasi in rima, la cui elaborazione richiede tuttavia procedure piuttosto laboriose.
In alternativa è possibile ricorrere a tecniche basate sulla misura di parametri oggettivi come, ad esempio, quelli previsti nella norma UNI EN ISO 9921:2004 (*Ergonomics - Assessment of speech communication*), dedicata alla valutazione della comunicazione verbale. Tale norma suggerisce l'utilizzo di diversi indici di qualità acustica, correlati alla fonazione degli insegnanti e alle condizioni di ascolto degli studenti. Uno di questi indici è rappresentato dal *livello di interferenza del parlato* (SIL - *Speech Interference Level*) con il quale si valuta il grado di intelligibilità nei casi di comunicazione diretta in un ambiente rumoroso. Esso prende in considerazione la media dello spettro del rumore di fondo, lo sforzo vocale del parlatore e la distanza tra chi parla e chi ascolta. Tale metodo viene impiegato quando non sia possibile l'utilizzo di altri criteri di valutazione, a condizione che l'ambiente non sia eccessivamente riverberante. Pur con i suddetti limiti, il calcolo del SIL può fornire prime indicazioni sulle qualità acustiche dell'ambiente. Per ottenere il valore del SIL occorre determinare:

- il livello di interferenza sul parlato prodotto dal rumore ambientale LSIL; questo viene calcolato come la media aritmetica dei livelli di pressione sonora nelle bande di ottava di 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, misurati nella posizione dell'ascoltatore (alunno), secondo la seguente relazione:

$$L_{SIL} = \frac{1}{4} \Sigma L_{N,\,oct,\,i}$$

32 Le fonti di rumore interne sono rappresentate principalmente dagli impianti di condizionamento e dal disturbo proveniente dagli altri ambienti dell'edificio, mentre quelle esterne sono legate all'inquinamento sonoro dovuto soprattutto al traffico veicolare.

- lo sforzo vocale prodotto dal parlatore (insegnante), definito con il simbolo $L_{S,A,L}$ calcolato misurando il livello di pressione sonora continuo equivalente ponderato A a 1 metro di distanza dalla bocca del parlatore e applicando la formula:

$$L_{S,A,L} = L_{S,\,A,\,1m} - 20 \log r/r_0$$

dove **r** rappresenta la distanza in metri tra il parlatore e l'ascoltatore con r_0 pari a 1 m.
Per gli ambienti caratterizzati da tempi di riverberazione inferiori a due secondi, misurati in corrispondenza della frequenza di 500 Hz, il dato di $\mathbf{L_{S,\,A,\,L}}$ è valido fino alla distanza di 8 metri dalla sorgente di emissione del segnale. Al contrario, nel caso di ambienti molto riverberanti, il calcolo dello sforzo prodotto dal parlatore ha validità fino a circa 2 metri di distanza dalla sorgente[33]. Da queste due differenti misurazioni si ricava l'indice SIL, come differenza tra lo *sforzo vocale del parlatore* e il *livello di interferenza sul parlato del rumore ambientale*. In linea generale l'intelligibilità della comunicazione verbale, nella posizione dell'ascoltatore, può essere ritenuta accettabile quando il valore del SIL = $L_{S,A,L} - L_{SIL} > 10$ dB. Entrando più nello specifico, in base ai valori di SIL calcolati a partire dalle misurazioni, l'allegato F della norma definisce la seguente scala di intelligibilità:

Grado di intellegibilità	SIL (dB)
Eccellente	21
Buono	15-21
Discreto	10-15
Scarso	3-10
Cattivo	<3

Poiché per motivi di praticità e di ripetibilità della misura si è preferito rilevare il valore di L_{SIL} (ovvero del rumore ambientale) in assenza di alunni, condizione ideale assimilabile ai soli momenti in cui durante la lezione vi sia un completo silenzio degli studenti, i valori di SIL risultano sovrastimati rispetto alla situazione reale.

33 La propagazione del suono in campo libero subisce una riduzione del livello di -6 dB ad ogni raddoppio della distanza.

Le misurazioni del livello del parlato possono inoltre dare indicazioni sullo sforzo vocale compiuto, poiché all'aumentare del livello di rumore ambientale il parlatore (insegnante) tenderà automaticamente ad alzare il livello della propria voce, aumentando lo sforzo vocale (Effetto Lombard). Nella Tabella 4.2.2.1 della norma UNI EN ISO 9921:2004 lo sforzo vocale viene classificato in base ai livelli di pressione sonora misurati a distanza di 1 metro di fronte alla bocca del parlatore, ($L_{S,A,1m}$ misurato con curva di ponderazione A).

Tabella 4.2.2.1 - *Valori dello sforzo vocale misurato a 1 metro davanti alla bocca del parlatore ($L_{S, A, 1m}$) (norma UNI EN ISO 9921:2004)*

Sforzo vocale	$L_{S, A, 1m}$ (dB)
Urlato	78
Forte	72
Elevato	66
Normale	60
Rilassato	54

Tempo di riverberazione

Come è stato accennato, l'intelligibilità del parlato è strettamente legata alla *buona ricezione* determinata dalle caratteristiche dell'ambiente. Il parametro principale che meglio definisce la qualità acustica dell'ambiente è rappresentato dal Tempo di riverbero (T_{60}). Tale parametro viene definito[34] come il tempo necessario affinché il livello sonoro generato da una sorgente decada di 60 dB (un milionesimo dell'energia iniziale), dopo che la sorgente viene spenta; di solito viene calcolato utilizzando la formula di Sabine:

$$T_{60} = 0{,}16\ V/A$$

Dove V = volume dell'ambiente in m^3;
A = αS;
S = superficie dell'ambiente in m^2;
α = coefficiente di assorbimento del materiale costituente le superfici.

Da questa relazione risulta che il tempo di riverbero è direttamente proporzionale al volume dell'ambiente ed inversamente proporzionale all'assorbi-

34 Norma ISO 3382:1997.

mento che in esso si verifica (aumenta quanto più l'ambiente è costituito da superfici riflettenti). Da un punto di vista più strettamente tecnico, in relazione alla destinazione d'uso dell'ambiente e alla sua volumetria, si è soliti fare riferimento a un "tempo di riverberazione ottimo", che si ricava dalla seguente formula:

$$T_{2000} = k\sqrt[9]{V}$$

con:

T_{2000} = valore riferito a 2000 Hz;
K = costante variabile da 0,2 a 0,8 a seconda dell'utilizzo della sala;
V = volume ambiente in m^3.

Nel caso di un ambiente destinato ad attività scolastiche, si può assumere un valore di K pari a 0,4. Ne consegue che, nel caso di aule con un volume intorno ai 160 m^3, il tempo di riverbero, misurato in corrispondenza della frequenza 2000 Hz, risulta pari a 0,7 secondi. In base dell'andamento della curva *tempo di riverberazione ottimo-frequenza* (Figura 4.2.2.1 e Figura 4.2.2.2), tale valore equivale a circa 0,84 secondi alla frequenza di 500 Hz, che rientra nei limiti previsti dal D.M. 18/12/1975. Nel caso di ambienti più grandi, quali palestre o auditorium, con un volume intorno ai 1000 m^3, si avrebbe un T_{60} (a 2000 Hz) pari a circa 1,0 secondi.

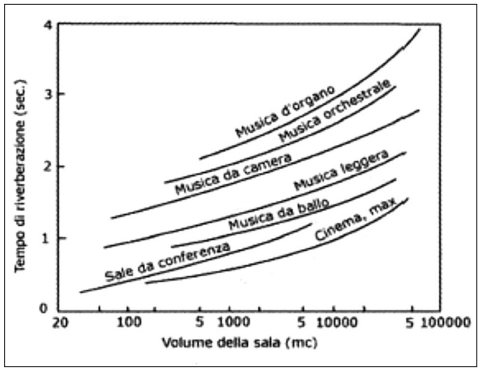


Figura 4.2.2.1 - *Grafico del tempo ottimo (tratto da: "L'acustica in architettura" di F.Bianchi - R. Carratù)*

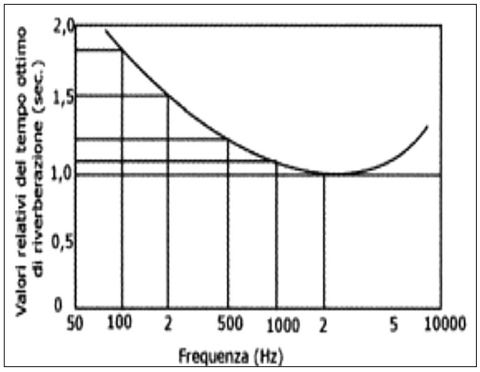


Figura 4.2.2.2 - *Grafico di trasposizione per frequenza. (tratto da: "L'acustica in architettura" di F.Bianchi - R.Carratù)*

Occorre sottolineare che, ai fini del confronto con il **tempo di riverberazione ottimo**, i risultati ottenuti dalle misurazioni eseguite ad aula vuota, come richiesto dalla normativa, descrivono la condizione peggiore, mentre le reali condizioni di utilizzo (aula piena), presentando maggiore assorbimento acustico, sono migliori in termini di tempi di riverberazione.
Il riferimento normativo per la misurazione del tempo di riverberazione è la norma UNI EN ISO 3382-2:2008 ***"****Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari****"***. In essa sono riportate tre diverse metodologie di misura (*metodo di controllo, metodo tecnico-progettuale e metodo di precisione*), differenti tra loro in base allo scopo delle misure e al livello di accuratezza richiesto.
Nel caso in oggetto si è ritenuto più rispondente il *metodo tecnico-progettuale* che, oltre ad essere appropriato per la verifica delle prestazioni degli edifici, è anche specificamente raccomandato per le misurazioni previste dalla famiglia delle norme ISO 140 (Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e in elementi di edificio), nelle quali ci sono riferimenti al tempo di riverberazione degli ambienti. L'accuratezza nominale dei risultati ottenuti con il metodo prescelto è maggiore del 5%, se la misura è relativa alle bande di ottava, e superiore al 10% nel caso in cui si considerino misure in terzi di ottava.
Da un punto di vista metodologico è prevista l'effettuazione di misure con almeno due posizioni della sorgente e sono richieste sei combinazioni indipendenti sorgente-microfono, secondo lo schema di Tabella 4.2.2.2.

Tabella 4.2.2.2 - *Metodo tecnico-progettuale - numeri minimi di posizioni e di misurazioni….*

Combinazioni sorgente-microfono	6
Posizioni della sorgente	≥2
Postazioni microfoniche	≥2
N° di decadimenti in ciascuna posizione (rumore interrotto)	2

Riguardo alle tecniche di misura, la norma prevede due diverse modalità, ovvero:

- metodo del rumore interrotto: metodo per ottenere curve di decadimento registrando direttamente il decadimento del livello della pressione sonora dopo aver eccitato un ambiente con un rumore a larga banda o con limitazione di banda.
- metodo della risposta integrata all'impulso: metodo per ottenere curve di decadimento mediante integrazione inversa della media quadratica della risposta all'impulso.

Per le misure effettuate con il primo metodo è stata utilizzata una sorgente sonora di tipo dodecaedrico a emissione omnidirezionale (Figura 4.2.2.3); il segnale riprodotto è costituito da rumore rosa[35]. Inoltre il livello della sorgente è stato impostato in modo da avere una gamma dinamica sufficiente per ricavare il valore del tempo di riverbero, ovvero con un livello di almeno 35 dB più elevato rispetto al rumore di fondo.
La sorgente sonora è stata posizionata in tre spigoli di ciascun ambiente, poggiata sul pavimento; per ogni posizione prescelta sono state effettuate tre misure con ubicazioni diverse del microfono, scelte casualmente nell'ambiente oggetto di studio e rispettando le distanze minime richieste dalla norma (distanza microfono-sorgente; distanza microfono-pareti, pavimento,soffitto).
Il secondo metodo (risposta integrata all'impulso) è stato applicato utilizzando un'attrezzatura costituita da due assi in legno incernierate tra di loro e dotate di maniglie fissate sul lato esterno; le assi vengono sbattute in modo da generare un impulso di livello sonoro adeguato; per tale ragione l'attrezzatura viene definita comunemente con il termine "clappatore", per assonanza con la definizione inglese di 'hand clap' (battuta di mani) (Figura 4.2.2.4).

Figura 4.2.2.3

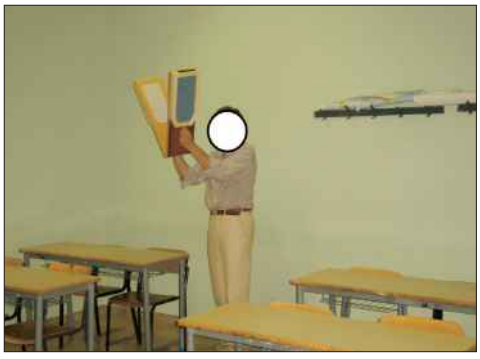


Figura 4.2.2.4

Per quanto riguarda il confronto tra i risultati ottenuti con i due metodi riportati nella norma UNI EN ISO 3382-2:2008, si assume che *l'incertezza di misurazione usando il metodo di risposta integrata all'impulso sia dello stesso*

35 Rumore in cui le componenti a bassa frequenza hanno potenza maggiore, a differenza del rumore "bianco" in cui la potenza è uguale per qualsiasi frequenza.

ordine di grandezza di quella che si ottiene usando una media di n = 10 misurazioni con il metodo del rumore interrotto.
In ogni caso, al fine di avere un quadro più rappresentativo possibile sulle caratteristiche riverberanti dell'ambiente, si è ritenuto di effettuare le misurazioni utilizzando entrambi i metodi previsti dalla norma. Si segnala che l'Organizzazione Mondiale della Sanità, nella pubblicazione "Noise in schools" (2001), raccomanda un rumore di fondo non superiore a 35 dB (A) nelle aule scolastiche durante l'attività didattica e un tempo di riverbero pari a 0,6 secondi.

Strumentazione utilizzata
La strumentazione utilizzata per i rilievi fonometrici è di classe 1 ed è costituita da:

Strumento	Modello	Matricola
Fonometro integratore Larson Davis:	L&D 831	1210
Preamplificatore Larson Davis:	L&D PRM 831	0232
Microfono PCB Piezotronic:	PCB 377B02	115708
Calibratore Larson Davis:	L&D CAL 200	5327

Per la realizzazione delle misure di riverbero è stata infine utilizzata una sorgente isotropica dodecaedrica omnidirezionale (sistema "Look LineTM") della Spectra.

Risultati
L'indagine ha riguardato principalmente gli ambienti in cui hanno luogo le attività didattiche (aule e laboratori); tuttavia sono state effettuate misure anche nelle palestre, negli auditorium e nei locali adibiti alle attività amministrative. Nella Tabella 4.2.2.3 vengono riassunti in termini quantitativi i diversi parametri acustici misurati, distribuiti per le diverse tipologie di ambienti dei 9 Istituti di Scuola Superiore oggetto dello studio.
A causa della variabilità dei dati misurati relativi allo sforzo vocale sostenuto dagli insegnanti si è ritenuto di utilizzare il valore di sforzo normale suggerito dalla norma, ovvero $L_{S,A,1m}$ = 60 dB (A), al fine di disporre di dati dell'indice SIL tra loro comparabili; ciò significa che l'intelligibilità del parlato non può essere migliorata in cambio di un maggiore sforzo vocale da parte degli insegnanti, che determinerebbe gravi problemi di disfonia per gli stessi.

Tabella 4.2.2.3 - *Totale misurazioni effettuate*

Ambiente	Rumore di fondo	SIL	T_{60}	Note
Aule	36	16	10	Rumore di fondo misurato a finestre aperte
Laboratori	7	3		
Uffici	5			
Palestre	3		1	
Auditorium			1	

Rumore di fondo

Una prima indicazione del clima acustico degli ambienti scolastici deriva dall'analisi dei livelli di rumore di fondo nei locali monitorati, dovuto quasi esclusivamente all'inquinamento sonoro proveniente dall'ambiente esterno, a causa principalmente del traffico veicolare e, in minima parte, delle attività antropiche svolte nelle vicinanze dell'edificio.
Per simulare la condizione peggiore, le misure sono state effettuate mantenendo le finestre aperte. Tale situazione riflette quella che si verifica generalmente nei mesi di maggio e giugno, a causa della mancanza di un sistema di condizionamento. Per le diverse tipologie di ambienti vengono indicati i valori massimo, minimo e medio del rumore di fondo (Tabella 4.2.2.4).
Come si può notare, il dato medio relativo alle aule è superiore al valore limite consigliato dall'OMS (35 dB(A)). Anche le altre tipologie di ambienti sono caratterizzate da livelli piuttosto elevati, originati prevalentemente dall'inquinamento acustico esterno.

Tabella 4.2.2.4 - *Valori del rumore di fondo negli ambienti scolastici*

Ambiente	N	Max.	Min.	Media	σ	Note
Aule	36	63,2	40,8	54,7	0,007	Rumore di fondo misurato a finestre aperte
Laboratori	7	71,4	44,2	58,1	0,026	
Uffici	5	62,5	43,7	54,5	0,009	
Palestre	3	50,1	47,3	48,8	0,001	

Intelligibilità del parlato

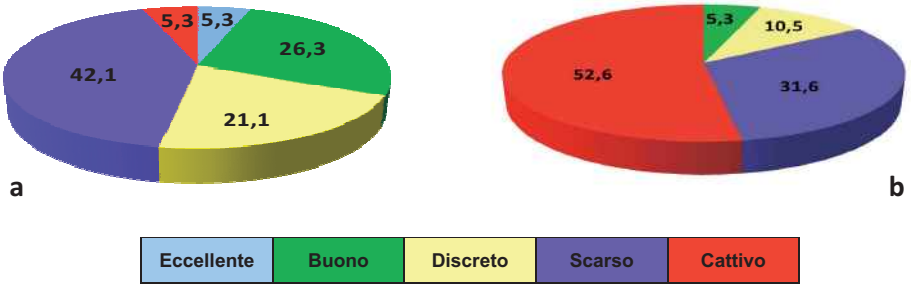
Come detto in precedenza, la misura dello sforzo vocale degli insegnanti è stata utilizzata per il calcolo dell'indice SIL; l'analisi dei dati è stata utile anche per classificare la qualità dello sforzo vocale, al fine di evidenziare eventuali problemi di fonazione degli insegnanti. Nella Tabella 4.2.2.5 sono riportati i va-

lori massimo, minimo e medio delle misure di $L_{S, A, 1m}$, ossia il valore di Leq (A), misurato ad 1 metro di distanza davanti alla bocca del parlatore (insegnante).

Tabella 4.2.2.5 - *Livello del parlato ($L_{S, A, 1m}$)*

Totale misurazioni	Max.	Min.	Media	Note
19	77,6	65,9	71,2	Le misure riguardano n. 15 aule e n. 4 laboratori

Le misure sono state effettuate durante le normali ore di lezione, nelle condizioni ambientali contingenti (finestre sia aperte che chiuse); in alcuni casi la misura è stata realizzata per ambedue le condizioni. Si è così potuto constatare che il valore misurato è pressoché indipendente dall'apertura o chiusura degli infissi. L'analisi dei dati evidenzia come il valore medio relativo allo sforzo vocale misurato sperimentalmente possa essere classificato "alto" (loud - pari a 72 dB), secondo quanto indicato nella norma UNI EN ISO 9921:2004.
Per il calcolo dell'indice SIL, al fine di avere dati tra loro confrontabili, il valore di $L_{S, A, 1m}$ utilizzato è stato posto pari a 60 dB(A) per tutti gli ambienti monitorati; per tale motivo i valori assegnati all'indice SIL risultano peggiori di quanto osservato in realtà. Tuttavia è chiaro che, in assenza di un'acustica adeguata, l'intelligibilità del parlato non può essere migliorata chiedendo agli insegnanti di aumentare la propria emissione sonora. Nella Figura 4.2.2.5 vengono illustrati i risultati delle misurazioni relative all'indice SIL, con l'indicazione dei valori massimi relativi alle condizioni migliori (banchi della prima fila, più prossimi all'insegnante) e alle condizioni peggiori (banchi dell'ultima fila, più lontani dall'insegnante), espressi in termini percentuali rispetto al numero di ambienti monitorati (15 aule e 4 laboratori); i colori utilizzati fanno riferimento ai diversi livelli della scala di intelligibilità riportata dalla norma.
I risultati evidenziano che in corrispondenza dei banchi della prima fila, dove l'intelligibilità del parlato dell'insegnante deve essere la migliore possibile per effetto della loro prossimità alla cattedra, la percentuale di situazioni non adeguate (scarso e cattivo) riguarda oltre il 47% dei casi monitorati; tale condizione sale oltre l'80% se si considerano i banchi dell'ultima fila.



Scala di intelligibilità (allegato F norma UNI EN ISO 9921:2004)

Figura 4.2.2.5 - *a) - Valori massimi SIL; b) Valori minimi SIL (% sul totale dei campioni).*

Tempo di riverbero

Le misure di riverbero hanno riguardato principalmente le aule didattiche, per le quali dovrebbe essere prevista una qualità acustica ottimale; il campione monitorato è composto da 10 aule, relative a 7 dei 9 istituti oggetto dello studio. Inoltre, per avere un quadro maggiormente rappresentativo, sono state effettuate misure di riverbero anche in una palestra e in una sala adibita ad auditorium. In generale, per quanto riguarda le palestre, il rispetto di un "tempo di riverbero ottimale" è legato non tanto all'intillegibilità del parlato, quanto al fatto che in questa tipologia di ambiente, per le attività che vi vengono svolte, si raggiungono spesso livelli sonori elevati (maggiori di 80 dB (A)). Nella Tabella 4.2.2.6 vengono riassunti i valori delle misure condotte in 12 ambienti, con l'indicazione dei relativi limiti di riferimento; il metodo del rumore interrotto è stato utilizzato in tutti gli ambienti, mentre quello del rumore impulsivo riguarda solo un parte di essi; dai risultati ottenuti si evidenzia come le due metodologie diano risultati simili.

Tabella 4.2.2.6 - *T_{60} (calcolato sulle frequenze di ottava 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz)*

Tipologia ambiente	Rumore interrotto	Rumore impulsivo	T_{60} C.M. 22/05/1967[a]
Aula 1	0,73		1,2
Aula 2	0,82	0,88	1,2
Aula 3	0,80		1,2
Aula 4	2,67		1,2
Aula 5	2,59		1,2
Aula 6	2,10		1,2
Aula 7	1,79	2,15	1,2
Aula 8	2,77	2,95	1,2
Aula 9	2,41	2,30	1,2
Aula10	2,00	2,23	1,2
Palestra	3,94	3,83	2,2
Auditorium	3,93	4,11	1,2

I risultati ottenuti evidenziano il rispetto dei requisiti di legge solo per i dati rilevati nelle aule 1, 2, 3 tutte appartenenti allo stesso edificio scolastico; queste sono caratterizzate dalla presenza di un controsoffitto di materiale assorbente (a nido d'ape), che svolge un'efficace azione nello smorzamento delle riflessioni.
Per tutti gli altri ambienti i limiti legislativi vengono abbondantemente superati, per l'assenza di materiali di rivestimento, efficaci da un punto di vista acustico[36]. Particolarmente penalizzata è la situazione osservata nelle aule di grandi dimensioni. Quanto sopra sottolinea con forza la necessità di adottare adeguati interventi di prevenzione, finalizzati al miglioramento delle caratteristiche acustiche dell'ambiente.

4.2.3 Ergonomia degli arredi

Introduzione
L'ergonomia (dal greco *érgon*, lavoro e *nomos*, regola) è la scienza che studia l'interazione tra gli esseri umani, le macchine o le attrezzature di lavoro e gli

36 Tutti gli ambienti sono caratterizzati da superfici in muratura intonacata.

ambienti in cui vengono svolte le varie attività. Ciò si traduce nello studio delle modalità di svolgimento delle attività quotidiane, affinché queste conducano al migliore risultato con il minimo impegno muscolare, mentale ed energetico. Lo stile di vita imposto dalla società odierna, condizionato dalla carenza di esercizio fisico e da condizioni di sedentarietà, determina l'adozione di posture molto diverse da quelle fisiologiche, ottimali per l'essere umano.
Nell'ambiente scolastico l'ergonomia è il più importante mezzo di prevenzione, in quanto consente di studiare le caratteristiche della postazione dello studente e di pianificare le strategie finalizzate ad aumentare le condizioni di benessere minimizzando il dispendio energetico nonché il sovraccarico biomeccanico del rachide e degli arti (superiori e inferiori), facilitando l'apprendimento.
Poiché l'età scolastica coincide con quella della crescita, abituare il corpo al mantenimento della postura ottimale favorisce il corretto sviluppo fisico; in un'ottica ergonomica, è quindi opportuno migliorare le condizioni posturali degli studenti durante la loro permanenza nell'ambiente scolastico.
La posizione ottimale per l'essere umano è quella eretta (ortostatica). In questa condizione le curve fisiologiche del rachide (due cifosi e due lordosi) consentono di scaricare in modo dinamico il peso del corpo, distribuendolo correttamente sui dischi intervertebrali e di minimizzare il dispendio energetico. Viceversa, la posizione assisa, statica, altera la conformazione del rachide modificando le curve fisiologiche. Per questo motivo, se prolungata nel tempo, può risultare estremamente dannosa per lo sviluppo della colonna vertebrale ed essere causa di patologie specifiche (protrusioni discali, ernie ecc.) localizzate nei suoi diversi distretti.
Recenti pubblicazioni scientifiche riferiscono di un notevole aumento dei casi di patologie a carico del rachide (normalmente definite come "mal di schiena") nell'ambito della popolazione in età scolare. Tale fenomeno si manifesta già tra gli studenti delle scuole elementari e assume proporzioni rilevanti per quelli delle scuole medie inferiori e superiori. Stime attendibili evidenziano che tali disturbi affliggono almeno un terzo della popolazione studentesca. Le cause di questo fenomeno sono dovute con tutta probabilità a due fattori principali: in primo luogo va sottolineato che, durante le lezioni, lo studente assume una postura non fisiologica (seduta) per un considerevole lasso di tempo e ciò avviene in una fase molto delicata, quale l'età della crescita; Inoltre va evidenziato che gli arredi di norma utilizzati (banchi e sedie) sono spesso inadeguati alle caratteristiche antropometriche dell'attuale popolazione scolastica e determinano un ulteriore peggioramento della qualità della postura assunta dagli studenti.
Durante lo sviluppo di un individuo, il rachide assume forme differenti: alla nascita esso è concavo anteriormente; la curvatura diminuisce progressivamente a partire dai cinque mesi per attenuarsi dopo l'età di un anno, quando il rachide

diventa più o meno rettilineo. Verso i tre anni inizia a comparire la lordosi lombare, che si accentua intorno agli otto; si giunge alla struttura definitiva all'età di circa dieci anni. Per questo motivo è particolarmente importante porre attenzione alla scelta degli arredi più adeguati a garantire il corretto sviluppo del rachide in un periodo fondamentale per la crescita degli individui.
Oltre all'insorgenza del mal di schiena, l'assunzione di posture incongrue per un periodo di tempo non trascurabile contribuisce ad aumentare la sensazione di affaticamento degli studenti, diminuendo il benessere e incidendo sul livello di concentrazione e, conseguentemente, sulla qualità dell'apprendimento. Al fine di ovviare alla staticità della postura, accade spesso che gli studenti adottino inconsapevolmente posizioni scorrette.

Riferimenti Normativi
Come accennato in precedenza, l'assunzione di una postura corretta viene favorita dall'impiego di adeguati arredi scolastici. Le caratteristiche delle sedie e dei tavoli, assieme a quelle degli strumenti, dei materiali, dell'illuminazione e dei parametri microclimatici, determinano infatti la qualità della postazione in cui vengono svolte le attività scolastiche. In tale ottica si può fare riferimento alle norme tecniche della serie UNI EN 1729 (parti 1 e 2), che recepiscono gli standard europei e indicano i requisiti dimensionali e di sicurezza dei banchi e delle sedie per uso scolastico. Le suddette norme tuttavia non riguardano gli arredi delle postazioni per il computer, delle officine didattiche e dei laboratori.
In linea generale, per evitare l'insorgenza di disturbi connessi all'adozione di posture incongrue, le caratteristiche degli arredi devono essere "calibrate" sulle necessità degli utilizzatori: in tal senso, la loro scelta deve tenere in considerazione la variabilità delle misure antropometriche e le eventuali disabilità degli individui. In particolare la norma UNI EN 1729-1 fissa le classi dimensionali (definite *grandezze*) degli arredi da scegliere in funzione delle diverse fasce di altezza degli studenti.
La suddetta norma detta i requisiti degli arredi scolastici (dimensioni della seduta e dello schienale delle sedie, altezza minima del piano del banco, sufficiente spazio per le gambe ecc.) nell'ottica di garantire il mantenimento di una postura corretta della schiena, un'equa distribuzione del peso del corpo sulle anche e la posizione ottimale delle ginocchia; inoltre, in accordo con la norma citata, gli arredi devono essere progettati in modo da consentire l'appoggio delle braccia, al fine di non sovraccaricare i distretti delle spalle durante la lettura o la scrittura e nello svolgimento di attività al personal computer[37]. Vengono poi fornite indicazioni riguardanti specifiche caratteri-

37 Nel D.Lgs. 81/2008 la regolamentazione dell'uso del personal computer rientra nella sezione "Attrezzature munite di videoterminali" (Titolo VII e Allegato XXXIV).

stiche degli elementi costitutivi di banchi e sedie (piano di lavoro, seduta, schienale ecc.) quali, ad esempio, la forma degli spigoli, che devono essere arrotondati e avere un raggio di curvatura minimo di 2 millimetri.
Al fine di evitare che si possano produrre schegge, le superfici devono essere levigate e gli spigoli devono essere arrotondati. Nella norma UNI EN 1729-2 vengono invece stabilite le prove di laboratorio alle quali gli arredi devono essere sottoposti per risultare idonei (stabilità, resistenza ai carichi e agli urti, durata).

Caratteristiche degli arredi

Banchi
I banchi in dotazione alle scuole, osservati nel corso dell'indagine, sono caratterizzati da altezze prefissate. In funzione delle caratteristiche antropometriche dei vari utenti, essi possono risultare idonei o meno. In quest'ultima circostanza si distinguono le due situazioni seguenti:

1. **piano di lavoro troppo alto**: in questa condizione l'alunno, per scrivere o leggere, è costretto a portare in avanti il corpo, sollevando i glutei e portando il rachide in iperestensione in misura più o meno pronunciata. Ciò determina un incremento dello sforzo muscolare e un aumento della pressione sulle cosce nonché l'impossibilità di appoggiare correttamente gli arti superiori sul piano del banco, con conseguente impegno dei muscoli del distretto delle spalle. Si verifica inoltre un disallineamento dello sguardo rispetto al piano di lettura o di scrittura o di quello di visione (piano del monitor) se l'alunno è impegnato nell'uso di un personal computer;

2. **piano di lavoro troppo basso**: la necessità di leggere o scrivere costringe l'alunno a flettere in misura eccessiva il torace ed il tratto cervicale del rachide, con il conseguente appiattimento o, peggio, all'inversione della curva lordotica cervicale; anche in questo caso gli arti superiori non godrebbero di sostegno idoneo e si verificherebbe il disallineamento dello sguardo rispetto alla condizione ideale del piano di visione.

La soluzione ideale per far fronte ad entrambe le situazioni sopra descritte sarebbe quella di adottare banchi con altezza del piano di lavoro regolabile. In alternativa, è necessario che l'altezza tenga conto delle caratteristiche antropometriche degli utilizzatori. Per i banchi, la norma UNI EN 1729-1 fissa 8 *grandezze*: si va dalla *grandezza* 0, adatta per bambini di altezza compresa tra 80 e 95 cm, alla *grandezza* 7, idonea per ragazzi la cui altezza si colloca nell'intervallo 174 - 207 cm.

In ogni caso, indipendentemente dall'altezza dell'utilizzatore, la profondità del piano del banco deve essere pari ad almeno 50 cm, mentre la lunghezza minima consentita è di 60 cm. La norma prevede che l'inclinazione del piano del banco, generalmente fissa, possa essere regolabile. In questo caso deve comunque essere possibile posizionarlo orizzontalmente.

Sedie
Anche per le sedie, in funzione delle caratteristiche antropometriche e delle eventuali disabilità degli utilizzatori, la norma UNI EN 1729-1 fornisce misure e caratteristiche standard da rispettare in fase di progettazione, in riferimento alle altezze dei vari elementi costruttivi, alla profondità, alle caratteristiche del piano della seduta e all'inclinazione dello schienale.

Altezza della seduta: qualora una sedia presenti il piano di seduta troppo alto, l'alunno potrebbe avere difficoltà nel riuscire a poggiare correttamente le piante dei piedi sul pavimento. Ciò, oltre a determinare instabilità e quindi affaticamento dei muscoli, causa la compressione della parte inferiore della coscia, impedendo la corretta circolazione sanguigna. Questa condizione costringe l'alunno a continui movimenti che determinano, oltre al disturbo fisico, una condizione di malessere che inficia la concentrazione e l'apprendimento. Viceversa, un piano di seduta troppo basso può determinare, per lo studente, una delle due situazioni seguenti:

- un'eccessiva estensione delle gambe, accompagnata dall'impossibilità di poggiare correttamente i piedi sul pavimento;
- una flessione eccessiva delle gambe, che verrebbero piegate al di sotto della sedia. Questa situazione determina spesso l'impossibilità di sfruttare il sostegno offerto dallo schienale, inducendo un'eccessiva sollecitazione della zona ischiatica.

Profondità della seduta: nel caso in cui la profondità della sedia sia eccessiva, il cavo popliteo[38] può essere soggetto a compressione: nel tempo ciò può determinare problemi circolatori. Per ovviare a tale situazione, l'alunno tenderà a portare i glutei in avanti e, talvolta, a non poggiare correttamente le piante dei piedi sul pavimento, perdendo la possibilità di utilizzare correttamente lo schienale. La flessione in avanti del busto può quindi determinare un'eccessiva pressione sulla zona ischiatica.

38 Zona posta dietro l'articolazione del ginocchio.

Al contrario, una profondità ridotta del piano di seduta non consente all'utilizzatore di poggiare le cosce in tutta la loro lunghezza. Ciò conduce a una compressione localizzata della parte inferiore della coscia determinando una sensazione di disagio e inducendo uno scorretto appoggio delle piante dei piedi.

Schienale: se lo schienale è troppo alto, l'alunno tende a utilizzarlo per tutta la sua lunghezza fino a poggiare la nuca, adottando una postura semi-sdraiata, non idonea allo svolgimento delle attività didattiche. In questa situazione si riduce la frequenza del movimento antero-posteriore; viceversa, l'assenza dello schienale o una sua ridotta altezza non consentono un adeguato sostegno del tronco.
La norma UNI EN 1729-1 prescrive inoltre un'inclinazione dello schienale compresa tra 95° e 110°, indipendentemente dalla statura dell'utilizzatore.

Imbottitura: a parte poche eccezioni, le sedie attualmente in uso nelle scuole non prevedono alcuna imbottitura. Tuttavia, al fine di evitare la sensazione di parestesia[39], che si avverte in seguito a prolungati periodi di seduta su superfici rigide e la conseguente situazione di *discomfort*, è opportuno adottare sedie dotate di un'imbottitura adeguata.
L'imbottitura non deve essere troppo dura, al fine di evitare un'eccessiva pressione localizzata sulle strutture muscolo-nervo-vascolari, né eccessivamente morbida: in quest'ultimo caso il tronco si troverebbe in una situazione di scarso equilibrio e sarebbe necessario il continuo impegno delle fasce muscolari dorsali e addominali; inoltre essa deve essere traspirante, al fine di evitare un'eccessiva sudorazione, e facilmente lavabile.
La norma UNI EN 1729-1 prescrive inoltre che gli arredi scolastici rechino, in punti ben visibili:

- la *grandezza*, identificata anche attraverso un determinato colore;
- i nomi del fabbricante, del distributore, dell'importatore o del venditore;
- la data di fabbricazione.

Idoneità degli arredi
Al fine di valutare se gli arredi in dotazione alle scuole fossero idonei allo svolgimento delle attività didattiche, è stata effettuata una serie di sopralluoghi. L'analisi delle posture assunte dagli alunni ha messo in luce una situazione degna di essere approfondita. Le posture osservate erano, in buona

39 Condizione caratterizzata da un'alterazione, a livello locale, della sensibilità di alcune parti del corpo, fondamentalmente causata da problemi circolatori.

parte dei casi, decisamente incongrue: gli studenti erano spesso ricurvi sul banco o, viceversa, quasi distesi sulla sedia, talvolta con le gambe incrociate. Tale situazione, come già detto, influisce negativamente sulla qualità dell'apprendimento. La condizione è apparsa di gran lunga peggiore per alcuni studenti disabili, in quanto la ridotta altezza del banco non consentiva loro un adeguato posizionamento della carrozzella. In sostanza, già nel corso dei primi sopralluoghi sono emerse alcune criticità relative all'idoneità degli arredi in dotazione agli istituti scolastici, dovute principalmente alle scarse disponibilità economiche che non ne consentono un adeguato rinnovo. Di conseguenza molti arredi in uso sono ancora quelli adottati molti anni fa e rispondono ai requisiti dettati dalla norma UNI 7713:1977, ormai ritirata e sostituita, nel 2003, dalla prima versione della UNI EN 1729. A causa di un fenomeno, noto come *secular trend*, che verrà illustrato più avanti, la prima parte di quest'ultima norma prevede, rispetto alla vecchia UNI 7713, una classe dimensionale (*grandezza*) in più. Nella tabella 4.2.3.1. sono riportate le dimensioni di alcuni parametri degli arredi e le rispettive *grandezze* definite dalla norma UNI EN 1729-1 relativamente alla popolazione di studenti considerata.

Tabella 4.2.3.1 - *Grandezze degli arredi e loro dimensioni in funzione dell'altezza degli utilizzatori (misure in millimetri). Estratto e adattato dalla norma UNI EN 1729-1.*

	Grandezza	**4**	**5**	**6**	**7**
	Codice colore				
	Altezza dell'utilizzatore senza scarpe	1330-1590	1460-1765	1590-1880	1740-2070
BANCO	Altezza del piano del banco (±10 mm)	640	710	760	820
BANCO	Profondità minima del piano del banco	500	500	500	500
BANCO	Lunghezza minima del piano del banco (per persona)	600	600	600	600
SEDIA	Altezza del piano di seduta (±10 mm)	380	430	460	510
SEDIA	Larghezza minima del piano di seduta	340	360	380	400
SEDIA	Profondità del piano di seduta (±20 mm)	340	380	420	460

Al fine di valutare l'adeguatezza delle dimensioni degli arredi disponibili attraverso il confronto con gli standard dettati dalla norma UNI EN 1729-1, sono stati raccolti 656 valori di altezza degli studenti[40], distribuiti tra le cinque classi degli istituti secondo quanto riportato nella tabella 4.2.3.2.

Tabella 4.2.3.2 - *Distribuzione dei valori di altezza degli studenti tra le 5 classi degli istituti.*

Classe scolastica	Valori di altezza acquisiti
I	167
II	140
III	155
IV	96
V	98
Totale	**656**

La norma definisce, sulla base degli intervalli di altezza degli studenti (*grandezze*) i requisiti dimensionali da considerare nella scelta degli arredi. Poiché gli intervalli riportati nella norma sono parzialmente sovrapponibili tra loro, l'altezza di ciascuno studente è stata classificata considerando il minimo scostamento dal valore medio di ogni intervallo (tabella 4.2.3.3).

Tabella 4.3.3.3 - *Norma EN 1729-1: intervalli e valori medi di altezza relativi alle grandezze da 4 a 7*

Grandezza	Intervallo (mm)	Valore medio (mm)
4	1330-1590	1460
5	1460-1765	1612,5
6	1590-1880	1735
7	1740-2070	1905

40 I valori di altezza degli studenti sono stati raccolti sulla base delle loro dichiarazioni. Tuttavia, l'errore dovuto alla particolare modalità di acquisizione del dato, può ritenersi trascurabile considerando l'ampio margine di sovrapposizione degli intervalli di altezza assegnati alle diverse grandezze considerate dalla norma.

In virtù della metodologia esposta, la statura degli studenti rientra per la maggior parte (88,6 %) nelle *grandezze* 5 e 6; le rimanenti altezze sono riferibili alla *grandezze* 4 (2,4%) e 7 (9%), come rappresentato in figura 4.2.3.1.

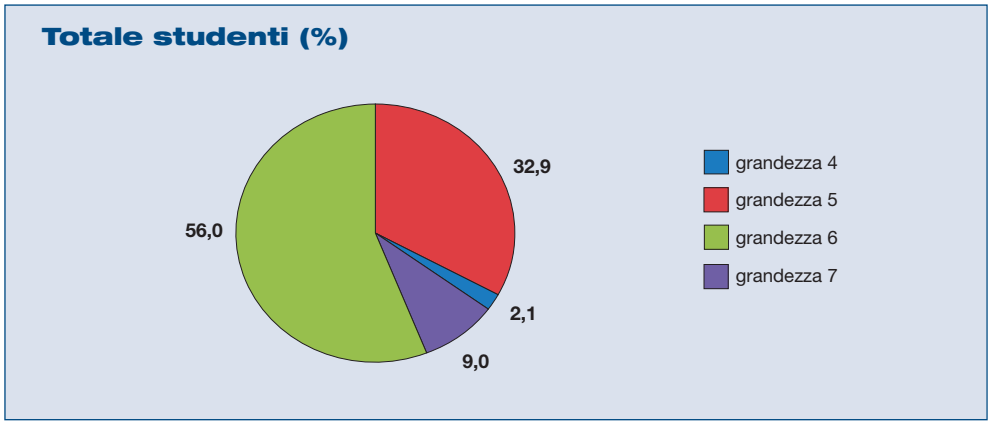


Figura 4.2.3.1 - *Distribuzione delle altezze del totale degli studenti tra le* grandezze *degli arredi previste dalla norma UNI EN 1729-1.*

Parallelamente alla rilevazione delle altezze degli studenti, è stata effettuata un'analisi dimensionale degli arredi utilizzati nelle aule degli istituti, distinguendoli per classe scolastica in modo tale da verificare se, al crescere dell'età e quindi dell'altezza degli studenti, corrispondesse una fornitura di banchi e sedie di dimensioni adeguate. I dati relativi alle dimensioni degli arredi, rapportati alle altezze degli studenti per ciascuna classe scolastica, sono riportati nelle figure 4.2.3.2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, 4.2.3.5, 4.2.3.6.

Classe Prima

Circa la metà degli studenti delle prime classi (49,7%) ha altezze che rientrano nella grandezza 6, mentre poco meno del 42% appartiene alla *grandezza* 5 e una frazione residuale si distribuisce più o meno equamente tra le *grandezze* 4 e 7 (figura 4.2.3.2).

Dimensione degli arredi

	Tipo	Dimensioni (L x P x h) (centimetri)	*Grandezza UNI EN 1729-1*		
			L	P	h
banchi	1 posto	69 x 69 x 76	6	6	6
	1 posto	70 x 50 x 76	6	6	6
	2 posti	129 x 50 x 76	6	6	6
	2 posti	130 x 50 x 77	6	6	6
		Dimensioni della seduta (L x P x h) (centimetri)	*Grandezza UNI EN 1729-1*		
			L	P	h
sedie		40 X 41 X 46	6	6	6
		40 X 40 X 45	6	6	6
		39 X 34 X 46	6	4	6
		35 x 35 x 45	4	4	6
		40 X 40 X 46	6	6	6
		39 X 39 X 46	6	5	6
		35 X 35 X 47	4	4	6

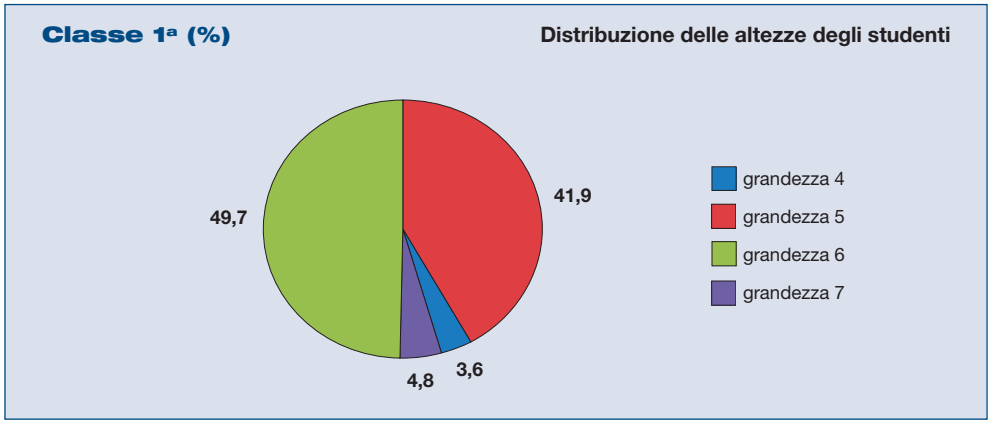


Figura 4.2.3.2 - *Dimensioni degli arredi rilevate nelle prime classi (e relative grandezze previste dalla norma UNI EN 1729-1) rapportate alla distribuzione delle altezze degli studenti. Per le 4 grandezze nelle quali ricadono le altezze, raggruppate secondo il criterio esposto nel testo, sono stati utilizzati i codici di colore di cui alla norma citata.*

A fronte di tale distribuzione, i banchi, per quanto di tipologia e dimensioni diverse, appartengono tutti alla *grandezza* 6 e risultano quindi idonei solo per la metà degli studenti; gli altri necessiterebbero di banchi più bassi (*grandezza* 5 per il 41,9% e *grandezza* 4 per il 3,6%) o più alti (*grandezza* 7, 4,8%). Per quanto riguarda le sedie, quelle in uso soddisfano meno della metà degli utilizzatori. Esse sono di diversa tipologia e le loro altezze possono essere ricondotte alla *grandezza* 6; in molti casi, tuttavia, la larghezza e la profondità del piano di seduta sono riconducibili a *grandezze* inferiori (5 o addirittura 4).

Classe Seconda

Nelle seconde classi (figura 4.2.3.3) oltre la metà (56,4%) degli studenti ha un'altezza riferibile alla *grandezza* 6; segue una frazione (32,9%) di alunni aventi altezze collocabili nella *grandezza* 5, il 7,9% necessiterebbe di arredi aventi *grandezza* 7, mentre una quantità residuale di ragazzi (2,9%) avrebbe bisogno di banchi appartenenti alla *grandezza* 4. Anche in questo caso, i banchi, seppure diversi tra loro, appartengono tutti alla *grandezza* 6 e risultano idonei solo per poco più della metà degli utilizzatori. Anche le sedie, appartenenti alla *grandezza* 6, soddisfano solo una parte della popolazione di studenti delle seconde classi. In molti casi, pur potendo riferire le altezze alla *grandezza* 6, la larghezza e la profondità del piano di seduta erano estremamente piccole (*grandezza* 4)

Dimensione degli arredi

	Tipo	Dimensioni (L x P x h) (centimetri)	*Grandezza UNI EN 1729-1*		
			L	P	h
banchi	1 posto	69 x 69 x 76	6	6	6
	1 posto	70 x 50 x 76	6	6	6
	2 posti	140 x 50 x 76	6	6	6
	2 posti	130 x 50 x 77	6	6	6
		Dimensioni della seduta (L x P x h) (centimetri)	*Grandezza UNI EN 1729-1*		
			L	P	h
sedie		35 x 35 x 45	6	6	6
		40 X 40 X 46	6	6	6
		40 X 40 X 46	6	4	6

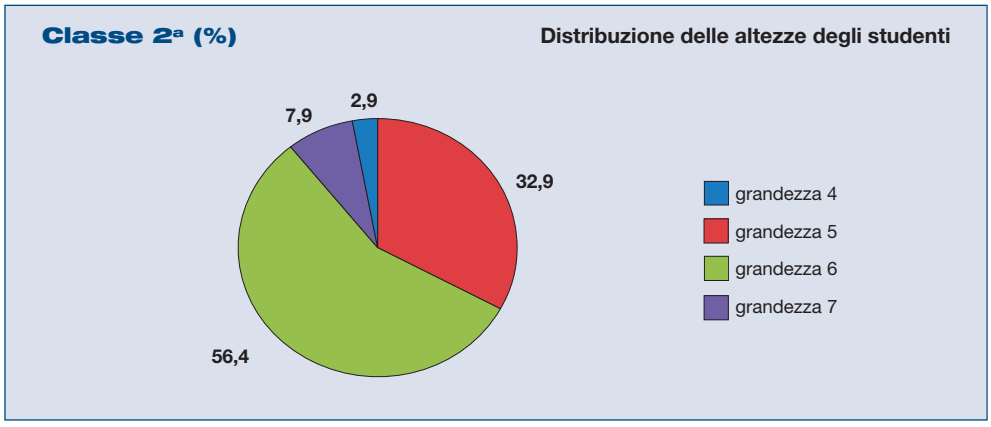


Figura 4.2.3.3 - *Dimensioni degli arredi rilevate nelle seconde classi (e relative grandezze previste dalla norma UNI EN 1729-1) rapportate alla distribuzione delle altezze degli studenti. Per le 4 grandezze nelle quali ricadono le altezze, raggruppate secondo il criterio esposto nel testo, sono stati utilizzati i codici di colore di cui alla norma citata.*

Classe Terza

I banchi in uso nelle terze classi, sia da un posto che da due, hanno altezze riconducibili alla *grandezza* 6 (figura 4.2.3.4). Essi risultano adatti solo al 54,2% degli studenti (fatta eccezione per quelli aventi profondità ridotta, inferiore al valore minimo prescritto dalla norma UNI EN 1729-1). Per il 32,9% degli studenti sono necessari banchi di *grandezza* 5, mentre il 12,3%, che rappresenta gli studenti di statura maggiore, non dispone di banchi adatti alle proprie dimensioni antropometriche (*grandezza* 7); lo stesso vale per gli studenti con altezze che ricadono nella *grandezza* 4 (0,6%).

Dimensione degli arredi

	Tipo	Dimensioni (L x P x h) (centimetri)	*Grandezza UNI EN 1729-1*		
			L	P	h
banchi	1 posto	69 x 69 x 76	6	6	6
	2 posti	138 x 48 x 76,5	6	insufficiente	6
	2 posti	129 x 50 x 76	6	6	6
	2 posti	139 x 49 x 76	6	insufficiente	6
	2 posti	130 x 50 x 77	6	6	6
		Dimensioni della seduta (L x P x h) (centimetri)	***Grandezza UNI EN 1729-1***		
			L	**P**	**h**
sedie		40 x 38 x 46	6	5	6
		40 x 40 x 46	6	6	6
		35 x 35 x 45	4	4	6

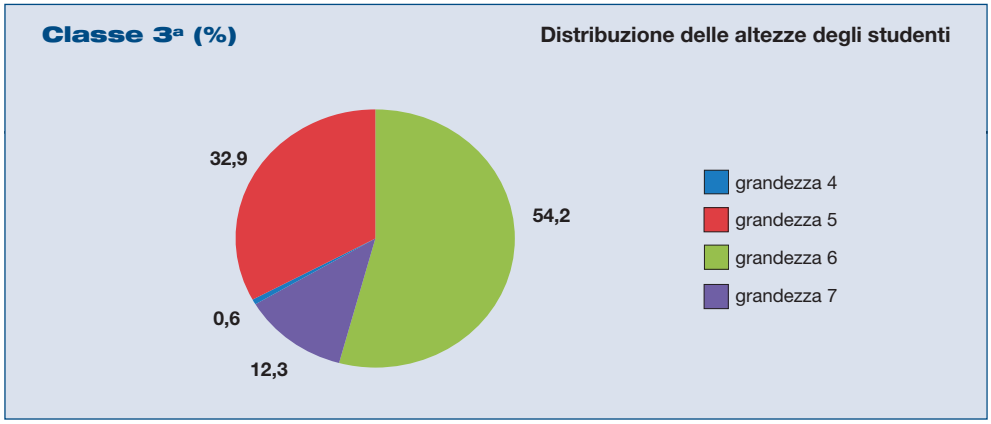


Figura 4.2.3.4 - Dimensioni degli arredi rilevate nelle terze classi (e relative grandezze previste dalla norma UNI EN 1729-1) rapportate alla distribuzione delle altezze degli studenti. Per le 4 grandezze nelle quali ricadono le altezze, raggruppate secondo il criterio esposto nel testo, sono stati utilizzati i codici di colore di cui alla norma citata.

Le diverse tipologie di sedie, pur avendo altezze del piano di seduta riconducibili alla *grandezza* 6, non sono adatte per buona parte degli studenti appartenenti a questa *grandezza*, in quanto caratterizzate da dimensioni estremamente ridotte del piano di seduta, riconducibili alle *grandezze* 4 e 5. Anche in questo caso, la scelta degli arredi non rispetta le esigenze degli studenti appartenenti alle *grandezze* 4, 5, 7 e soddisfa solo parzialmente quelli della *grandezza* 6.

Classe Quarta

Oltre il 60% del campione di studenti appartenenti alla quarta classe ha altezza riferibile alla *grandezza* 6; rispetto alle classi inferiori, si nota una diminuzione della percentuale di studenti collocabili nella *grandezza* 5 e un aumento del numero di quelli più alti, attribuibili alla *grandezza* 7 (rispettivamente 24% e 13,5%).

Dimensione degli arredi

	Tipo	Dimensioni (L x P x h) (centimetri)	*Grandezza UNI EN 1729-1*		
			L	P	h
banchi	1 posto	69 x 69 x 76	6	6	6
	2 posti	136 x 49 x 76	6	insufficiente	6
	2 posti	129 x 50 x 76	6	6	6
	2 posti	130 x 50 x 77	6	6	6
		Dimensioni della seduta (L x P x h) (centimetri)	***Grandezza UNI EN 1729-1***		
			L	P	h
sedie		35 x 35 x 46	4	4	6
		39 x 36 x 46	6	5	6
		39 x 39 x 46	6	5	6
		40 x 40 x 47	6	6	6
		40 x 40 x 46	6	6	6

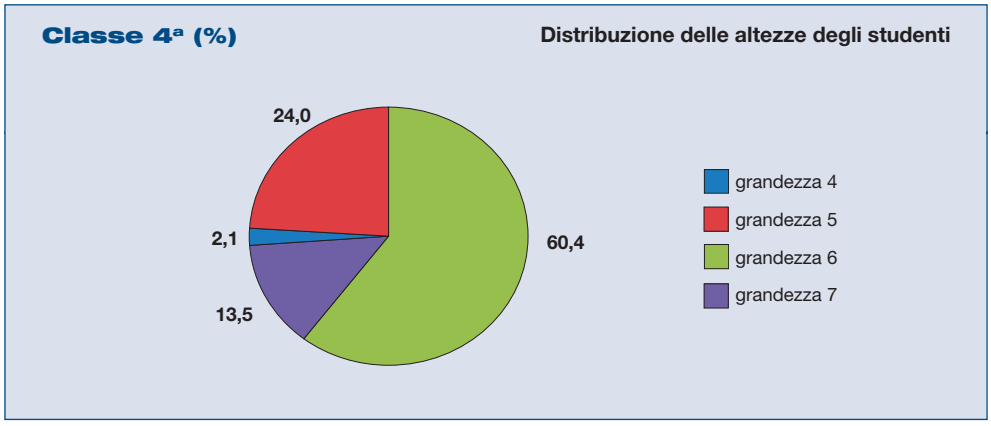


Figura 4.2.3.5 - Dimensioni degli arredi rilevate nelle quarte classi (e relative grandezze previste dalla norma UNI EN 1729-1) rapportate alla distribuzione delle altezze degli studenti. Per le 4 grandezze nelle quali ricadono le altezze, raggruppate secondo il criterio esposto nel testo, sono stati utilizzati i codici di colore di cui alla norma citata.

Gli alunni aventi altezza ascrivibile alla *grandezza* 4 costituiscono invece il 2,1% del campione (figura 4.2.3.5). Le tipologie di banchi utilizzati appartengono tutte alla *grandezza* 6, fatta eccezione per un modello la cui profondità è inferiore al valore minimo prescritto dalla norma UNI EN 1729-1. Di conseguenza i banchi sono idonei solo per il 60% degli studenti, mentre la loro scelta non soddisfa il rimanente 40%, che avrebbe bisogno di banchi più bassi e più alti. Le sedie in uso nelle quarte classi sono di cinque tipologie diverse. Mentre l'altezza del piano di seduta risponde sempre ai requisiti della *grandezza* 6, larghezza e profondità variano tra le *grandezze* 4 o 5. Pertanto solo due dei cinque modelli riscontrati soddisfano le esigenze degli studenti aventi altezza riferibile alla *grandezza* 6, mentre gli altri, pur avendo dimensioni del piano di seduta collocabili nelle *grandezze* 4 e 5, risultano troppo alti per gli studenti ascrivibili a queste. Pertanto il 39,6% degli alunni non dispone di sedie idonee.

Classe Quinta

Le altezze degli studenti delle quinte classi rientrano, per il 64,3%, nella *grandezza* 6, per il 26.5% nelle *grandezze* 5 (26,5%), mentre l'8,2 rientra nella *grandezza* 7 (8,2%). Solo l'1% degli alunni ricade nella *grandezza* 4 (figura 4.2.3.6). I banchi utilizzati sono di 5 diversi tipi; alcuni hanno inclinazione regolabile, cosa che risulta particolarmente utile nello svolgimento delle attività grafiche. In ogni caso, essi appartengono tutti alla *grandezza* 6 e pertanto sono adatti per circa 2/3 degli utilizzatori. Tra essi ne è stato riscontrato un modello avente profondità inferiore a quella minima prescritta dalla norma UNI EN 1729-1.

Anche le sedie in uso, di dimensioni molto simili, appartengono alla *grandezza* 6 e risultano inadatte per oltre 1/3 degli studenti.

Dimensione degli arredi

	Tipo	Dimensioni (L x P x h) (centimetri)	*Grandezza UNI EN 1729-1* L	P	h
banchi	1 posto	69 x 69 x 76	6	6	6
	1 posto (inclinaz. regolabile)	90 x 60 x 77	6	6	6
	2 posti	139 x 47 x 76	6	insufficiente	6
	2 posti	139 x 50 x 76	6	6	6
	2 posti	130 x 50 x 77	6	6	6
		Dimensioni della seduta (L x P x h) (centimetri)	***Grandezza UNI EN 1729-1*** **L**	**P**	**h**
sedie		40 x 40 x 46	6	6	6
		40,5 x 40 x 46	6	6	6

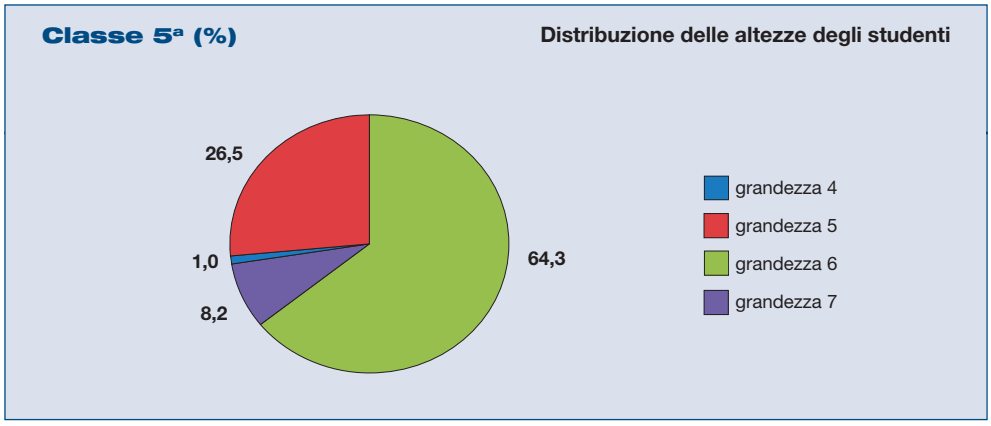


Figura 4.2.3.6 - Dimensioni degli arredi rilevate nelle quinte classi (e relative grandezze previste dalla norma UNI EN 1729-1) rapportate alla distribuzione delle altezze degli studenti. Per le 4 grandezze nelle quali ricadono le altezze, raggruppate secondo il criterio esposto nel testo, sono stati utilizzati i codici di colore di cui alla norma citata.

Considerazioni conclusive

Negli ultimi decenni si è osservato un fenomeno, definito "*secular trend*" (Sanna E., 2002)[41], caratterizzato da un'accelerazione nei processi dello sviluppo e dal raggiungimento delle dimensioni corporee che caratterizzano il soggetto adulto in età sempre più precoce; in particolare, a parità di età considerata, negli ultimi decenni l'esame dei dati antropometrici testimonia un aumento complessivo delle dimensioni corporee e un ampliamento della distribuzione delle altezze, al punto tale che, nell'ambito di una stessa classe scolastica, gli scarti in altezza registrati possono superare i 30 cm. Nell'ambito di una determinata popolazione, il suddetto fenomeno risulta apprezzabile in un periodo di tempo relativamente breve, dell'ordine delle decine di anni.
La vecchia norma UNI 7713:1977 dettava i criteri di progettazione e scelta degli arredi in base alle caratteristiche antropometriche di una popolazione di studenti di oltre trenta anni fa. Per quanto sopra, la UNI EN 1729-1, prevede, rispetto alla vecchia norma, una *grandezza* in più.
I valori di altezza degli studenti raccolti nelle scuole, confrontati con quelli ricavati dalla letteratura del settore, confermano questa tendenza all'incremento delle dimensioni antropometriche. Risulta evidente inoltre come l'ampiezza dello scarto tra le altezze rilevate nell'ambito della stessa classe scolastica superi i 30 cm.
In generale gli arredi disponibili, stando alle indicazioni fornite dalla norma UNI EN 1729-1, risultano inadeguati alle attuali necessità degli studenti. Tutti i banchi e le sedie osservate, sebbene diversi tra loro, hanno altezza riferibile alla *grandezza* 6. Al contrario alcuni modelli di sedia hanno dimensioni del piano di seduta (L, P) tipiche delle grandezze 4 e 5.
La scelta dei banchi e delle sedie non tiene conto della classe scolastica alla quale sono destinati e quindi dell'età e della variabilità antropometrica degli utilizzatori. Spesso gli arredi risultano troppo grandi per alcuni alunni delle prime classi e troppo piccoli per quelli delle ultime; inoltre, nell'ambito della medesima classe, la dotazione degli arredi non tiene conto della variabilità antropometrica esistente: nessuna delle classi visitate dispone di arredi che

41 Le cause del *secular trend* sono da ricercare tra i seguenti fenomeni:
- cambiamenti nelle condizioni di vita (dai punti di vista nutrizionale, igienico-sanitario e culturale);
- selezione differenziale nella fecondità e nella mortalità esistente tra individui di diversa altezza;
- movimenti migratori.

I punti sopra esposti rendono conto del fatto che il *secular trend* non è un fenomeno universalmente diffuso: nei paesi sottosviluppati esso non viene rilevato.
Per maggiori dettagli, cfr. Sanna E., (2002) - *Il secular trend in Italia. Antropo, 3, 23-49.* www.didac.ehu.es/antropo

rispettano i requisiti dimensionali delle *grandezze* 4, 5 e 7, favorendo l'assunzione di posture non corrette. La causa probabilmente risiede nel fatto che buona parte degli arredi attualmente in uso sono stati acquistati prima dell'entrata in vigore della norma UNI EN 1729-1 e, per questo motivo, risultano sottodimensionati. Alla luce di quanto sopra, emerge la necessità di rinnovare gli arredi, optando per quattro distinte *grandezze* (dalla 4 alla 7) per fornirli agli studenti in funzione delle loro caratteristiche antropometriche. Negli istituti in cui è stata svolta la presente indagine erano infatti del tutto assenti banchi e sedie in grado di soddisfare le necessità sia degli studenti più bassi che di quelli più alti. In ciascuna classe (dalla prima alla quinta) si è infatti registrata la presenza di studenti la cui altezza è riferibile a tutte le 4 *grandezze* sopra citate. L'adozione di tali arredi consentirebbe di limitare l'assunzione di posture incongrue.
L'inadeguatezza non si limita alle sole dimensioni degli arredi, bensì riguarda anche alcune peculiarità degli stessi; in particolare, in alcune classi sono presenti sedie di diversi modelli: in legno, in plastica, con o senza braccioli.
Situazioni di particolare *discomfort* sono state evidenziate nei casi in cui, in abbinamento a banchi di altezza ridotta, vi sono sedie dotate di braccioli. In tali situazioni, gli studenti non riescono a posizionare questi ultimi al di sotto del piano del banco (Figura 4.2.3.7a): l'impossibilità di avvicinare in modo corretto il piano di seduta a quello del banco obbliga gli studenti ad assumere una postura non sempre idonea.
Anche la mancanza di spazi adeguati può determinare condizioni di *discomfort* posturale, come evidenziato dalla Figura 4.2.3.7b.

Figura 4.2.3.7a - Particolare di una sedia dotata di braccioli che impediscono di posizionarla correttamente sotto il piano del banco. Si notano anche i differenti modelli di sedie utilizzati nella stessa aula.

Figura 4.2.3.7b - Disposizione di due sedie sui due lati di un banco a un solo posto.

Le condizioni di *discomfort* ergonomico sono inoltre causate dalla conformazione fisica dei locali, spesso utilizzati come aule anche quando la loro originaria destinazione d'uso era diversa. In locali troppo larghi, i banchi delle file più avanzate si trovano spesso in prossimità della cattedra: in questi casi, gli studenti che occupano quelli situati lateralmente (Figura 4.2.3.8) sono costretti ad assumere posture incongrue, consistenti in pronunciate torsioni del busto e del collo, per rivolgere lo sguardo verso l'insegnante.

Figura 4.2.3.8 - Disposizione dei banchi sulle file laterali di un locale molto largo utilizzato come aula. L'immagine è stata ripresa dalla postazione di uno studente seduto al primo banco.

L'assunzione di posture incongrue da parte degli studenti può essere determinata anche nei casi, osservati in occasione di diversi sopralluoghi, in cui la cattedra poggia su una pedana di legno avente un'altezza di 15-20 cm. In tale condizione, per mantenere una linea di visione[42] corretta, lo studente è costretto a estendere all'indietro il capo, aumentando la lordosi del tratto cervicale. Al fine di rendere più agevole la visuale degli studenti e quindi evitare l'assunzione di posture dannose, è opportuno che la cattedra sia posizionata sul pavimento; inoltre i banchi devono essere siano distribuiti in modo tale da consentire anche agli alunni situati nelle ultime file di osservare il docente in modo favorevole. Gli accorgimenti finalizzati al miglioramento degli aspetti ergonomici verranno trattati nel paragrafo 5.6.

42 Linea che congiunge l'occhio dello studente all'elemento osservato (volto dell'insegnante).

5 Interventi di prevenzione

5.1 Prevenzione del rischio biologico

Considerata la natura prevalentemente infettiva del rischio biologico, la sua prevenzione nelle scuole si fonda essenzialmente sul rispetto delle norme di pulizia ed igiene sia personale che ambientale, con l'adozione di regole comportamentali individuali e collettive (c.d. "precauzioni universali"), a partire da un'adeguata ventilazione dei locali e dal lavaggio delle mani; quest'ultimo rappresenta un'elementare ma efficacissima pratica e misura di prevenzione del rischio biologico secondo le indicazioni date dall'OMS (Allegato A).
Le precauzioni universali debbono essere adottate indipendentemente dall'insorgenza di casi di malattia nella scuola, in quanto servono ad interrompere la catena del contagio (Figura 1) che favorisce la trasmissione interumana di un agente infettivo per via aerea, oro-fecale o ematica-sessuale. Una regolare manutenzione dell'edificio e degli impianti consente, inoltre, di controllare le condizioni ambientali che favoriscono la proliferazione microbica. Per questo motivo dovranno essere adottate tutte le misure comportamentali atte a ridurre l'accumulo di contaminanti di origine biologica (polveri allergeniche, muffe e spore fungine ecc.), la cui presenza determina condizioni favorevoli alla crescita microbica nell'*indoor* scolastico (umidità, fonti di nutrimento, ecc.).

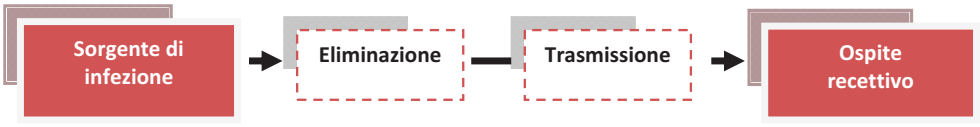


Figura 5.1.1 - Catena di trasmissione delle malattie infettive.

Pur considerando che i microrganismi rappresentano una componente costante dell'ambiente naturale, seppure "innocua" per l'uomo nella maggior parte dei casi, il mantenimento di livelli di bassa concentrazione di carica microbica riduce la probabilità che in essa siano presenti agenti patogeni.

Da quanto sopra emerge chiaramente il ruolo fondamentale svolto dalla formazione nei confronti sia del personale scolastico (docente e non) che di quello coinvolto nelle attività di pulizia, ristorazione e manutenzione delle eventuali aree verdi esterne agli edifici scolastici.
I contenuti da erogare nella formazione devono riguardare non solo la conoscenza dei rischi connessi alla specifica attività svolta, ma anche le misure preventive particolari da adottare per la tutela della salute di tutta la popolazione scolastica, con particolare riguardo a quella giovanile e infantile (Tabella 5.1.1).
Nella tabella 2 si riportano, senza pretesa di esaustività, alcune possibili condizioni o fonti di rischio biologico rinvenibili nelle scuole con i relativi interventi preventivi adottabili.

Tabella 5.1.1 - *Misure preventive particolari da adottare per la tutela della salute di tutta la popolazione scolastica, con particolare riguardo a quella giovanile e infantile (ERIC, 1999)*

Educazione in aula
- Gli studenti non devono condividere oggetti che potrebbero trasmettere malattie (oggetti che sono stati introdotti in bocca, bicchieri, cannucce, lattine, posate, matite, penne, salviette, rossetti, burro di cacao, spazzolini da denti).
- Gli studenti devono imparare a gestire le loro necessità personali in caso di pronto soccorso (ad es. epistassi).
- Gli studenti devono imparare a manipolare in sicurezza gli oggetti taglienti, i rifiuti prodotti da altri ed eliminare correttamente i rifiuti personali (salviette facciali, asciugamani sporchi, utensili per mangiare, assorbenti, superfici contaminate da sangue).
- La trasmissione della pediculosi può essere limitata tenendo cappotti e oggetti personali in stanzini/comparti individuali, evitando di condividere cappelli, pettini ecc.
- Gli insegnanti, gli istruttori o allenatori devono sempre mettere in pratica comportamenti corretti per la prevenzione del contagio, essere addestrati al primo soccorso e all'emergenza e conoscere le "precauzioni universali". Devono, inoltre, saper utilizzare i materiali contenuti nel kit per le emergenze, messo a disposizione dalla scuola, che include: guanti, garze, bendaggi, soluzione disinfettante a base di ipoclorito, sacchetti Biohazard[43].

43 Sacchetti che permettono di gestire in sicurezza rifiuti a rischio infettivo.

Tabella 5.1.2 - *Alcune possibili condizioni o fonti di rischio biologico nelle scuole e principali misure preventive adottabili, desunte dalla consultazione della bibliografia di riferimento.*

Condizioni di rischio		Indicazioni di prevenzione
Affollamento dei locali (segreterie, aule, servizi igienici, palestre ecc.)	Concentrazione di *bioaerosol* nell'aria e sulle superfici; potenziale accumulo e/o veicolazione di agenti infettivi aerodiffusibili di origine antropica.	Evitare che gli ambienti siano densamente occupati. Arieggiare gli ambienti più volte al giorno (in particolare, aule e palestre). Ventilare frequentemente i bagni per evitare fenomeni di condensa con conseguente crescita di muffe e sanificarne adeguatamente le superfici. Tenere le finestre aperte durante le operazioni di pulizia per evitare che polveri e residui organici sospesi nell'aria rimangano all'interno dell'edificio.
Manutenzione carente e/o malfunzionamento degli impianti (idrosanitari e HVAC[44])	Il rischio di acquisire un'infezione da *Legionella spp.* è correlato alle seguenti condizioni: temperatura dell'acqua tra 25 e 42°C, presenza di amebe, sostanze biodegradabili, elementi in traccia (Fe, Cu, Zn ..), depositi calcarei e incrostazioni, che favoriscono la proliferazione di tale batterio; virulenza del ceppo microbico; possibilità di aerosolizzazione dell'acqua e inalazione da parte dell'ospite suscettibile[45]; suscettibilità dell'ospite all'infezione (uomo). Presenza di *polveri e depositi organici* (piume e deiezioni di volatili, foglie e residui vegetali, ecc.), ectoparassiti di volatili sui filtri dell'aria dell'impianto HVAC.	Regolare pulizia e manutenzione degli impianti. Manutenzione e sostituzione dei filtri degli impianti aeraulici. Il datore di lavoro è obbligato a provvedere alla regolare manutenzione e pulitura degli impianti di aerazione ai sensi degli artt. 64 e 68 del D.Lgs. N. 81/2008 e s.m.i.. Al riguardo, cfr. 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"*, 2013; Istituto Superiore di Sanità, *"Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi"*, 2000.

44 HVAC: Heating, Ventilation, Air Conditioning.
45 INAIL. Il rischio di esposizione a Legionella spp. in ambienti di vita e di lavoro. INAIL, 2012 (www.inail.it)

Segue: **Tabella 5.1.2**

Condizioni di rischio		Indicazioni di prevenzione
Polvere e particolato organico	Presenza di allergeni (da acari della polvere *Dermatophagoides pteronyssinus* e *Dermatophagoides farinae*; da forfora di animali domestici, come Felis dosmeticus; muffe allergeniche, come *Cladosporium* spp. e *Alternaria* sp.; pollini). Accumulo, veicolazione e dispersione di agenti infettivi.	Adozione di un protocollo specifico per le operazioni di pulizia e sanificazione degli ambienti e degli arredi e verifica periodica delle operazioni effettuate (pulizia a umido di aule, corridoi, lavagne, ecc., utilizzo di lavagne metalliche o plastificate, utilizzo di aspirapolveri dotati di filtri ad alta efficienza e di documentata efficacia e che impiegano vapore secco ecc.). Particolare attenzione va prestata alle palestre, noto ricettacolo di polvere. Non accumulare materiale, libri o quaderni sopra il mobilio. Archivi e biblioteche non devono essere sovraccaricati di materiali cartacei, che comportano accumulo di polvere e proliferazione di funghi e acari. Plastificare i poster da appendere alle pareti, per permettere la rimozione della polvere con panni umidi. Scuole dell'infanzia: evitare giochi di pelouche e prediligere i giochi di legno o di plastica facilmente lavabili; evitare i tappeti o, in alternativa, utilizzare quelli di materiale plastico facilmente lavabile. Negli ambienti scolastici ove vi è la possibilità che i bambini dormano, ricoprire materassi e cuscini con fodere di tessuto anti acaro e lavare frequentemente lenzuola, copricuscini, coprimaterassi e coperte a temperatura superiore a 60 °C; pulire settimanalmente con un panno umido i coprimaterassi, i copricuscini e i copripiumini; lavare almeno una volta al mese le coperte; predisporre armadietti dove riporre i grembiuli per i bambini; appendere i cappotti all'esterno delle aule, così da evitare l'apporto in classe di allergeni provenienti dall'esterno. Rimuovere i residui alimentari e svuotare i cestini contenenti rifiuti alimentari.
Uomo (personale scolastico docente e non, bambini di asili nidi e scuole dell'infanzia)		Adozione di misure precauzionali di carattere generale negli ambienti collettivi, per interrompere la catena epidemiologica del contagio (aerazione e controllo delle condizioni microclimatiche; uso di materiale monouso per l'igiene personale; lavaggio frequente delle mani anche dopo il gioco in aree aperte, l'esercitazione con materiali didattici, l'attività sportiva; rimozione quotidiana dei rifiuti). Sanificazione degli ambienti (rimozione quotidiana di sporcizia, con periodica disinfezione terminale), adozione di comportamenti corretti in caso di esposizione a sangue o altri fluidi biologici (feci, urine ecc.), allontanamento del soggetto ai primi sintomi di malessere/malattia. Igiene di oggetti ed indumenti personali (uso strettamente individuale degli stessi). Definizione ed elaborazione di procedure per la gestione dell'emergenza infettiva.

Segue: **Tabella 5.1.2**

Condizioni di rischio		Indicazioni di prevenzione
Laboratorio di microbiologia		Attenta pulizia e disinfezione dei locali ove si operano la messa in coltura e l'analisi microbica. Adozione di Buone Pratiche di Laboratorio (BPL) e Buone Pratiche Microbiologiche (BPM) per controllare il rischio di esposizione. Corretto smaltimento dei rifiuti di laboratorio e utilizzo corretto di dispositivi di protezione individuale (DPI).
Cattivo stato dell'edificio e degli ambienti (materiali costruttivi, arredi, tendaggi, pavimenti, ecc.)	Infiltrazioni di acqua con conseguenti alti livelli di umidità e fenomeni di condensa, che favoriscono la proliferazione di muffe; depositi di polvere e residui organici.	*(cfr. anche " polvere e particolato" e " manutenzione carente degli impianti")* Sistematica pulizia e periodica disinfezione dei pavimenti. Controllo dell'eventuale presenza di muffe e/o aloni su pareti e soffitti, indici di penetrazioni d'acqua. Verifica dell'assenza di imbrattamento da depositi di guano di volatili sui telai delle finestre, sui cornicioni, sui davanzali. Interventi di disinfestazione in caso di presenza di topi, scarafaggi, formiche, mosche, ecc. Pulizia degli arredi e dei tendaggi al di fuori dell'orario scolastico.
Spazi esterni	Le aree verdi non curate possono comportare l'introduzione di specie vegetali infestanti, di cui alcune allergizzanti e di nidi di insetti.	Non eseguire lavori di pulizia, manutenzione e giardinaggio (potatura alberi, falciatura dell'erba ecc.) durante l'orario scolastico. Nel caso in cui nel giardino siano presenti pini, controllare l'assenza della "processionaria" *(Thaumetopoea pityocampa).* Verificare l'assenza di oggetti taglienti, siringhe, ecc. nelle vie di circolazione esterna, nel parco e in ogni luogo esterno in cui si svolgano attività ludiche e motorie. Gli spazi esterni devono rimanere sgombri da materiale in deposito e vegetazione spontanea pericolosa. Mettere a dimora piante a basso tasso allergenico ed eliminare le piante allergizzanti (graminacee, parietaria, ambrosia ...) ed arboree (in cui possono riprodursi gli insetti). Verificare l'assenza di nidi di imenotteri (vespe, api e calabroni). Limitare le attività sportive all'aperto nei giorni di fioritura delle piante allergeniche, per prevenire reazioni allergiche nei soggetti sensibili.
Carenza di igiene nelle mense	Gli alimenti possono rappresentare un pericoloso veicolo di infezioni *(tossinfezioni alimentari)*	Pulizia e igiene scrupolosa dei luoghi e delle attrezzature di lavoro. Igiene degli alimenti (nelle fasi di conservazione, preparazione, distribuzione) Igiene del personale: osservanza scrupolosa di procedure igieniche relative alla pulizia della persona, in particolare delle mani e degli indumenti di lavoro. Definizione ed elaborazione di procedure di emergenza per affrontare eventuali incidenti occorsi durante l'uso di utensili e attrezzature; immediata disinfezione con prodotti specifici in caso di piccoli tagli e abrasioni alla pelle. Particolare cura e attenzione nella preparazione e somministrazione degli alimenti.

5.2 Prevenzione del rischio chimico

Le scuole dovrebbero essere progettate, costruite e manutenute in modo da minimizzare e controllare le sorgenti di inquinamento, anche per rispondere alle esigenze di quei soggetti che mostrano particolare sensibilità ad allergie e ad asma.
Sulla base di quanto descritto nel paragrafo 4.1.2, il mantenimento di un buon livello di qualità dell'aria *indoor* dipende, in estrema sintesi, dalla possibilità di controllare una serie di parametri quali:

- materiali di costruzione, impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione;
- quantità e qualità dell'aria di ventilazione;
- stato di conservazione degli arredi, fissi e mobili, e dei rivestimenti (pavimenti, pareti, soffitti);
- prodotti usati per la manutenzione e la pulizia;
- modalità di uso degli spazi (stile di lavoro);
- presenza di fumo di tabacco (mancata osservanza del divieto di fumo).

La scarsa qualità dell'aria *indoor* deriva spesso dall'inosservanza sia di adeguati criteri in fase di progettazione e di esecuzione di lavori riguardanti gli ambienti (suddivisione degli spazi e relativo utilizzo per le diverse esigenze di carattere didattico), sia di buone pratiche a livello di abitudini, stili di vita e appropriato utilizzo di attrezzature e dispositivi necessari per lo svolgimento delle attività di lavoro e didattiche.
Tra le attività svolte in ambiente scolastico, quelle che comportano la presenza, l'utilizzo, la manipolazione e l'immagazzinamento diretti di sostanze pericolose riguardano essenzialmente:

1) la pulizia e l'igienizzazione di locali, servizi, arredi;
2) le attività condotte nei laboratori (in particolare quelli dedicati alle esercitazioni chimiche e biologiche).

1) Nelle attività di pulizia i rischi chimici sono connessi alla manipolazione di detergenti, disincrostanti e disinfettanti, che possono cagionare infortuni per fuoriuscite, spandimenti accidentali e sviluppo di gas tossici conseguenti a reazioni chimiche tra prodotti mescolati erroneamente. Inoltre l'esposizione per via inalatoria e cutanea a sostanze e miscele può produrre irritazioni, allergie, ustioni o intossicazioni di tipo cronico.
   È evidente che la prima misura di prevenzione del rischio consiste nell'effettuazione delle attività di pulizia in fasce orarie diverse da quelle dedicate

alle attività didattiche, in modo da minimizzare eventuali interferenze. Ulteriori misure da adottare sono:

a) selezione dei prodotti chimici verificando la possibilità, attraverso la consultazione delle Schede di Sicurezza (SDS)[46], di sostituire quelli più pericolosi con altri che lo sono meno, privilegiando l'impiego di quelli commercializzati già diluiti o comunque meno aggressivi;
b) adozione di procedure di lavoro per la corretta manipolazione e conservazione dei prodotti: è necessario attenersi scrupolosamente alle SDS e alle istruzioni per l'uso del prodotto, indossando indumenti protettivi (guanti, grembiuli, occhiali ecc.) utili ad evitare il contatto diretto con le sostanze stesse;
c) messa a punto e adozione di specifiche procedure operative nel caso di particolari operazioni di pulizia quali quelle da effettuarsi nei laboratori, soprattutto di chimica e di biologia all'interno dei quali vengono stoccati e utilizzati diversi reagenti chimici.

2) I laboratori didattici rappresentano a tutti gli effetti ambienti di lavoro per i quali il dirigente scolastico ha l'obbligo di valutare i rischi per la salute e per la sicurezza ai sensi dell'art. 223 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., nonostante il fatto che le limitate quantità di prodotti pericolosi impiegati e la non elevata frequenza di utilizzo facciano presumere bassi livelli di esposizione. Peraltro, la presenza dei laboratori comporta, per conseguenza, la produzione di rifiuti pericolosi per i quali è prevista l'applicazione di procedure di smaltimento e l'iscrizione al Sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SIS.T.RI).

Dopo aver classificato il livello di rischio connesso alle attività svolte all'interno di un laboratorio didattico, potrebbe essere necessario individuare misure di prevenzione e protezione ulteriori rispetto a quelle già contenute nelle SDS, per ridurne l'entità.
Il rischio chimico può derivare sia dalle caratteristiche chimico-fisiche (infiammabilità, esplosività, corrosività) che possono causare infortuni, sia dall'azione tossica e nociva (per contatto o inalazione) degli agenti chimici manipolati, che possono provocare nel tempo danni alla salute. Inoltre vi è

46 La SDS va acquisita per ciascuna sostanza manipolata verificando che sia scritta in lingua italiana ed articolata in 16 punti, come indicato dal Regolamento (CE) n. 1907/06 (REACH) modificato dal Regolamento UE n. 453/10. Le schede dei prodotti in uso devono essere aggiornate e custodite con accesso regolamentato (ad esempio per gli addetti alle emergenze).

un pericolo infortunistico derivante dall'impiego di bombole di gas compressi, da stoccaggi di sostanze chimiche e dall'impiego di strumenti ed apparecchiature.
Una condizione di potenziale esposizione ad agenti chimici, sotto forma di gas, vapori e polveri, può derivare dalla manipolazione dei reagenti per effetto di una serie di operazioni condotte nei laboratori (evaporazione, agitazioni meccaniche, reazioni chimiche, macinazione dei campioni o manipolazione di sostanze polverulente). Alcune semplici misure di prevenzione e protezione possono essere efficacemente adottate per prevenire i rischi:

1) i reagenti chimici devono essere conservati in armadi chiusi (possibilmente aspirati) separandoli per compatibilità e reattività. È necessario eliminare periodicamente i prodotti non più utilizzati, evitando che si accumulino sul piano di lavoro delle cappe di aspirazione e raccogliere i rifiuti separandoli opportunamente, avviandoli allo smaltimento secondo le norme specifiche;
2) le bombole dei gas possono determinare seri rischi sia per la natura chimica del fluido stesso (tossico, irritante, infiammabile, asfissiante) sia per il relativo stato fisico (elevata pressione). Generalmente questi gas vengono erogati da postazioni esterne, nelle quali sono stoccati in bombole. L'uso delle bombole è ammesso anche all'interno dei laboratori solo se il volume di gas è limitato: in tal caso è necessario valutare sia la pericolosità intrinseca del gas sia i rischi legati all'elevata energia potenziale derivante dalla sua pressione. Al fine di evitare che si formino atmosfere "pericolose", va verificato il volume (o la massa) di gas contenuto nelle bombole, in quanto a parità di volume il rischio è direttamente proporzionale alla pressione. Considerando inoltre l'eventualità che possano verificarsi perdite non fisicamente percettibili, va definito il numero adeguato di ricambi d'aria necessari ad evitare il crearsi di atmosfere pericolose;
3) l'organizzazione delle attività didattiche deve essere progettata individuando: i rischi connessi a ogni esperimento, le misure preventive da adottare, i DPI (Dispositivi di Protezione Individuali) necessari e le eventuali misure in caso di emergenza. Tale progettazione risulta ancora più necessaria e stringente se le esercitazioni prevedono l'impiego di sostanze cancerogene;
4) nelle postazioni ove esiste la possibilità che si sviluppino gas, vapori, fumi o polveri devono essere predisposti sistemi aspiranti la cui efficienza va controllata periodicamente;
5) gli studenti devono osservare una serie di misure igieniche come, ad esempio, il divieto di fumare, bere e mangiare; l'obbligo di indossare il camice e gli altri DPI (guanti, occhiali ecc.) ritenuti necessari in particolari

operazioni; il divieto di conservare alimenti nei frigoriferi adibiti alla conservazione dei prodotti chimici ecc.;

6) la gestione delle emergenze deve essere oggetto di apposite procedure con le quali si individuano le figure referenti, gli eventi più comuni ragionevolmente prevedibili, l'elenco dei comportamenti da mettere in atto in caso di pericolo e la descrizione delle modalità d'uso corretto dei presidi disponibili per gestire l'emergenza.

Come detto in precedenza, pur considerando che le attività di laboratorio comportano l'uso solo di piccole quantità di prodotti chimici, con un'esposizione comunque discontinua nel tempo, si può prevedere la possibilità di monitorare periodicamente la concentrazione ambientale degli inquinanti aerodispersi. In alternativa si può ricorrere ad algoritmi o modelli matematici che permettono, attraverso l'assegnazione di un punteggio associato ai diversi fattori (pericolosità della sostanza, caratteristiche fisico-chimiche, frequenza e quantità d'uso, modalità di esposizione), di stabilire delle fasce di rischio in funzione delle quali calibrare gli interventi di prevenzione e protezione da mettere in atto.
Alla luce di quanto detto, dovrebbero essere progettati e realizzati percorsi di formazione specifica a beneficio degli studenti che operano nei laboratori, coinvolgendo le professionalità presenti all'interno della scuola (insegnanti di chimica, di scienze e biologia, ecc.). Particolare rilevanza assume al riguardo la formazione mirata alla lettura delle SDS per la corretta manipolazione dei reagenti chimici.
In relazione agli aspetti della formazione specifica di dirigenti scolastici, responsabili della sicurezza, tecnici di laboratorio, docenti e studenti va segnalata una recente esperienza condotta dalle Autorità Competenti REACH e CLP[47] della Regione Emilia Romagna. Il progetto ha avuto tra gli altri l'obiettivo di definire gli ambiti di applicabilità della Legge 977/1967, che stabilisce il divieto di adibire gli adolescenti a lavorazioni, processi e attività che comportano esposizione a sostanze e preparati tossici o molto tossici, corrosivi, esplosivi, estremamente infiammabili, nocivi e sensibilizzanti ecc. In deroga a tale divieto la Legge consente lo svolgimento di attività di formazione professionale in aula o in laboratorio, per il tempo strettamente necessario a ciò, sotto la sorveglianza di formatori competenti anche in materia di prevenzione e protezione e nel rispetto di tutte le condizioni di sicurezza e di salute previ-

47 Si tratta di due Regolamenti che disciplinano a livello comunitario la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione all'uso delle sostanze chimiche nonché i relativi criteri di classificazione, etichettatura e imballaggio.

ste. I nuclei ispettivi delle Autorità prima citate[48] hanno inventariato le sostanze e i preparati di solito impiegati nei laboratori scolastici di alcuni Istituti di secondo grado e ne hanno valutato le modalità d'uso. L'indagine ha permesso di constatare l'uso frequente di sostanze particolarmente pericolose (corrosive, cancerogene, sensibilizzanti e tossiche) e l'impiego di etichette e SDS non conformi ai Regolamenti europei. Lo studio ha avuto la valenza prevenzionale di avviare un dialogo con i dirigenti scolastici sugli indirizzi da fornire agli studenti per operare in sicurezza durante le esercitazioni di laboratorio. Operativamente sono state individuate alcune possibili azioni tra cui:

- una graduale sostituzione delle sostanze maggiormente pericolose con altre che lo sono meno, adottando sistemi didattici alternativi e stabilendo adeguate procedure di smaltimento dei rifiuti o delle sostanze pericolose non più impiegate;
- uno studio di sistemi e procedure di lavoro che minimizzino l'esposizione alle sostanze pericolose.

In ogni caso le azioni da intraprendere dovranno mirare all'aumento della percezione del rischio da parte degli studenti nell'utilizzo di sostanze pericolose e, conseguentemente, nell'adozione di idonee misure di prevenzione e di protezione.

5.3 Prevenzione del rischio radon

Nelle situazioni in cui i risultati delle misure di radon evidenzino concentrazioni di tale gas in misura non trascurabile, si devono pianificare le misure volte all'abbattimento della concentrazione dello stesso nei locali frequentati da studenti, docenti, personale amministrativo e di servizio, avvalendosi di un Esperto Qualificato. Gli interventi di bonifica sono generalmente abbastanza economici e consistono essenzialmente nella realizzazione di sistemi atti a impedire la penetrazione del radon all'interno della scuola; se ciò non fosse praticabile, è opportuno intercettarne il flusso per deviarlo all'esterno. In aggiunta, può essere opportuno potenziare la ventilazione. La scelta tra le diverse tipologie di intervento deve essere fatta sulla base dell'origine del radon, dell'entità dell'inquinamento da esso causato e delle caratteristiche del fabbricato.

48 Tra i compiti istituzionali di tali nuclei ispettivi rientrano anche quelli di assistenza e di confronto con i soggetti interessati all'applicazione del Regolamenti europei REACH e CLP.

Di seguito vengono esaminate alcune possibili soluzioni finalizzate a impedire o limitare l'inquinamento da radon in un edificio scolastico, distinguendo quelle attuabili in fase di costruzione dello stesso da quelle valide per fabbricati già esistenti.

Interventi per prevenire l'inquinamento da radon in fase di costruzione di una scuola

Molte aree del territorio italiano, per le loro caratteristiche geologiche, sono potenzialmente soggette al rischio radon. Pertanto, in fase di progettazione di un edificio a uso scolastico, è opportuno valutare tale aspetto al fine di definire gli interventi strutturali necessari a impedire che il radon raggiunga concentrazioni pericolose per la salute.

Dovrà essere posta particolare attenzione alla litologia del terreno di imposta del fabbricato, alla presenza di discontinuità (fessure, faglie, porosità, ecc.) che possano costituire una via preferenziale per la risalita del gas dal sottosuolo e, infine, alla scelta dei materiali da costruzione.

La strategia migliore consiste nell'isolare dal terreno di imposta il piano inferiore del fabbricato in costruzione, in modo da scongiurare la necessità di pianificare successivi interventi di bonifica, non sempre efficaci. Le operazioni di isolamento, se previste prima della costruzione, hanno costi minori rispetto agli interventi correttivi successivi alla realizzazione di un edificio.

L'isolamento del piano di posa del fabbricato è particolarmente efficace qualora l'edificio in costruzione preveda, in base alle caratteristiche geotecniche del terreno di imposta, la realizzazione di una fondazione a platea. Una volta realizzata la platea in calcestruzzo, è infatti possibile coprirla con una serie di guaine catramate, verificandone l'integrità prima di procedere alla costruzione vera e propria del fabbricato. Terminato il posizionamento della copertura impermeabile, si procede alla realizzazione dell'armatura e al getto di calcestruzzo che costituiscono la vera e propria base dell'edificio. La porzione dello scavo situata tra l'edificio (protetto dalla guaina anche sui lati) e il terreno lasciato in posto dovrà essere riempita con ghiaia o altro materiale drenante, al fine di facilitare un rapido allontanamento del radon in risalita verso la superficie.

Un'altra tipologia di interventi da effettuare prima della costruzione consiste nella realizzazione di una rete di drenaggio situata alla base dell'edificio, atta a intercettare i fluidi in risalita e a deviarli all'esterno.

Qualora l'edificio in costruzione preveda la realizzazione di una fondazione a travi o a pali, è possibile creare, immediatamente sotto la stessa, una rete di tubi finestrati collegata a un impianto di aspirazione. Il numero e la potenza delle ventole dipendono dalle dimensioni della rete, che a sua volta deve coprire l'intera estensione areale del piano di imposta dell'edificio. Successi-

vamente alla posa in opera, la rete drenante dovrà essere ricoperta con ghiaia o altro materiale drenante che faciliti l'afflusso dei gas all'interno dell'impianto.
In fase di costruzione è possibile accoppiare la realizzazione di una rete drenante alla posa in opera di una guaina catramata adiacente al fabbricato. La copertura impermeabile può essere realizzata sia all'interno che all'esterno delle mura. Nel primo caso la guaina dovrà essere coperta dalla pavimentazione (alla base) e con un rivestimento lungo le pareti (per esempio, con pannelli in cartongesso). L'accoppiamento dei due sistemi (rete drenante e rivestimento impermeabile) risulta generalmente efficace per evitare che il radon penetri nei locali degli edifici.

Interventi per prevenire l'inquinamento da radon in edifici scolastici esistenti

Gli interventi attuabili per limitare o impedire l'inquinamento da radon in scuole già esistenti sono di vari tipi. Essi si basano sull'impiego di materiali sigillanti, atti ad evitare che il radon raggiunga l'interno degli edifici o sulla captazione dei gas che provengono dal sottosuolo prima che essi raggiungano i locali in cui vengono svolte le attività didattiche e amministrative. Il loro costo è generalmente ridotto, sebbene risulti spesso superiore a quello degli interventi realizzabili durante la costruzione di un edificio. Altri interventi finalizzati a ridurre la probabilità che la concentrazione del gas radioattivo raggiunga livelli elevati consistono nell'aumento della ventilazione dei locali.

Impiego di sigillanti

L'ingresso del gas può essere impedito per mezzo dell'impiego di materiali impermeabili al radon. Esistono infatti prodotti acrilici e malte a struttura polimerica che possono essere utilizzati per isolare l'interno di un edificio, sigillando microfratture, pori o altre discontinuità, che costituiscono una via preferenziale per la risalita del radon.
I materiali citati possono essere impiegati anche sulle pareti, qualora dalle misure e dai sopralluoghi emerga che il radon proviene dai materiali da costruzione dell'edificio. Tale accorgimento ostacola l'ingresso del radon nei locali della scuola ma impedisce la traspirazione delle pareti.
Un'altra procedura efficace può essere quella di rivestire i solai con una guaina catramata, posizionandola al di sotto della pavimentazione, in modo che aderisca alle pareti per un'altezza tale da evitare l'ingresso del radon attraverso le giunzioni tra il pavimento e i muri dei fabbricati. Particolare attenzione deve essere posta anche ai margini delle varie sezioni della guaina, poiché la semplice giustapposizione dei singoli elementi non garantisce l'impermeabilità. La soluzione corretta, in questi casi, è quella di sovrapporre,

per una larghezza di circa 10-20 cm, le due sezioni adiacenti della guaina, provvedendo poi alla loro saldatura.

Ventilazione di vespai, cantine e locali interrati

Alcuni edifici presentano un'intercapedine aerata, detta vespaio, posta tra il terreno e la superficie di appoggio, normalmente situata al di sotto dei livelli utilizzati per le attività didattiche.
Questa struttura, spesso realizzata per limitare l'umidità, può essere efficace anche per intercettare e far defluire il gas proveniente dal sottosuolo mediante sistemi di ventilazione opportunamente installati e dimensionati, impedendone la penetrazione all'interno dell'edificio.
Un sistema di ventilazione del vespaio generalmente efficace si può facilmente realizzare praticando due fori nelle pareti perimetrali opposte di un edificio: il primo foro consente l'ingresso dell'aria all'interno del vespaio; questa viene poi eliminata mediante un sistema di aspirazione verso l'esterno installato in corrispondenza del secondo foro. Questa tipologia di interventi può essere adottata anche in assenza di vespaio, qualora l'edificio presenti locali interrati o seminterrati (magazzini, cantine, locali di servizio) non abitualmente frequentati. Poiché questo sistema non sempre risulta risolutivo, è comunque consigliabile misurare la concentrazione del gas successivamente alla sua messa in opera, per verificarne la reale efficacia.

Immissione di aria nei vespai, nelle cantine e nei locali interrati

Un'altra metodologia di intervento a basso costo consiste nella pressurizzazione dei vespai o dei locali interrati o seminterrati, realizzata installando un piccolo impianto di ventilazione per introdurre aria. In questo modo viene impedita la penetrazione del radon all'interno del fabbricato, costringendolo a defluire verso l'esterno, dove la pressione è più bassa. Tuttavia un intervento di questo tipo, seppure efficace, può contribuire a raffreddare i locali, determinando un aumento dei costi dovuti al loro riscaldamento.

Captazione ed espulsione del radon al di sotto dell'edificio

Quando la concentrazione di radon risulta elevata e non sono presenti vespai o locali interrati o qualora la ventilazione di questi ultimi sia risultata inefficace, si può intervenire realizzando dei "pozzetti" profondi poco più di un metro nel pavimento del livello più basso dell'edificio.
All'interno di ciascun foro viene collocato un tubo di aspirazione finestrato circondato da materiale drenante a grana medio-grande. Di seguito ogni tubo viene collegato a un sistema di aspirazione di potenza proporzionale al nu-

mero di pozzetti scavati. Tale metodologia ha la funzione di creare una depressione nel suolo per intercettare e convogliare il gas, presente nelle immediate vicinanze dei pozzetti, all'interno dei tubi finestrati e smaltirlo all'esterno. Il sistema descritto è generalmente efficace, ma è di fondamentale importanza il dimensionamento dell'impianto, che deve tenere conto dell'estensione areale del fabbricato, da cui dipendono il numero e la distribuzione areale dei pozzetti nonché della potenza del motore da collegare ai tubi di aspirazione.
In ogni caso si ribadisce la necessità di favorire il ricambio dell'aria nei locali degli edifici a uso scolastico: ciò permette di evitare che si raggiungano elevate concentrazioni di radon e di altri agenti inquinanti.
Per quanto riguarda l'attuazione degli accorgimenti descritti, volti alla bonifica o ad impedire che il radon raggiunga i locali della scuola, risulta di importanza fondamentale pianificare le misure della concentrazione di attività del radon da svolgere successivamente per testare l'efficacia dell'azione intrapresa. In questi casi è preferibile utilizzare strumenti che permettano di effettuare misure "in continuo", al fine di poter apprezzare le variazioni della concentrazione dell'inquinante e, quindi, di avere un riscontro in tempo reale dell'efficacia delle azioni correttive implementate.

5.4 Miglioramento del comfort microclimatico

Per creare le condizioni di benessere climatico occorre tenere adeguatamente sotto controllo e regolare i parametri ambientali. In base al D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., allegato IV, le attività che si svolgono nei locali chiusi devono godere di un microclima adeguato per garantire il quale, se necessario, possono essere impiegati sistemi di condizionamento dell'aria, per la cui efficienza è inoltre necessario prevedere un programma di controllo e manutenzione periodico.
Per favorire il *comfort* termico di un edificio destinato a ospitare attività didattiche sarebbe necessario, in fase di progettazione, adottare soluzioni tecnico-progettuali efficaci per garantire l'isolamento termico dell'edificio; che prevedano la scelta di materiali ad elevata inerzia termica e, nel caso in cui il progetto preveda la presenza di superfici vetrate ampie o coperture realizzate in materiale trasparente alla luce, la realizzazione di sistemi di schermatura della luce solare.
Per gli edifici già esistenti, la riqualificazione degli ambienti finalizzata al raggiungimento del benessere deve conciliarsi anche con esigenze di controllo dei consumi energetici.

A tale fine, più che analizzare i valori di temperatura dell'aria interni, occorrerebbe porre attenzione ai valori di temperatura operativa[49] [50] (**t_o**), in modo da considerare l'influenza anche della componente radiante sulla sensazione di benessere termico. Da un punto di vista di qualità termica, la norma UNI EN 15251 classifica gli ambienti in relazione al valore di **t_o**, quando questo parametro si discosta molto da quelli della t_a [51] in ambienti a ventilazione naturale (Tabella 5.4.1). A partire dai dati rilevati in occasione di questo progetto, sono stati calcolati i valori di t_o. al fine di classificare, dal punto di vista della qualità termica, gli ambienti degli Istituti scolastici oggetto del monitoraggio microclimatico. L'elaborazione, i cui risultati sono riassunti nei prospetti di Tabella 5.4.1 e 5.4.2, evidenzia requisiti di qualità non sempre ottimali da un punto di vista climatico, condizione dovuta, con tutta probabilità al fatto che il campione di scuole visitate è stato progettato non *tenendo in debita considerazione l'aspetto microclimatico*[52]*.*

Tabella 5.4.1 - *Distribuzione dei valori di PPD in funzione dei requisiti di performance individuati dalla norma UNI EN 15251.*

Categoria	Requisiti	Periodo "freddo"		Periodo "caldo"	
		N	%	N	%
I	elevati	45	30,8%	11	23,5%
II	normali	44	30,1%	12	25,5%
III	moderati	19	13,1%	12	25,5%
IV	accettabili solo per brevi periodi dell'anno	38	26,0%	12	25,5%
	Totale	**146**	**100,0%**	**47**	**100,0%**

49 Temperatura operativa calcolata come media aritmetica e come media pesata di valori delle coppie temperatura dell'aria e della-temperatura media radiante.

50 Guideline Addresses Interactions Affecting Indoor Environmental Quality 2011 da parte dell'ASHRAE *(American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)*.

51 La differenza tra le due grandezze è particolarmente evidente quando ci sono ambienti in cui è presente una o più pareti vetrate da cui filtra la radiazione solare.

52 La maggior parte delle strutture educative visitate nel corso del progetto risale agli anni '70-'80; in alcuni casi, non sporadici, si tratta edifici di interesse storico sottoposti a vincolo architettonico da parte delle Autorità).

Va rilevato tuttavia che le modifiche da apportare agli edifici per eliminare o ridurre al minimo le situazioni di *discomfort* termico, pure possibili sotto il profilo tecnico, non sempre sono di facile attuazione in assenza di adeguate risorse economiche.

Tabella 5.4.2 - *Classificazione degli Istituti in funzione dei requisiti di performance individuati dalla norma UNI EN 15251 (*secondo la norma UNI EN ISO 7730; **secondo la norma UNI EN 15251)*

Periodo	Plesso scolastico	Data rilievo	N	PMV*	Classificazione**
freddo	A	20/03/07	3	0,39	B
	B	13/03/07	5	0,41	C
	C	25/02/09	4	0,28	C
	C	10/03/09	7	0,32	B
	D	19/03/09	8	0,56	C
	E	20/01/10	2	-0,39	B
	F	8/2/10	7	0,01	B
	G	26/3/13	18	0,02	A
	H	6/3/13	17	-0,06	B
	I	14/3/13	9	0	B
	L	21/3/13	25	0,02	B
caldo	C	24/5/10	13	0,26	B
	D	25/5/10	7	0,43	C
	E	23/5/11	6	0,36	B
	I	16/9/13	11	0,73	D
	G	17/9/13	11	0,58	D
	H	18/9/13	20	0,74	C
	L	19/9/13	18	0,73	D

** secondo la norma UNI EN 15251)

Gli Istituti monitorati dispongono, ad esempio, esclusivamente di radiatori per il riscaldamento degli ambienti; mentre sono sprovvisti di qualsiasi impianto o dispositivo di raffrescamento delle temperature interne. Spesso poi risulta difficile o impossibile impedire che i raggi solari penetrino nei locali della scuola attraverso le finestre, i lucernari o le pareti vetrate, per mancanza di una schermatura adeguata. Sul piano tecnico occorrerebbe installare impianti di controllo della ventilazione naturale, utili a limitare l'eventuale *surplus* di umidità e a garantire adeguati ricambi d'aria. In aggiunta sarebbe necessario modulare l'ingresso della luce naturale, in particolar modo per le aule esposte a sud-est, utilizzando sistemi in grado di riflettere la radiazione so-

lare, diffondendo comunque la luce all'interno; in alternativa si può ricorrere a tende in tessuto filtrante, a veneziane microforate o a pellicole. Va detto tuttavia che, l'adozione di interventi strutturali come quelli ora citati, richiede disponibilità di risorse economiche rilevanti, non sempre agevolmente reperibili. Qualche piccola modifica "comportamentale", a basso costo, può comunque essere adottata per migliorare la situazione localmente. Durante il periodo freddo, ad esempio, per via delle temperature rigide esterne e del traffico veicolare piuttosto intenso, c'è la tendenza a tener chiuse le finestre più a lungo possibile. In assenza di sistemi di ventilazione in grado di garantire un adeguato numero di ricambi d'aria di qualità, tale segregazione riduce il quantitativo di umidità dell'aria[53] che, tra l'altro, si arricchisce progressivamente di CO_2 nel corso della giornata, condizione questa che può provocare, stanchezza e malessere.

5.5 Miglioramento del comfort acustico

Sulla base dei risultati illustrati nel paragrafo 4.2.2, è evidente come nella quasi totalità degli Istituti non vi siano condizioni di comfort acustico adeguate; infatti per un solo Istituto sono state riscontrate condizioni definite dalla norma UNI EN ISO 9921:2004 con i termini "eccellente" o "buono". In tutti gli altri casi la situazione osservata è nel complesso insufficiente (classi di riferimento della norma "scarso" o "cattivo" e solo in pochi casi "discreto").Tale differenza è legata alle diverse caratteristiche di "assorbimento" proprie di ciascun ambiente e, in particolare, alla presenza, nell'unico Istituto caratterizzato da un adeguato comfort acustico, di controsoffittature. Queste, oltre a svolgere una specifica funzione tecnica di mascheramento delle linee di servizio, sono in grado di ridurre parte delle riflessioni nell'ambiente, migliorando l'acustica complessiva. Al contrario, le aule degli altri Istituti, caratterizzate da normali pareti in muratura, hanno coefficienti di assorbimento molto bassi e gli ambienti risultano molto riverberanti, come conferma l'analisi dei valori di T_{60}. Tutti gli altri valori misurati sono notevolmente superiori alle prescrizioni di legge (Circolare Ministeriale del 22 maggio 1967). La situazione peggiore si riscontra negli ambienti di grandi dimensioni (auditorium e palestre), dove i tempi di riverbero si attestano sempre su livelli molto elevati; ciò aggrava il clima acustico, specie nelle palestre dove, ad attività didattica in corso, la rumorosità ambientale supera ampiamente gli 80 dB(A).
Un ulteriore fattore peggiorativo della situazione acustica è rappresentato

53 Sono stati osservati frequentemente valori di umidità relativa inferiori al 40%.

dall'inquinamento sonoro esterno. Inoltre un effetto indotto dal particolare clima acustico, da considerare se non altro per il disagio fisico che comporta, è rappresentato dalla tendenza degli insegnanti a elevare il livello della loro emissione sonora oltre quanto necessario, nell'intento di rendere comprensibile il proprio messaggio verbale; l'aumento del livello del parlato, oltre a essere controproducente ai fini del miglioramento dell'intelligibilità della comunicazione verbale, provoca notevoli e ricorrenti problemi di abbassamento di voce (disfonia) ai docenti.
Sulla base di quanto sopra riportato, i possibili interventi di miglioramento della qualità acustica degli ambienti potrebbero seguire due direttrici principali: da un lato si potrebbe intervenire isolando acusticamente gli ambienti dal rumore esterno mediante la sostituzione degli attuali serramenti a vetro singolo (che tipicamente costituiscono la parte acusticamente "più debole" della facciata di un edificio), con altri a vetrocamera di elevate prestazioni acustiche certificate che, tra l'altro, soddisfano le condizioni di trasmittanza[54] termica stabilite dal D.Lgs. 311/06. Dall'altro lato, per migliorare l'intelligibilità del parlato, si potrebbero effettuare interventi di ottimizzazione acustica atti a ridurre i tempi di riverberazione degli ambienti dove si svolgono le attività didattiche. A tale scopo andrebbero impiegati materiali fonoassorbenti opportunamente collocati per non penalizzare e, se possibile, incrementare il livello sonoro del parlato nelle postazioni (banchi) delle ultime file; in tal senso la disposizione dei pannelli, da collocare nella parte anteriore e posteriore del soffitto, deve lasciare libera la parte centrale dell'ambiente, in modo che esso possa comunque riflettere parte delle onde sonore (Figura 5.5.1).

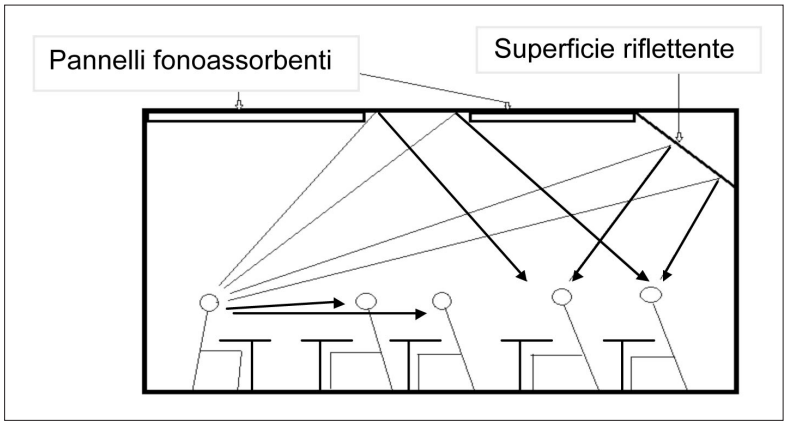


Figura 5.5.1 - Intervento di bonifica acustica con pannelli fonoassorbenti

54 La trasmittanza termica è una grandezza fisica che misura la quantità di calore scambiato da un materiale o un corpo per unità di superficie e unità di differenza di temperatura; definisce la capacità di un elemento nello scambiare energia ed è l'inverso della "capacità isolante" di un corpo.

Come già accennato, negli ambienti di grandi dimensioni (auditorium e palestre) il problema del comfort acustico è amplificato da una serie di fattori.In tal senso, seppure la rumorosità di fondo di questi ambienti sia assimilabile a quella misurata nelle aule, nelle segreterie e nei laboratori, va sottolineato che la tipologia di attività didattica, con specifico riferimento alle palestre, determina livelli di rumorosità molto più elevati, con valori superiori a 80 dB(A); se a ciò si aggiungono valori di tempi di riverbero sensibilmente maggiori di quelli delle aule, ne deriva un disagio ancora maggiore per coloro che fruiscono di tali ambienti, in particolare gli insegnanti di educazione fisica, che vi trascorrono numerose ore della loro giornata.
La bonifica acustica di tali ambienti consiste generalmente nella messa in opera di pannelli di materiale fonoassorbente; chiaramente tale tipo di intervento, rispetto agli ambienti di aula, è caratterizzato da costi maggiori in considerazione delle superfici più estese sulle quali realizzare il trattamento.
A titolo di esempio si riportano i risultati di uno studio condotto nell'ambito del progetto, con il quale è stata elaborata una proposta di bonifica relativa a una palestra di uno degli Istituti indagati. Tale approfondimento ha preso spunto dalle ripetute segnalazioni ricevute da parte degli insegnanti di educazione fisica, che hanno denunciato seri problemi di stress legato al *discomfort* acustico. L'ambiente in questione, a pianta sub-rettangolare, è situato nel seminterrato di un edificio scolastico ubicato in una zona centrale di Roma; esso è caratterizzato da una superficie totale di 775 m^2 e da un volume di quasi 1100 m^3, il soffitto copre una superficie di 216 m^2 ed è posto ad una altezza di 5 m. Le superfici murarie sono intonacate e il pavimento è in linoleum. Su un lato del locale è presente una superficie vetrata di circa 40 m^2. Durante l'attività ginnica (corsa e pallavolo) sono stati misurati valori del livello di pressione sonora compresi tra 80,8 ed 82,0 dB(A).
Inoltre sono state effettuate misure del tempo di riverberazione al fine di verificare la rispondenza di tale parametro al requisito di legge (valore max. 2,2 secondi, come media relativa alle frequenze di 250, 500, 1000, 2000 Hz). Per tali misure si è fatto riferimento alla Norma UNI EN ISO 3382-2:2008 "Misurazione dei parametri acustici degli ambienti". Le misure sono state eseguite utilizzando tre diverse tecniche; infatti oltre a quelle già citate nel paragrafo 4.2.2 (metodo del *rumore interrotto* e della *risposta integrata all'impulso*), è stata utilizzato un ulteriore metodo di più recente diffusione, che consiste in un **segnale a scansione sinusoidale (Sweep Sine);** con questa tecnica, caratterizzata da un ottimo rapporto segnale-disturbo, è possibile eseguire misure anche in ambienti disturbati, con l'impiego di sorgenti sonore omnidirezionali a bassa potenza.
Nel metodo "Sweep Sine" si fa uso di una sorgente sonora di tipo dodecaedrico; il segnale tuttavia, a differenza del metodo del *rumore interrotto*, è co-

stituito da una scansione sinusoidale che abbraccia tutto lo spettro, dalle frequenze più basse a quelle più alte.
I risultati ottenuti con le 3 metodologie hanno dimostrato una buona corrispondenza tra loro anche in termini di accuratezza e precisione.
La media delle misurazioni effettuate ha restituito un valore del tempo di riverbero T_{60} = 4,33 secondi, molto superiore ai limiti di legge (2,2 secondi).
L'intervento di bonifica richiede un consistente miglioramento dell'assorbimento acustico delle pareti, per mezzo di un rivestimento costituito da una schiuma fonoassorbente semirigida a cellule calibrate chiuse in polietilene espanso, con un coefficiente di assorbimento a variabile tra 0,5 a 250 Hz e 1,1 a 2000 Hz.
Considerata la tipologia di attività svolta, per raggiungere un risultato soddisfacente è sufficiente rivestire il solo soffitto della palestra, anche al fine di evitare un rapido deterioramento dei pannelli fonoassorbenti o la loro eventuale manomissione.
Utilizzando il modello previsionale messo a punto da H. Harau, si può stimare una netta riduzione del tempo di riverbero che, nei limiti dell'accuratezza del metodo, avrebbe un valore inferiore a circa un secondo, a fronte di un costo relativamente contenuto.

5.6 Ergonomia degli arredi - Misure di prevenzione

Nel paragrafo 4.2.3 sono state trattate le problematiche relative all'idoneità degli elementi di arredo utilizzati nelle scuole. Considerato che l'uso di sedie e banchi di taglia non adeguata alle dimensioni antropometriche degli studenti può determinare malesseri fisici e disagi che influenzano la qualità dell'apprendimento, di seguito vengono illustrati i possibili interventi di prevenzione e protezione da adottare per evitare l'insorgenza di problemi muscolo-scheletrici nella popolazione studentesca.
Al fine di favorire una postura ottimale, è possibile seguire i dettami delle norme della serie UNI EN 1729, che stabiliscono, tra l'altro, i criteri per una corretta scelta degli arredi scolastici. Ferme restando le prescrizioni relative alle prove di stabilità, resistenza, durata e urto degli arredi descritte nella seconda parte della suddetta norma, la UNI EN 1729-1 fornisce informazioni sulle caratteristiche fisiche e dimensionali dei banchi e delle sedie.
L'aumento delle dimensioni antropometriche e l'ampliamento della distribuzione delle altezze degli studenti (fenomeno del *secular trend*, cfr. paragrafo 4.2.3) rendono necessario l'adeguamento degli arredi. Essi risultano infatti obsoleti e non più adatti a un impiego secondo i principi ergonomici, poiché progettati sulla base di caratteristiche antropometriche diverse rispetto a

quelle degli utilizzatori attuali. Nello specifico, essi sono stati scelti secondo i criteri dettati dalla norma UNI 7713:1977, sostituita nel 2003 dalla prima edizione della UNI EN 1729-1.
Al fine di soddisfare le esigenze di ogni studente, con indubbi vantaggi per la qualità dell'apprendimento, gli istituti scolastici dovrebbero disporre quindi di arredi dimensionati secondo la distribuzione delle altezze degli utilizzatori attuali, scelti seguendo le indicazioni fornite attualmente dalla norma che prevede una classe dimensionale (*grandezza*) in più per i banchi e per le sedie.
Sulla base dello studio condotto, la scelta degli arredi dovrebbe ricalcare le distribuzioni delle altezze riportate, per ciascuna classe, nel paragrafo 4.2.3: essi dovrebbero essere quindi ripartiti prevalentemente tra le *grandezze* 5 e 6, con una percentuale inferiore, ma comunque non trascurabile, afferente alle *grandezze* 7 e 4.
Al di là del rispetto dei parametri indicati dalla norma, sarebbe tuttavia opportuno offrire agli utilizzatori la possibilità di regolare le dimensioni degli arredi secondo le loro esigenze. Tale azione, oltre a consentire a ciascuno studente di adottare la postura desiderata e di ovviare all'insorgenza di mal di schiena e disturbi correlati, in un'ottica di lungo periodo consentirebbe un notevole risparmio per le scuole. La personalizzazione della postazione potrebbe offrire indubbi vantaggi in termini di comodità, benessere e facilità di apprendimento, in quanto permetterebbe:

- l'adattamento alle caratteristiche antropometriche degli utilizzatori;
- l'adattamento alle loro eventuali disabilità;
- l'impiego da parte degli assistenti degli studenti disabili;
- l'assunzione di una postura adeguata nello svolgimento di varie attività didattiche (scrittura, lettura, disegno ecc.).

Di seguito vengono esposte le caratteristiche degli elementi di arredo regolabili.

Banco regolabile
Un banco regolabile in altezza e inclinazione permette l'impiego da parte di vari utilizzatori la cui altezza sia riconducibile a diverse *grandezze*.
L'altezza di un banco adatto agli studenti della scuola secondaria deve poter variare almeno tra 60 e 75 cm; un ampio *range* di variabilità consente una migliore adattabilità alle diverse attività didattiche e facilita il suo impiego da parte degli studenti disabili.
L'impiego di un banco dotato di piano inclinabile, riducendo la distanza visiva con il materiale didattico, consente di adottare una postura ottimale della schiena e del collo tanto nella fase di lettura quanto in quella di scrittura o di disegno.

L'altezza e l'inclinazione del piano del banco devono poter essere regolati con facilità dallo stesso utilizzatore, senza l'ausilio di strumenti o utensili. La regolazione può essere effettuata per mezzo di una manovella o con altro dispositivo meccanico. Deve inoltre essere previsto un dispositivo di sicurezza per evitare schiacciamenti accidentali delle dita dell'utilizzatore durante tale operazione.
Poiché, come già detto, un banco regolabile deve essere utilizzabile anche da studenti con disabilità motorie, al di sotto di esso non devono essere presenti elementi o oggetti che impediscano l'ingresso dei braccioli o degli accessori di una carrozzella oppure ostacolino i movimenti; inoltre il banco deve essere sufficientemente stabile da poter fungere da piano di appoggio per consentire, a chi ha problemi motori, di alzarsi e di sedersi; anche in questo caso gli spigoli devono essere arrotondati e i materiali con cui è stato realizzato devono essere facilmente lavabili. Per evitare fenomeni di abbagliamento, la superficie non deve essere riflettente.

Sedia regolabile
Una sedia regolabile può essere utilizzata da studenti aventi altezze corrispondenti a varie *grandezze* stabilite dalla norma UNI EN 1729-1; le regolazioni più importanti riguardano l'altezza del piano di seduta e l'altezza e l'inclinazione dello schienale. Per gli studenti della scuola secondaria[55], l'altezza del piano di seduta deve essere compresa tra 43 cm e 51 cm, in funzione delle caratteristiche antropometriche individuali. Inoltre, la possibilità di intervenire sull'altezza agevola le fasi di alzata e di seduta degli studenti che presentano problemi motori.
È importante poter intervenire anche sull'altezza e sull'inclinazione dello schienale per sostenere adeguatamente il peso del tronco e mantenere la postura assecondando le curve fisiologiche del rachide. È quindi opportuno adottare sedie il cui schienale possa essere regolato, a piacimento dell'utilizzatore, tra 95° e 110°, indipendentemente dalla sua altezza. Come per i banchi, anche nel caso delle sedie la regolazione deve essere consentita direttamente all'utilizzatore in modo facile ed efficace, utilizzando dispositivi che impediscano lo schiacciamento delle dita.
Una sedia (regolabile o fissa) deve comunque rispondere a requisiti di design confortevoli, deve essere priva di spigoli vivi o elementi taglienti[56] e deve essere costruita con materiali che facilitino la traspirazione e permettano la loro pulizia.

55 Per gli alunni delle scuole dell'infanzia, elementari e medie, le dimensioni delle sedie sono inferiori. Nella Tabella 4.2.3.1 del paragrafo 4.2.3 sono illustrate alcune caratteristiche dimensionali degli arredi in uso nelle scuole secondarie in funzione delle grandezze. Per il resto si può fare riferimento alla norma UNI EN 1729-1.

56 Il raggio di curvatura degli spigoli degli arredi non deve essere inferiore a 2 mm.

Qualora le sedie utilizzate dagli studenti siano dotate di braccioli, questi devono avere altezza e dimensioni tali da consentirne il posizionamento al di sotto del banco. Nel caso contrario, lo studente potrebbe trovarsi a una distanza eccessiva dal banco, con conseguente assunzione di una postura incongrua consistente nella flessione in avanti del rachide.

Adattamento degli arredi esistenti

Dotare gli istituti scolastici di arredi regolabili consente di adattare questi ultimi all'impiego da parte degli studenti appartenenti a *grandezze* diverse ma comporta un aumento dei costi non sempre sostenibile. Esistono tuttavia alcuni dispositivi che possono contribuire a minimizzare i disagi per gli studenti: essi consentono infatti di adattare gli arredi già in uso a varie situazioni. Un intervento particolarmente economico e facile da attuare è rappresentato dall'impiego dei cosiddetti "rialzi", consistenti in cilindri di gomma di altezze diverse da applicare alle gambe dei banchi e delle sedie.

Tuttavia, anche qualora si disponga dei migliori elementi di arredo, il loro impiego non appropriato favorisce l'assunzione di una postura incongrua e può determinare, nel tempo, disturbi a carico del sistema muscolo-scheletrico. Pertanto, considerato che il mantenimento di una postura scorretta ha conseguenze significative, risulta utile adottare alcuni accorgimenti per migliorarla (Figura 5.6.1).

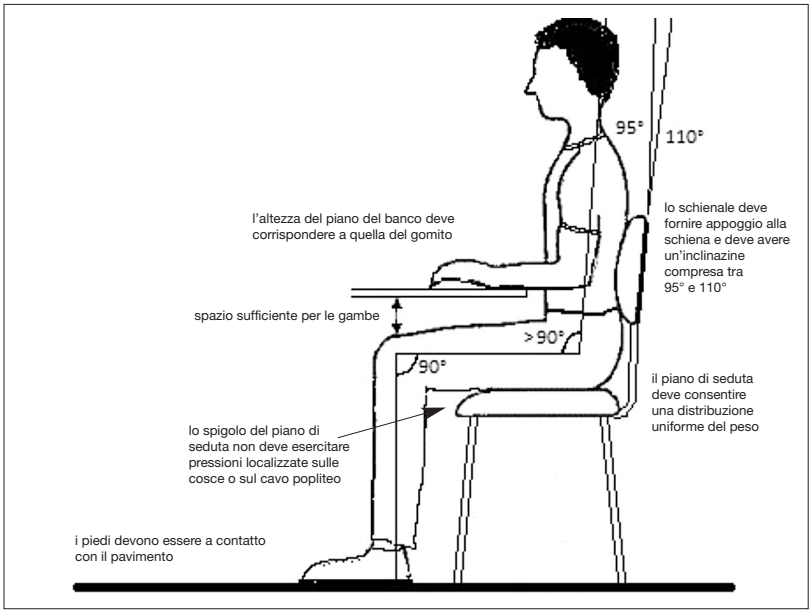


Figura 5.6.1 - Caratteristiche della postazione di uno studente.

Il piano di seduta deve consentire una distribuzione uniforme del peso. Pertanto è opportuno sedersi in posizione arretrata, in modo tale da utilizzare l'intera superficie della sedia. Occorre tuttavia evitare che il margine anteriore della sedia eserciti pressioni localizzate sulla parte inferiore delle cosce o in corrispondenza della parte posteriore del ginocchio (cavo popliteo).
L'altezza della seduta dovrà essere tale che i gomiti siano più o meno al livello del piano del banco. L'angolo compreso tra il busto e le gambe deve essere sempre maggiore di 90°: è consigliabile che esso sia compreso tra 95° e 110°, per non ridurre eccessivamente la curvatura del tratto lombo-sacrale del rachide e alleggerire il carico sui dischi intervertebrali. Per tale motivo, lo schienale dovrebbe avere un'inclinazione tra i due suddetti valori e la sua forma dovrebbe essere convessa, per assecondare, anche in posizione non ortostatica, la curvatura fisiologica della regione lombare.
L'altezza del piano della seduta deve comunque essere tale da consentire l'appoggio dei piedi sul pavimento e una flessione del ginocchio non inferiore a 90°.
Qualora il banco sia dotato, nella sua parte inferiore, di un ripiano portaoggetti, l'altezza di quest'ultimo deve essere tale da garantire spazio a sufficienza per le gambe.
Il collo non deve trovarsi in posizione estesa; il punto di visione non deve essere situato troppo al di sopra dell'altezza degli occhi per evitare una eccessiva estensione all'indietro del collo. Per questo motivo l'uso di una pedana situata al di sotto della cattedra è sconsigliabile, poiché costringe gli studenti, in particolare quelli seduti nelle prime file, a estendere all'indietro il tratto cervicale del rachide.
Inoltre, la distanza del materiale di studio (libri, quaderni, ecc.) dagli occhi deve essere compresa tra 35 e 60 cm per evitare un'eccessiva flessione del collo in avanti; questa postura determina infatti una compressione asimmetrica dei dischi intervertebrali del tratto cervicale del rachide.
Va citata la necessità di disporre correttamente i banchi in funzione della posizione della cattedra, per evitare torsioni eccessive del busto e del collo, in modo che la linea di visione di ciascun alunno sia sufficientemente libera da non richiedere modificazioni della postura. Per lo stesso motivo sarebbe opportuno assegnare i posti in funzione dell'altezza.

6 Strutture e impianti

Premessa

La presente sezione riguarda la descrizione delle criticità maggiormente rilevate negli edifici scolastici rispetto a: strutture, impianti (elettrico, riscaldamento e condizionamento ecc..) e presidi antincendio.
La trattazione dei suddetti aspetti è il frutto dell'osservazione effettuata su un campione, piuttosto rappresentativo, di quasi 150 Istituti scolastici di Roma e Provincia. La disomogeneità nella numerosità del campione, rispetto agli altri rischi sin qui trattati, è innanzitutto dovuta alla differente metodologia di approccio agli specifici problemi
Se da un lato, infatti, nel caso di agenti nocivi per la salute umana è richiesta la valutazione ed, eventualmente, una misurazione per decidere le misure di tutela da adottare, d'altra parte, nel caso di carenze strutturali o impiantistiche, si rende necessaria la verifica della conformità alle disposizioni di Legge.
È evidente il diverso dispendio di tempo e di risorse connesso alle due differenti valutazioni come pure la considerazione che gli aspetti trattati in questa sede sono sicuramente di maggiore e più accessibile evidenza rispetto agli altri, in ciò meritando una riflessione su di un campione più numeroso.
Le osservazioni coprono un periodo di oltre 10 anni; riguardano scuole di diverso ordine e grado e una popolazione scolastica comprendente tutte le fasce di età (Istituti Professionali e Alberghieri, Licei Classici e Scientifici, Istituti Comprensivi, Circoli Didattici, Scuole Paritarie, Scuole religiose Paritarie, Scuole straniere in Italia, Convitti ecc.).
Al fine di organizzare le informazioni ricavate da questa indagine, basata sulle criticità osservate e di renderle fruibili in maniera semplice ed immediata, sono state realizzate delle schede riassuntive che vengono allegate alla pubblicazione. Ogni scheda è strutturata in modo da indicare l'aspetto specifico trattato: per agevolare la trattazione sono state individuate le tre macroaree seguenti:

- Strutture;
- Impianti;
- Antincendio.

Le schede riportano: la legislazione di riferimento, le criticità osservate in ter-

mini qualitativi, le specifiche misure di prevenzione e protezione da adottare, una o più foto esplicative.
Le schede in allegato sono precedute da un indice, che ne riporta la numerazione.
Rispetto alle criticità rilevate per le tre macroaree, è possibile evidenziare alcune cause, la cui rimozione è necessaria per ripristinare condizioni di sicurezza in aderenza alle prescrizioni di Legge. Tali cause hanno comunque un carattere prettamente gestionale e fanno riferimento alle seguenti categorie principali:

a) architetture degli edifici:
   - *edifici realizzati per altri scopi (civili abitazioni, istituzioni religiose ecc.) successivamente impiegati come scuole.*
   - *edifici storici con spazi esterni mancanti o insufficienti (mancanza di punti di raccolta sicuri ai fini della gestione delle emergenze).*
b) Manutenzione ordinaria e straordinaria delle strutture e degli impianti:
   - *carenze di fondi da parte degli Enti Locali preposti alla gestione.*
c) Gestione del servizio SPP da parte della scuola e del Dirigente scolastico in qualità di Datore di Lavoro:
   - *riduzione del personale, che spesso comporta la mancante o ridotta sorveglianza delle aree comuni per carenza del numero dei collaboratori scolastici in servizio;*
   - *impossibilità di nomina di supplenze brevi in caso di assenza dei docenti; è frequente che gli alunni vengano suddivisi in altre classi, spesso già in sovrannumero e sprovviste dei necessari arredi;*
   - *continuo turnover del personale, che rende quasi impossibile che quello in servizio sia adeguatamente informato, formato e addestrato;*
   - *nomine dell'intero organigramma scolastico ad anno scolastico avviato, che determinano una situazione di notevole precarietà;*
   - *utilizzo di attrezzature non consentite (fornelli, stufe, scale portatili ecc.);*
   - *carenze di fondi per:*
     - *formazione, informazione, addestramento (lavoratori, alunni equiparati a lavoratori, dirigenti, preposti, addetti al servizio di prevenzione e protezione, addetti antincendio, addetti al primo soccorso ecc.) e aggiornamento periodico;*
     - *una valutazione dei rischi adeguata, anche con l'ausilio di misurazioni strumentali (radon, amianto, elettrosmog, microclima, rumore ecc.).*
d) Certificazioni di strutture ed impianti:
   - *carenze nelle necessarie certificazioni (collaudo statico, agibilità, prevenzione incendi, conformità degli impianti, autorizzazioni sanitarie ecc.);*
   - *certificazioni non corrispondenti allo stato reale;*
   - *certificazioni scadute e non rinnovate.*

Schede illustrative

Indice

Macroarea	Ambiente	Scheda N.
Strutture	Esterno edificio	1/1; 1/2
	Interno edificio	2
	Aule	3-4
	Laboratori	5
	Corridoi	6
	Uscite di emergenza	7/1;7/2
	Infissi	8
	Aule/Uffici	9; 10
	Terrazzi	11
	Locali tecnici	12
	Aree di accesso all'edificio	13
	Spazi e percorsi interni	14; 15
	Locali di servizio (bagni)	16/1; 16/2
	Aree adibite a deposito	17/1; 17/2
	Aree adibite ad attività sportiva	18
	Segnaletica di emergenza	20
impianti	Linee elettriche	19/1; 19/2; 19/3; 19/4
antincendio	Estintori/Idranti/Attacchi VVFF	21/1; 21/2

SCHEDA N. 1/1	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: ESTERNO EDIFICIO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.P.R. 503/1996:** Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche • **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Percorsi pedonali esterni	Presenza di dislivelli, sconnessioni od ostacoli lungo i percorsi adibiti al transito delle persone (Foto 1 e 2)	Sistemare le aree adibite al transito eliminando gli ostacoli presenti **Misure di Protezione** Delimitare l'accesso con segnaletica delle zone pericolose o segnalare il pericolo (Foto 3)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

Foto 3

SCHEDA N. 1/2	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: ESTERNO EDIFICIO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.P.R. 503/1996:** Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche • **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Percorsi pedonali esterni	Presenza di dislivelli, sconnessioni od ostacoli lungo i percorsi adibiti al transito delle persone	Sistemare le aree adibite al transito eliminando gli ostacoli presenti **Misure di Protezione** Tagliare l'erba (foto 1) Pulire il tombino di raccolta dell'acqua (foto 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 2	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: INTERNO EDIFICIO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.P.R. 503/1996:** Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche • **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Percorsi pedonali interni	Presenza di dislivelli, sconnessioni od ostacoli lungo i percorsi adibiti al transito delle persone (Foto 1 e 2)	Sistemare le aree adibite al transito eliminando gli ostacoli presenti **Misure di Protezione** Fissare a pavimento la moquette con le apposite reggette per eliminare il rischio di inciampare. Evidenziare la zona di separazione moquette- pavimento con nastro adesivo di colore giallo-nero. (Foto 2). Il colore giallo-nero viene utilizzato in genere per segnalare una condizione di possibile pericolo (presenza di un dislivello)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 3	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: AULE

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.P.R. 503/1996:** Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche • **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Aule destinate all'attività didattica	Sovraffollamento delle aule (foto 1)	• Le dimensioni dell'aula devono essere adeguate al numero degli alunni da ospitare. • la capacità di deflusso e la dimensione della porta deve essere adeguata al numero degli alunni **Misure di Protezione** • Ridurre il numero di alunni da assegnare a ciascuna aula • Ridurre al minimo il numero degli arredi (armadi e scaffali) presenti in aula

Documentazione fotografica

Foto 1

SCHEDA N. 4	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: AULE

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutti gli ambienti di lavoro	L'uso di colori dalle tonalità marcate ha un impatto notevole sulla condizione psicologica degli alunni. Nei casi raffigurati (foto 1 e 2) il colori impiegati possono amplificare il comportamento aggressivo/inquietante (violetto) o aumentare la condizione di emotività ed eccitabilità (rosso)	Per la tinteggiatura delle pareti vanno preferite le tonalità chiare e le tonalità pastello **Misure di Protezione**

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 5	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: LABORATORI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992:** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica	Esercitazioni di laboratorio	Presidi (armadi di sicurezza, porte,...) non idonei al contenimento del rischio esplosione e incendio (foto 1 e 2)	Gli armadi metallici per la conservazione dei prodotti chimici devono: • essere dotati di bacino di contenimento dei prodotti chimici • di dimensioni tali da poter stipare fino a 20 litri di liquidi infiammabili • chiusi e con aspirazione collegata all'esterno I prodotti chimici devono essere separati per tipologia **Misure di Protezione** • La separazione dagli altri ambienti deve avvenire con strutture e porte con resistenza al fuoco almeno pari a REI 60 e congegno di auto chiusura • Posizionare un estintore ogni 200 m² di superficie

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 6	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: CORRIDOI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992:** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica	Passaggio delle persone	I corridoi e le vie di fuga non sono facilmente percorribili	• Non sostare nel corridoio davanti le porte • Dimensionare le porte in modo che l'apertura verso l'esterno non riduca la larghezza utile dei corridoi stessi (foto 1). • Le vie di fuga devono essere libere da intralci (foto 2) **Misure di Protezione** • Arretrare le porte a filo muro corridoio • Tenere chiuse le porte. • Aprire cautamente facendo attenzione alla presenza di persone nel corridoio.

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 7/1	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: USCITE D'EMERGENZA

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992:** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica	Passaggio delle persone	Uso improprio delle uscite di sicurezza	Le uscite di emergenza devono essere sempre libere (foto 1). Tenere le porte completamente aperte durante l'attività scolastica **Misure di Protezione** Non depositare le attrezzature di pulizia davanti alle uscite di sicurezza (foto 2) Le uscite di emergenza devono aprire nel verso dell'esodo ed essere dotate di maniglione antipanico

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 7/2	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: USCITE D'EMERGENZA/PORTE TAGLIAFUOCO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992:** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica	Passaggio delle persone	Uso improprio delle uscite di sicurezza	• Chiudere la porta e apporre divieto di bloccare la porta aperta. • Installare elettrocalamite collegate all'impianto di rilevazione incendi. Nominare un addetto che apra la porta all'inizio delle attività scolastiche e la chiuda al loro termine (notte e festivi) **Misure di Protezione** • Le porte tagliafuoco non possono essere bloccate in posizione sempre aperta con zeppe, e fermi di qualsiasi tipo (foto 1). • Le uscite di emergenza non possono essere chiuse con lucchetto durante lo svolgimento delle attività scolastiche (foto 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 7/2	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: USCITE D'EMERGENZA/PORTE TAGLIAFUOCO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992:** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica	Passaggio delle persone	Impraticabilità dei percorsi a ridosso delle uscite di emergenza, dal lato interno (foto 1) e dal lato esterno (foto 2)	• Individuazione di uscite di emergenza alternative più adeguate **Misure di Protezione** • Proibire l'utilizzo di passaggi potenzialmente pericolosi

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 8	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: INFISSI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Utilizzo corretto dei sistemi di oscuramento (tapparelle)	Effettuare la manutenzione periodica dei dispositivi oscuranti **Misure di Protezione** In caso di malfunzionamento non utilizzare sistemi di limitazione dello scorrimento diversi da quelli in dotazione (foto 1 e foto 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 9	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: AULE/UFFICI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992:** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica • **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Regolazione dell'ingresso della luce diretta	Dotare gli ambienti di dispositivi oscuranti regolabili **Misure di Protezione** Non utilizzare sistemi di regolazione "artigianali"

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 10	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: AULE/UFFICI/TERRAZZI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Presenza di muffe e batteri	Effettuare la sigillatura degli infissi, la manutenzione periodica dei discendenti e delle impermeabilizzazioni, la pulizia dei locali dalle tracce di muffe. **Misure di Protezione** • Togliere l'alimentazione agli impianti elettrici in presenza di tracce di infiltrazioni e/o muffe • Sostituire l'intonaco • Trattare le superfici interessate dalle muffe con prodotti antimuffa (foto 1 e 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 11	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: TERRAZZI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.Lvo 81/2008:** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro		Ristagno di acqua (pioggia)	• manutenzione periodica dei discendenti e della pavimentazione. • ripristino dell'integrità delle guaine di impermeabilizzazione • Rimozione delle coltri vegetali spontanee presenti (foto 1 e 2) **Misure di Protezione** • Rimozione coltri vegetali spontanee presenti (foto 1 e 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 12	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: LOCALI TECNICI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.Lgs. 257/2006** Attuazione della direttiva 2003/18/CE • **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Presenza di manufatti in cemento amianto (foto 1 e 2)	Bonifica e sostituzione **Misure di Protezione** • Interdire gli ambienti in cui è presente. • Tenere chiuse porte e finestre. • Informare la popolazione scolastica dei rischi e delle procedure adottate. • Vietare qualsiasi intervento sui manufatti contenenti amianto da parte di personale non autorizzato

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 13	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: AREE DI ACCESSO ALL'EDIFICIO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. LL. PP 236/1989** Prescrizioni tecniche • **DPR 503/1996** Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche • **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Presenza di barriere architettoniche	• Eliminare il dislivello di accesso alla rampa (Foto 1) • Installare il parapetto mancante.(Foto 2) **Misure di Protezione** • Segnalare il dislivello e vietare l'uso dei diversamente abili non accompagnati. • Vietare l'uso della rampa se priva di parapetto

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 14	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: SPAZI E PERCORSI INTERNI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. LL. PP 236/1989** Prescrizioni tecniche • **DPR 503/1996** Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche • **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Presenza di barriere architettoniche	Marcare i dislivelli con appositi sistemi di segnalazione (bandelle adesive colorate) (foto 2) Incrementare la luminosità dei locali **Misure di Protezione**

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 15	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: SPAZI E PERCORSI INTERNI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. LL. PP 236/1989** Prescrizioni tecniche • **DPR 503/1996** Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche • **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Presenza di barriere architettoniche (foto 1 e 2)	• Installare il corrimano su entrambi i lati • Applicare sui gradini bandelle in materiale antiscivolo • Installare una rete plastificata sul parapetto per eliminare gli spazi vuoti • Installare il corrimano laterale mancante **Misure di Protezione**

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 16/1	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: LOCALI DI SERVIZIO (BAGNI)

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico		• Eliminare eventuali ostacoli (pedane) (foto 1) • Posizionare i lavabo a quote idonee a seconda della popolazione scolastica residente **Misure di Protezione** • Interdire il consumo di cibi e bevande nei locali adibiti a bagni • Interdire agli adulti l'uso dei servizi igienici destinati agli alunni (in particolare quelli delle scuole dell'infanzia e delle primarie) (foto 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 16/2	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: LOCALI DI SERVIZIO (BAGNI)

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico		Effettuare la manutenzione periodica dei rivestimenti (foto 1) **Misure di Protezione** Segregare strutturalmente il bagno da altri ambienti, se adibiti a diverso utilizzo, (nell'esempio di foto 2 la finestra murata con la rete metallica separa la cucina dai locali adibiti a servizi igienici) Rimuovere eventuali residui di piastrelle o intonaci deteriorati

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 17/1	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: AREE ADIBITE A DEPOSITO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992-** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica • **Accordo Stato Regione 124/2010** Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie e asma • **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Attività di conservazione di materiali didattici e per i servizi amministrativi	Accumuli di materiale in maniera disomogenea e caotica (foto 1 e 2)	• Smaltire periodicamente il materiale non più utilizzabile • Non impilare il materiale • Il passaggio libero tra le scaffalature deve essere di almeno 90 cm. Le scaffalature devono essere ancorate a parete e a distanza non superiore a 60 cm dall'intradosso del solaio di copertura. **Misure di Protezione** • Posizionare un estintore ogni 200 m² di superficie • Separare l'ambiente con strutture e porte con resistenza al fuoco almeno pari a REI 60 dotata di congegno di autochiusura • Areazione superiore ad 1/40 della superficie in pianta del locale • In assenza di l'impianto di spegnimento automatico il carico d'incendio inferiore a 30 Kg/m².

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 17/2	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: AREE ADIBITE A DEPOSITO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992-** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica • **Accordo Stato Regione 124/2010** Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie e asma • **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Attività di pulizia	Presenza di prodotti chimici utilizzati per la pulizia degli ambienti (foto 1)	• Smaltire periodicamente il materiale non più utilizzabile • Non impilare il materiale • Il passaggio libero tra le scaffalature deve essere di almeno 90 cm. Le scaffalature devono essere ancorate a parete e a distanza non superiore a 60 cm dall'intradosso del solaio di copertura. **Misure di Protezione** • Posizionare un estintore ogni 200 m² di superficie • Separare l'ambiente con strutture e porte con resistenza al fuoco almeno pari a REI 60 dotata di congegno di autochiusura • Areazione superiore ad 1/40 della superficie in pianta del locale • In assenza di l'impianto di spegnimento automatico il carico d'incendio inferiore a 30 Kg/m².

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 18	MACROAREA: STRUTTURE	AMBIENTE: AREE ADIBITE AD ATTIVITÀ SPORTIVA

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro • **CONI** Norme Federazione Sportiva Nazionale	Attività motoria		• Installare pavimentazione adeguata (foto 1) • Utilizzare le aree di dimensioni non regolamentari per esercizi a corpo libero e non per il gioco di squadra **Misure di Protezione** • Arretrare le linee di demarcazione del campo di calcetto (foto 2) • Installare protezioni di spigoli e sporgenze (foto 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 19/1	MACROAREA: IMPIANTI	LINEE ELETTRICHE

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **DM 26/08/1992** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica **Norme CEI**	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Uso improprio dell'impianto elettrico	**Misure di Protezione** • Vietare l'uso dell'alimentazione elettrica derivate da allacci di "fortuna" • Eliminare le derivazioni elettriche volanti che non possono essere ricavate dalle prese. (foto 1) • Non adattare cavi non idonei ad essere impiegati per alimentare dispositivi elettrici (Foto 2) • Non unire cavi di alimentazione (anche con nastro isolante) (Foto 3)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

Foto 3

SCHEDA N. 19/2	MACROAREA: IMPIANTI	LINEE ELETTRICHE

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 18/12/1975** Norme tecniche perl'edilizia scolastica • **D.M. 26/08/1992** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica • **Norme CEI**	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Uso improprio dell'impianto elettrico	Il corpo illuminante deve essere protetto dal distacco **Misure di Protezione** • Non apportare modifiche "volanti" all'impianto elettrico (foto 1) • Non apportare modifiche ai corpi illuminanti (foto 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 19/3	MACROAREA: IMPIANTI	LINEE ELETTRICHE

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica • **Norme CEI**	Quadri elettrici	Uso improprio dell'impianto elettrico	**Misure di Protezione** • Prevedere quadri elettrici separati in presenza di attività diverse da quelle didattiche (ad esempio: centro anziani) che possono essere svolte nel plesso scolastico (foto 1)

Documentazione fotografica

Foto 1

SCHEDA N. 19/4	MACROAREA: IMPIANTI	LINEE ELETTRICHE

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica • **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro	Attività di segreteria	Uso improprio dell'impianto elettrico (foto 1)	• Vietare l'uso delle stufe **Misure di Protezione** • Non utilizzare prolunghe e ciabatte senza tenere conto degli assorbimenti che la linea consente. • Utilizzare prese interbloccate per alimentare attrezzature elettriche con assorbimento>1.000 W

Documentazione fotografica

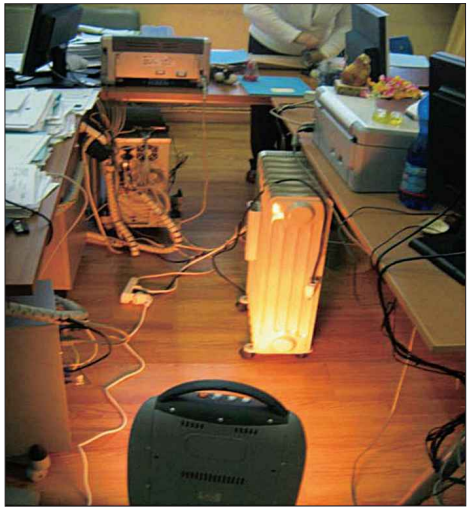


Foto 1

SCHEDA N. 20	MACROAREA: STRUTTURE	SEGNALETICA D'EMERGENZA

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica • **D.Lgs. 81/2008** Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro • **UNI EN ISO 7010/2012** Segnaletica	Tutte le attività in svolgimento presso il plesso scolastico	Possizionamento improprio della segnaletica di emergenza (foto 1 e 2)	• Sistemare adeguatamente la segnaletica **Misure di Protezione** La segnaletica d'emergenza deve essere chiaramente visibile nelle situazioni d'emergenza (incendio, terremoto, panico, ecc)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 21/1	MACROAREA: ANTINCENDIO	ESTINTORI/IDRANTI

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica	Passaggio delle persone	Inadeguatezza del presidio antincendio (foto 1) e sua cattiva collocazione (foto 2)	• Installare lancia, manichetta e sportello di chiusura • Sostituire il cartello scolorito che ha perso i suoi requisiti • Riposizionare la cassetta UNI 45 ad una altezza da terra adeguata **Misure di Protezione** • La cassetta UNI 45 deve essere completa e funzionante e completa di sportello trasparente antinfortunio (foto 1). • L'idrante deve essere facilmente accessibile e manovrabile, soprattutto in situazioni di emergenza e panico (foto 2)

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

SCHEDA N. 21/2	MACROAREA: ANTINCENDIO	ESTINTORI/IDRANTI/ATTACCHI VIGILI DEL FUOCO

Normativa di riferimento	Attività	Osservazioni	Misure di Prevenzione
• **D.M. 26/08/1992** Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica	Passaggio delle persone	Inadeguatezza del presidio antincendio (foto 1 e 2) e dell'attacco esterno per i vigili del fuoco (foto 3)	• Effettuare la manutenzione periodica e la relativa ricarica degli estintori (foto 1) • L'attacco esterno per i vigili del fuoco deve essere facilmente accessibile (foto 3) **Misure di Protezione** • La cassetta UNI 45 deve essere completa e funzionante e completa di sportello trasparente antinfortunio (foto 2).

Documentazione fotografica

Foto 1

Foto 2

Foto 3

7 La valutazione degli studenti

Premessa

L'efficacia delle misure di prevenzione è strettamente legata alla conoscenza dei fattori di rischio presenti in un determinato ambiente lavorativo. Sulla base di questa convinzione nel progetto è stata prevista un'indagine specifica per testare il grado di consapevolezza di docenti e discenti sugli aspetti di salute e sicurezza degli ambienti scolastici e, conseguentemente, definire i contenuti delle attività di formazione e informazione specificatamente mirate alla popolazione scolastica. Per tale motivo agli studenti di tre Istituti è stato somministrato un questionario al fine di verificare la loro percezione sui rischi reali o potenziali presenti nella scuola e il livello di gradimento dell'ambiente nel quale si svolgono le attività didattiche. Inoltre i dati dei questionari sono stati confrontati con i risultati dei monitoraggi relativi ai rischi indagati per verificare, attraverso le risposte fornite dagli studenti, la coerenza tra la percezione di tali rischi e la situazione effettivamente rilevata. Il questionario, privo di informazioni tali da rilevare l'identità degli studenti, fatta eccezione per la classe frequentata dal compilatore, è strutturato su 27 domande complessive relative ai seguenti argomenti:

- percezione del contesto ambientale, rilevato attraverso quesiti sui rischi presenti nell'ambiente scuola riconducibili sia alle caratteristiche della struttura sia a fattori quali l'illuminazione, l'aerazione degli ambienti, il rumore ecc.;
- rilevazione del bisogno formativo sulla base del grado di conoscenza nel merito delle tematiche proprie della salute e della sicurezza.

I questionari sono stati somministrati ad una popolazione di circa 1100 studenti effettivi di tre[57] degli Istituti oggetto della campagna di monitoraggi: di questi 779 sono stati debitamente compilati dagli studenti permettendo l'analisi riportata nella presente sezione.

57 Uno degli Istituti, costituito da una sede centrale e da una succursale, nel prosieguo dell'analisi verrà trattato in modo unitario.

Per quanto riguarda la dimensione del campione, questa può essere ritenuta sufficientemente rappresentativa (circa 70%) della popolazione scolastica che frequenta i tre Istituti citati. Il numero dei questionari compilati è risultato inferiore a quello dei soggetti cui è stato somministrato per una serie di fattori contingenti, che hanno comportato l'assenza di una parte degli studenti nei giorni di effettuazione del sondaggio (gite scolastiche, visite guidate ecc.). Nella Figura 7.1 è riportata la distribuzione percentuale dei questionari compilati nei tre Istituti (l'Istituto 1 è suddiviso in due Sedi: Centrale e Succursale).

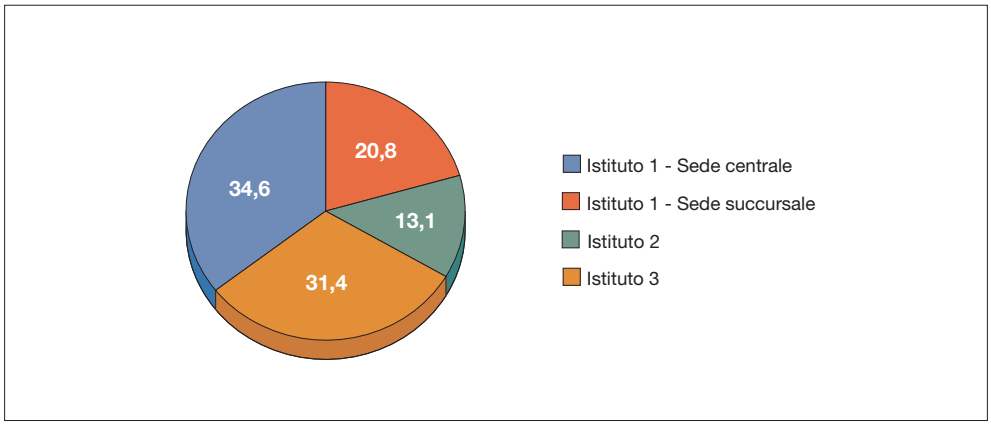


Figura 7.1 - *Distribuzione percentuale dei questionari compilati per Istituto censito.*

Per quanto riguarda la distribuzione dei questionari compilati nelle diverse classi, si rileva che il maggior numero di quelli raccolti riguarda le prime 3 classi (poco più del 68% del totale), come rappresentato in Figura 7.2.

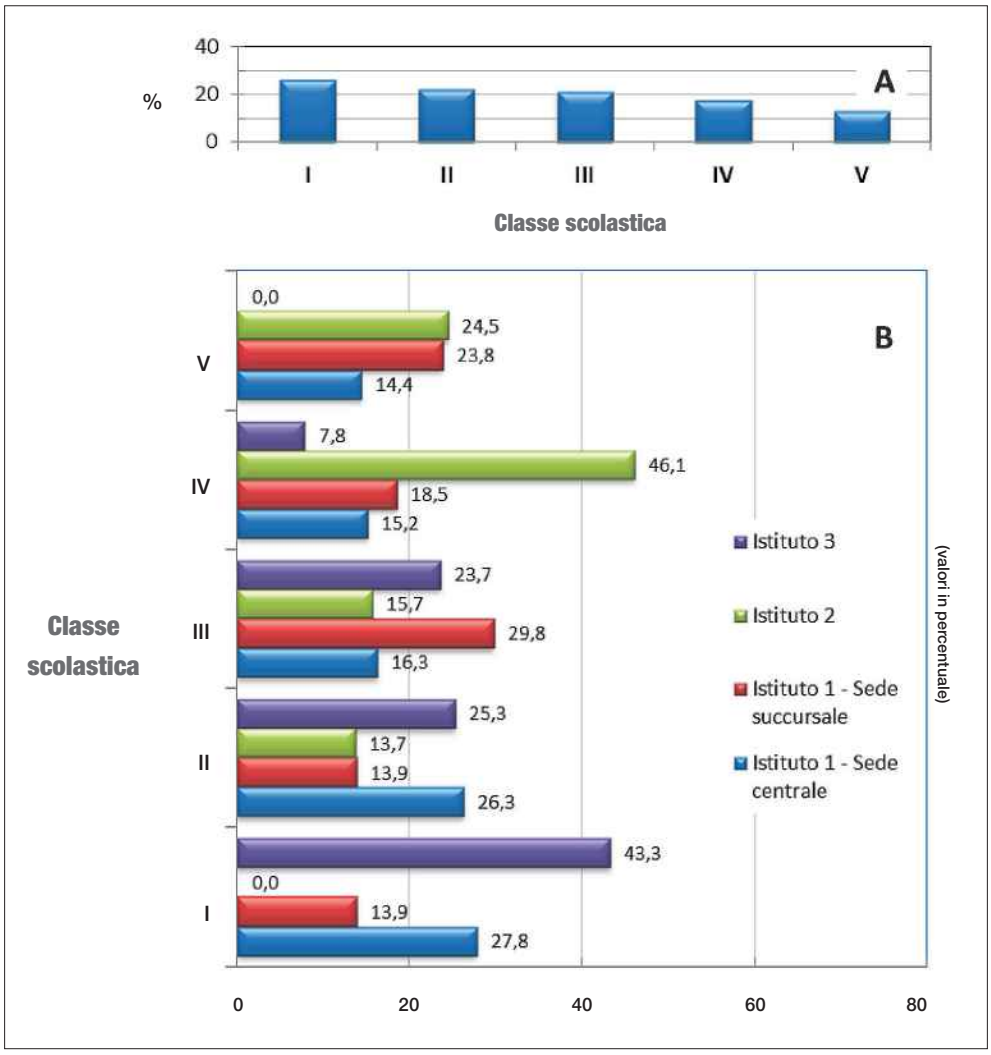


Figura 7.2 - *Distribuzione dei questionari raccolti per classe (A) e per classe e Istituto (B).*

Illustrazione dei risultati

Le risposte fornite dagli studenti sono state raggruppate in due sezioni principali. Nella prima le risposte, per ciascun Istituto, sono state suddivise nelle seguenti aree tematiche:

- aspetti comportamentali: riunisce tutti gli *item* che, in diversa misura, illustrano l'incidenza del fattore umano sul livello di rischio e benessere presente nell'ambiente scolastico, relativi sia alla popolazione studentesca sia alla componente amministrativa;
- aspetti ergonomici: riassume tutti i quesiti relativi alla fruibilità e usabilità delle strutture (illuminazione, spazi ecc.) e delle attrezzature (VDT, arredi ecc.) in grado di evidenziare il grado di comfort percepito dagli studenti;
- aspetti strutturali: raggruppa tutti i quesiti relativi alle caratteristiche delle strutture scolastiche che incidono sul livello di sicurezza (impianto elettrico, impianto anticendio ecc.)
- aspetti legati alla qualità dell'aria: riguarda i quesiti relativi alla presenza di agenti pericolosi aerodispersi (fumo di sigaretta, sostanze pericolose);
- aspetti infortunistici: relativa all'occorrenza di eventi infortunistici;
- bisogni formativi: riguarda il livello e le necessità di informazione e di formazione degli studenti;
- percezione del rischio:contenente i quesiti relativi ai fattori di rischio per i quali sono stati effettuati specifici monitoraggi ambientali (microclima, rumore, agenti biologici ecc.).

Per ciascun quesito proposto nel questionario (*item*) sono state calcolate le percentuali di preferenza rispetto alle tre possibili risposte ("Si", "No", "Non so"). Per dare una rappresentazione immediata delle risposte degli studenti, si è scelto di presentare i dati raccolti non in termini numerici, bensì utilizzando un indicatore grafico in cui la freccia indica, in termini puramente qualitativi, la risposta prevalente.[58]

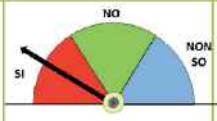
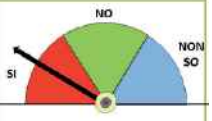
L'indicatore è suddiviso in tre settori circolari colorati, in cui il rosso, a prescindere dalla modalità di esposizione del quesito, indica una percezione negativa o critica. Al contrario, il colore verde indica una condizione positiva. Il colore celeste, infine, rappresenta l'incertezza.

Nella seconda sezione sono illustrate le risposte relative alla percezione del rischio suddivise, oltre che per Istituto, anche per le cinque classi scolastiche, per evidenziare la sua variazione in funzione dell'età dello studente e della sua permanenza nell'Istituto scolastico. Dove possibile, è stato inoltre effettuato un confronto con il livello di rischio evidenziato dai monitoraggi ambientali.

58 Per completezza di informazione nell'Allegato D vengono riportate nel dattaglio le percentuali di risposte fornite dagli studenti relativamente ai vari quesiti.

Quesiti relativi agli aspetti comportamentali

Per quanto sopra illustrato emerge come gli studenti attribuiscano una certa importanza ad alcuni fattori di tipo comportamentale (che prevedono anche una interazione tra i soggetti), tra cui il mancato rispetto del divieto di fumo (indicatore sempre in zona rossa). Un giudizio negativo riguarda anche alcuni aspetti organizzativi, con riferimento, tra l'altro, alle carenze di spazi e arredi adeguati.

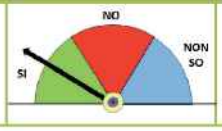
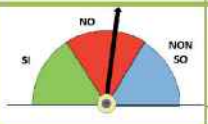
Quesito # 8			Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Secondo te, cosa potrebbe costituire un rischio per gli altri:	A	venire a scuola con un raffreddore o qualche linea di febbre			
	B	fumare all'interno dei locali scolastici			
	C	non essere collaborativo durante le prove di evacuazione			

Quesito # 23	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che il divieto di fumare all'interno dell'Istituto sia rispettato?			

Quesito # 27			Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che nella tua scuola ci siano stati, negli ultimi anni, cambiamenti positivi riguardo a:	B	miglioramento degli spazi e degli arredi			
	C	riduzione dei fattori di disagio o di rischio			

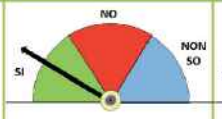
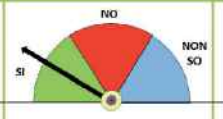
Quesiti relativi agli aspetti ergonomici (fruibilità, usabilità ecc.)

Le risposte date ai quesiti di questa area tematica evidenziano che la presenza di barriere architettoniche e la disposizione degli arredi non costituiscono un fattore di criticità per gli studenti di due Istituti su tre. Inoltre, per quanto riguarda alcuni aspetti specifici, l'illuminazione appare adeguata e la presenza di attrezzature o strumenti di "lavoro", come ad esempio il videoterminale, non pone particolari condizioni di disagio o di discomfort.

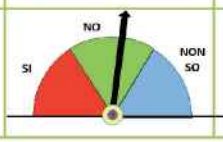
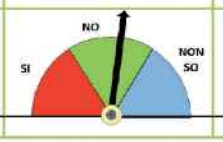
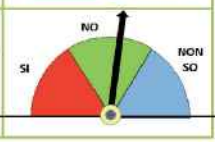
Quesito #7	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Sei soddisfatto della disposizione dell'arredo nell'aula, in funzione dell'attività svolta?			

Quesito #9	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che l'illuminazione della tua aula sia sufficiente?			

Quesito #10	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che all'interno della tua aula vi siano fonti di illuminazione fastidiose?			

Quesito #12	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che gli ambienti della vostra scuola (*aule, corridoi, porte, scale, pavimenti, ecc.*) siano agevolmente percorribili e non vi siano ostacoli o impedimenti?			

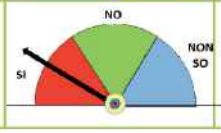
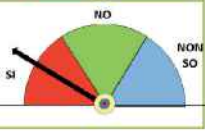
Quesito #13	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che nei vostri ambienti scolastici vi siano barriere architettoniche che causano difficoltà di accesso e di utilizzazione alle persone con disabilità motoria o sensoriale?			

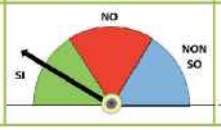
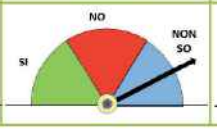
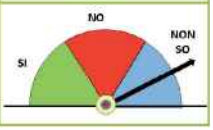
Quesito # 14			Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Quali dei seguenti elementi di disagio o di rischio ritieni siano presenti nella vostra scuola?	G	Stress o fatica mentale			
	H	attività al VDT			

Quesito # 16	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che le attrezzature o gli strumenti di lavoro che utilizzi possano costituire fonte di pericolo?			

Quesiti relativi agli aspetti strutturali

Tra i rischi connessi alla sicurezza all'interno dell'edificio scolastico, si riscontra una diversa percezione dei rischi elettrico e di incendio: del primo non viene percepita l'importanza dagli studenti di due Istituti su tre mentre per il secondo l'opinione predominante è che il rischio sia degno di attenzione. Emerge inoltre a riguardo, che non si hanno elementi certi circa la presenza di sistemi di rilevazione e di allarme adeguati a far fronte ad eventuali emergenze: probabilmente ciò è imputabile a carenze di tipo informativo.

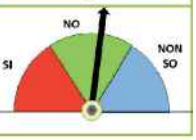
Quesito # 14			Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Quali dei seguenti elementi di disagio o di rischio ritieni siano presenti nella vostra scuola?	A	Elettrico			
	D	Incendio			

Quesito # 17	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che nella vostra scuola siano state prese tutte le precauzioni per evitare lo sviluppo di fumi o incendi?			

Quesito # 22	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che nei locali del vostro Istituto siano presenti adeguati sistemi di allarme e segnaletica di sicurezza per le situazioni di emergenza?			

Quesiti relativi alla qualità dell'aria

La maggioranza relativa degli studenti sostiene che la qualità dell'aria non costituisce un problema. Tuttavia per ciò che riguarda il quesito relativo al fumo, tale percezione appare in contraddizione con quanto risposto, sullo stesso argomento, al quesito #8B dell'area tematica "Aspetti comportamentali".

Quesito # 14			Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Quali dei seguenti elementi di disagio o di rischio ritieni siano presenti nella vostra scuola?	B	Fumo			
	E	Presenza di sostanze nocive			

Quesiti relativi agli aspetti infortunistici

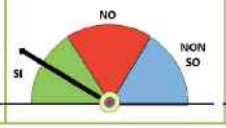
Riguardo la presenza di condizioni di rischio di infortunio all'interno dell'edificio scolastico, la risposta "non so" rappresenta quella più selezionata. Solo nel caso dell'Istituto 2, emerge che la maggioranza degli studenti percepisce tale rischio. A fronte di una sostanziale unanimità di risposte "no" al quesito #20, con frequenze superiori all'82%, fa riscontro una percentuale di studenti che, durante il percorso scolastico, ha riportato infortuni, con frequenze variabili tra il 13,5% e il 17%.

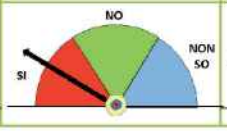
Quesito # 14			Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Quali elementi di disagio o di rischio ritieni siano presenti nella scuola?	F	infortunistico			

Quesito # 20	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Hai mai riportato danni o infortuni nell'Istituto?			

Quesiti relativi ai bisogni formativi

Le risposte fornite ai quesiti sui bisogni formativi evidenziano come la maggioranza relativa degli studenti ritenga sufficiente il bagaglio di conoscenze già acquisito sulle procedure di gestione delle emergenze. Ciononostante gli stessi studenti ritengono importante migliorare il proprio livello di conoscenza sulle norme di sicurezza e prevenzione degli incidenti, come attestano le risposte al quesito # 25, anche se l'analisi delle risposte date ai quesiti # 24 e 27 fa ritenere che la fiducia degli studenti nella possibilità di beneficiare di una formazione adeguata sulla materia sia piuttosto limitata.

Quesito # 21	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni di essere sufficientemente informato e preparato per affrontare situazioni di emergenza (pronto soccorso, evacuazione ecc.)?			

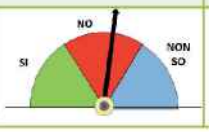
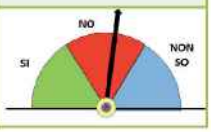
Quesito # 24	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che la tua scuola possa fare di più per formare gli studenti in materia di sicurezza e salute (se si, specificare cosa)?			

Quesito # 25	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ti piacerebbe essere maggiormente informato sulle norme di sicurezza e prevenzione degli incidenti?			

Quesito # 27			Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ritieni che, negli ultimi anni, vi siano stati positivi cambiamenti riguardo:	A	la formazione degli alunni sulla salute e sulla sicurezza			

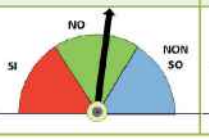
Quesiti relativi agli aspetti di percezione del rischio

La maggioranza relativa degli studenti di uno solo dei tre Istituti esprime soddisfazione per il microclima all'interno delle aule (quesiti 2 e 3). Per quanto riguarda la qualità dell'aria le opinioni degli studenti non sono ben definite, a conferma dei bisogni formativi di cui si è già detto.
In riferimento a quanto richiesto negli item 5, 6, 14l e 18, si evidenzia l'assenza di particolari criticità connesse a posture incongrue e a disturbi a carico del sistema muscolo-scheletrico, nonostante che la maggioranza ritenga che gli arredi non siano soddisfacenti.
Per quanto concerne, infine, l'adeguatezza dei servizi igienici, la maggioranza assoluta delle opinioni esprime un parere negativo.

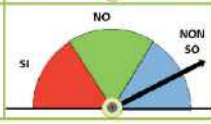
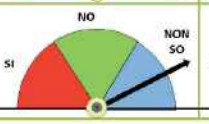
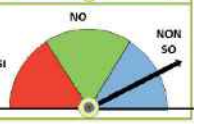
Quesito # 2	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Sei soddisfatto della temperatura e dell'umidità nelle aule che frequenti?			

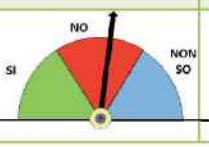
Quesito # 3	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Avverti correnti d'aria fastidiose durante le lezioni?			

Quesito # 4	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Sei soddisfatto della qualità dell'aria nelle aule che frequenti?			
Quesito # 5	**Istituto 1**	**Istituto 2**	**Istituto 3**
Ritieni soddisfacente l'arredo (sedia e banco) a tua disposizione durante le lezioni?			

Quesito # 6	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Accusi disturbi o dolori fisici connessi alla tua postura nei banchi dell'aula che occupi?			

Quesito # 11	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Ci sono sorgenti di rumore che ti arrecano disturbo durante le attività scolastiche?			

Quesito # 14			Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Quali dei seguenti elementi di disagio o di rischio ritieni siano presenti nella vostra scuola?	C	rumore			
	I	posture incongrue			

Quesito # 15	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
I servizi igienici (bagni, spogliatoi, armadietti) sono adeguati, agevoli, puliti e in numero sufficiente alle necessità?			

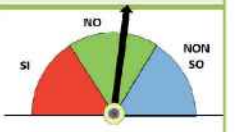
Quesito # 18	Istituto 1	Istituto 2	Istituto 3
Avverti disturbi visivi (stanchezza, affaticamento ecc.) e/o fisici (schiena, arti superiori, spalle e collo) quando utilizzi pc o videoterminali?			

Quesiti relativi alla percezione dei rischi presenti

Istituto 1

L'analisi delle risposte ai quesiti riferiti alla percezione dei fattori di rischio monitorati (microclima, agenti biologici, agenti chimici, rumore e adeguatezza degli arredi) non mostra variazioni in dipendenza della classe scolastica di appartenenza Da questo andamento si discostano i pareri relativi alla valutazione dei disturbi connessi alla postura, determinata da arredi non adeguati, rilevati dagli studenti delle classi 3, 4 e 5, come effettivamente verificato nel corso dello studio (paragrafo 4.2.3). D'altra parte, fatta eccezione per gli studenti delle prime classi, la gran parte degli intervistati ritiene sedie e tavoli poco soddisfacenti (quesito 5). Ciò costituisce un indizio del fatto che i malesseri a carico del sistema muscoloscheletrico si manifestano a distanza di tempo Per quanto riguarda la percezione delle condizioni microclimatiche, gli studenti esprimono un generale gradimento a fronte di rilevazioni che, specie nel periodo estivo, testimoniano spesso condizioni di *discomfort*. Per quanto riguarda la qualità dell'aria, nonostante i rilievi microbiologici e chimici abbiano messo in evidenza situazioni di criticità(in particolare per quanto riguarda la concentrazione di CO_2 e la presenza di stafilococchi), gli studenti non mostrano di avere una chiara percezione del problema. Ciò è comprensibile data la difficoltà di rilevare, se non attraverso misure strumentali, il carico di inquinanti aerodispersi nell'ambiente, al contrario di quanto accade per la valutazione della qualità dei servizi igienici, per cui l'aspetto olfattivo e visivo influenzano in modo corretto il giudizio.

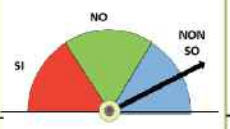
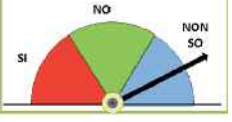
Quesito #2	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Sei soddisfatto della temperatura e dell'umidità nelle aule che frequenti?					

Quesito #3	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Avverti correnti d'aria fastidiose durante le lezioni?					

Quesito #4	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Sei soddisfatto della qualità dell'aria nelle aule che frequenti?					

Quesito #5	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Ritieni soddisfacente l'arredo (sedia e banco) a tua disposizione durante le lezioni ?					

Quesito #6	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Accusi disturbi o dolori fisici connessi alla tua postura nei banchi dell'aula che occupi?					

Quesito # 14			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Quali dei seguenti elementi di disagio o di rischio ritieni siano presenti nella vostra scuola?	C	rumore					
	I	posture incongrue					

Quesito #15	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
I servizi igienici (bagni, spogliatoi, armadietti) sono adeguati, agevoli, puliti e in numero sufficiente alle necessità?					

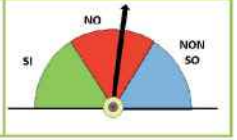
Quesito #18	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Avverti disturbi visivi (stanchezza, affaticamento ecc.) e/o fisici (schiena, arti superiori, spalle e collo) quando utilizzi pc o videoterminali?					

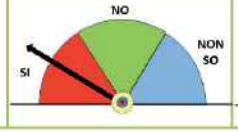
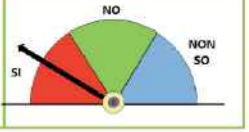
Istituto 2

Le risposte ai quesiti 2 e 3 sulla percezione del microclima, denotano che il giudizio negativo degli studenti riguarda tutte le classi di appartenenza; questa valutazione contrasta con i rilievi effettuati, che hanno evidenziato condizioni microclimatiche accettabili.

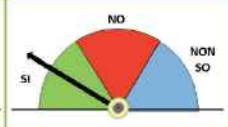
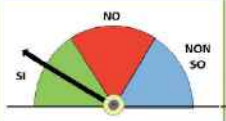
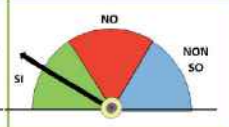
Nel complesso la qualità dell'aria viene percepita negativamente, a fronte di rilevazioni che evidenziano una situazione piuttosto variabile, per la quale l'inquinamento biologico è nei limiti di accettabilità solo in inverno e la concentrazione di CO_2 è prevalentemente al di sotto dei livelli di soglia accettabili nella stagione estiva.

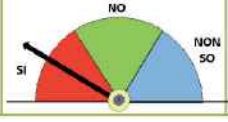
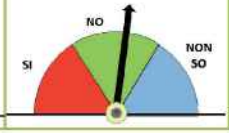
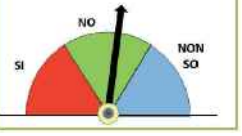
Per quanto riguarda l'aspetto posturale, la valutazione data degli studenti sulla qualità degli arredi è sempre positiva, fatta eccezione per gli allievi delle seconde classi. Come già detto in precedenza, lo studio ha tuttavia sottolineato l'inadeguatezza delle sedie e dei banche utilizzati dagli studenti. Anche nel caso di questo Istituto il giudizio dato sulla qualità dei servizi igienici è fortemente negativo, come confermato dai rilevi effettuati.

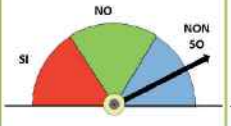
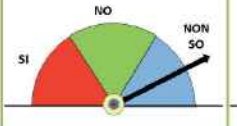
Quesito #2	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Sei soddisfatto della temperatura e dell'umidità nelle aule che frequenti?	DATI NON DISPONIBILI				

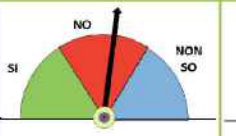
Quesito #3	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Avverti correnti d'aria fastidiose durante le lezioni?	DATI NON DISPONIBILI				

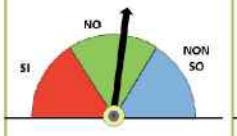
Quesito #4	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Sei soddisfatto della qualità dell'aria nelle aule che frequenti?	DATI NON DISPONIBILI				

Quesito #5	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Ritieni soddisfacente l'arredo (sedia e banco) a tua disposizione durante le lezioni ?	DATI NON DISPONIBILI				

Quesito #6	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Accusi disturbi o dolori fisici connessi alla tua postura nei banchi dell'aula che occupi?	DATI NON DISPONIBILI				

Quesito # 14			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Quali dei seguenti elementi di disagio o di rischio ritieni siano presenti nella vostra scuola?	C	rumore	DATI NON DISPONIBILI				
	I	posture incongrue	DATI NON DISPONIBILI				

Quesito #15	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
I servizi igienici (bagni, spogliatoi, armadietti) sono adeguati, agevoli, puliti e in numero sufficiente alle necessità?	DATI NON DISPONIBILI				

Quesito #18	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Avverti disturbi visivi (stanchezza, affaticamento ecc.) e/o fisici (schiena, arti superiori, spalle e collo) quando utilizzi pc o videoterminali?	DATI NON DISPONIBILI				

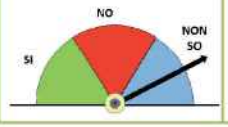
Istituto 3

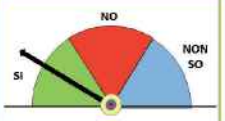
La percezione espressa relativamente al microclima denota una generale insoddisfazione per le condizioni ambientali presenti in questo Istituto. Da tale giudizio si discostano gli alunni delle prime classi, che ritengono soddisfacenti i valori di temperatura, umidità e velocità dell'aria, in linea con le misure ambientali effettuate nel solo periodo freddo. Al pari di quanto detto per l'Istituto 1, non vi è una percezione definita sulla qualità dell'aria, che da un punto di vista oggettivo, sulla base dei rilievi effettuati, può essere ritenuta accettabile, in riferimento al rischio biologico, e non soddisfacente se si considerano livelli di CO_2 misurati.

Riguardo la dotazione degli arredi, il giudizio positivo espresso dagli studenti non varia con la classe di appartenenza, con la sola eccezione delle seconde classi. Anche in questo caso i rilievi hanno evidenziato arredi non adeguati alle dimensioni antropometriche della popolazione studentesca. Per quanto riguarda lo stato dei servizi igienici, possono essere ribadite le considerazioni relative agli Istituti precedenti.

Quesito #2	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Sei soddisfatto della temperatura e dell'umidità nelle aule che frequenti?					DATI NON DISPONIBILI

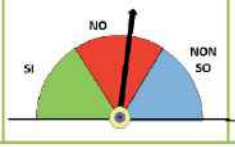
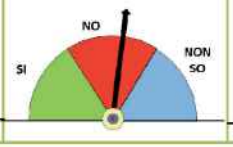
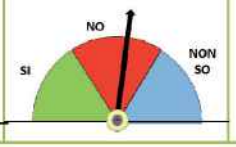
Quesito #3	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Avverti correnti d'aria fastidiose durante le lezioni?					DATI NON DISPONIBILI

Quesito #4	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Sei soddisfatto della qualità dell'aria nelle aule che frequenti?					DATI NON DISPONIBILI

Quesito #5	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Ritieni soddisfacente l'arredo (sedia e banco) a tua disposizione durante le lezioni ?					DATI NON DISPONIBILI

Quesito #6	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Accusi disturbi o dolori fisici connessi alla tua postura nei banchi dell'aula che occupi?					DATI NON DISPONIBILI

Quesito # 14			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Quali dei seguenti elementi di disagio o di rischio ritieni siano presenti nella vostra scuola?	C	rumore					DATI NON DISPONIBILI
	I	posture incongrue					DATI NON DISPONIBILI

Quesito #15	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
I servizi igienici (bagni, spogliatoi, armadietti) sono adeguati, agevoli, puliti e in numero sufficiente alle necessità?					DATI NON DISPONIBILI

Quesito #18	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Avverti disturbi visivi (stanchezza, affaticamento ecc.) e/o fisici (schiena, arti superiori, spalle e collo) quando utilizzi pc o videoterminali?					DATI NON DISPONIBILI

Bibliografia

Introduzione

Autori vari: “Regione Toscana: Progetto Indoor 2008-2010: Igiene degli Ambienti Confinati; Caratterizzazione degli inquinanti negli ambienti di vita”. In Atti del 29 Congresso Nazionale AIDII, Pisa 12-14 giugno 2012,

Autori vari: “ISPESL: Sicurezza in cattedra: Progetto di promozione della sicurezza del lavoro per Istituti ad indirizzo tecnico-professionale”. Settembre 2009.

Autori vari: “Regione Veneto e Regione Toscana: Manuale di Gestione del Sistema Sicurezza e Cultura della Prevenzione nella Scuola”. Gennaio 2006.
Autori vari: “Cittadinanzattiva Onlus: X Rapporto Sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici 2012.

Rischio biologico

Accordo Governo, Regioni, Province autonome di Trento e Bolzano, Comuni e Comunità montane concernente “Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie ed asma”, 18 novembre 2010. GU n. 9 del 13 gennaio 2011.

ACGIH. “Bioaerosol: assessment and control”. Cincinnati, 1999.

APHA. The Committee on Microbial Contamination of Surfaces of the Laboratory Section of APHA, 1970, Health Lab. Sci. 7:256-264.

Carrer P., Moscato G.. “Inquinamento biologico e allergopatie”. G. Ital. Med. Lav. Erg. 2004; 26:4, 362-366.

Dacarro C., Grignani E., Lodola L., Grisoli P., Cottica D.. “Proposta di indici microbiologici per la valutazione della qualità dell’aria degli edifici”. G. It. Med. Lav. Erg. 2000; 22 (3): 229-235.

Dacarro C., Picco A.M., Grisoli P., Rodolfi M.. “Determination of aerial microbiological contamination in scholastic sports environments”. J. Appl. Microb. 2003, 95, 904-912.

Educational Resources Information Center (ERIC), Development Team. "Educating children and Youth to prevent contagious disease". ERIC Digest. ED437368 1999-12-00 (www.eric.ed.gov).

GARD ITALY. "La qualità dell'aria nelle scuole e rischi per malattie respiratorie e allergiche. Quadro conoscitivo sulla situazione italiana e strategie di prevenzione". Gruppo di Lavoro GARD-I Progetto n°1 "Programma di prevenzione per le scuole dei rischi indoor per malattie respiratorie e allergiche", gennaio 2013 (www.salute.gov/).

INAIL, CONTARP. Linee Guida "Il monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro. Campionamento e analisi". INAIL, 2010.

INAIL, CONTARP. "Allergeni indoor della polvere negli uffici. Campionamento e analisi". INAIL, 2003.

INAIL. "Il rischio di esposizione a *Legionella spp.* in ambienti di vita e di lavoro". INAIL, 2012 (www.inail.it).

INAIL, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. "Gestione del sistema sicurezza e cultura della prevenzione nella scuola" a cura di L. Bellina, A. Cesco Frare, S. Garzi, D. Marcolina. Edizione 2013.

www.inail.it/internet_web/wcm/idc/groups/internet/documents/document/ucm_112670.pdf.

Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano. "Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi". G.U. n. 103 del 5 maggio 2000.

Mandal J. and Brandl H.. "Bioaerosols in Indoor Environment - A Review with Special Reference to Residential and Occupational Locations". The Open Environmental & Biological Monitoring Journal, 2011, 4, 83-96.

Mendell M. J., Heath G. A.. "Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature". Indoor Air 2005; 15: 27-52.

Ministero dell'Ambiente, del Territorio e del Mare. "Qualità dell'aria nelle scuole: un dovere di tutti, un diritto dei bambini". 2010.

Ministero del Lavoro, 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". 2013 (http://www.salute.gov.it/).

Ministero della Salute. "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati". Suppl. Ord. G.U. n. 276 del 27 novembre 2001.

Piccioni R., Amatucci S., Cipolloni F., Giovinazzo R., Incocciati E., Nappi F., Rughi D.. "Progetto Sicurezza e benessere nelle scuole". In: Atti del 29° Congresso nazionale AIDII, Pisa 12-14 giugno 2012, pp.361-369.

Pini C.. "Allergeni indoor in ambienti pubblici e privati" (http://www.salute.gov.it/ ago 2013).

Regione Veneto, MIUR Usr Veneto, Regione Toscana. "Gestione del sistema sicurezza e cultura della prevenzione nella scuola". Centro stampa Azienda U.L.S.S. n°13 - Ospedale di Dolo (VE). Gennaio 2006.

WHO. "Guidelines on Hand Hygiene in Health Care". WHO, 2009.

WHO. "Guidelines for indoor air quality: dampness and moulds". WHO, 2009.

Rischio chimico

Gurumurthy R. *et al.*: *Indoor air quality in two urban elementary schools-measurements of airborne fungi, carpet allergens, CO2, temperature, and relative humidity*. Journal of occupational and Environmental Hygiene, 2: 553-566, 2005.

Scheff, P. A. *et al.*: *Indoor air quality in a middle school, part I: use of CO2 as a tracer for effective ventilation.* Applied Occupational and Environmental Hygiene Vol 15 (11): 824-834, 2000.

Kinshella, M. R. *et al.*: *Perceptions of indoor air quality associated with ventilation system types in elementary schools.* Applied Occupational and Environmental Hygiene Vol 16(10): 952-960, 2001.

Regione Veneto, MIUR Veneto, Regione Toscana: "Gestione della sicurezza e cultura della prevenzione nella scuola". http://www.regione.veneto.it/NR/rdonlyres/015B6B00-1E43-4FD8-8E2F-28948945A3CE/0/MANUALE-SCUOLE1.pdf.

Standard 62.1 (2013): *Ventilation for acceptable indoor air quality.* American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, U.S.A.

EEC, 1990 *Indoor Air pollution by formaldehyde in European countries*. European Concerted Action: Indoor Air Quality and its impact on man (COST Project 613), Report n. 7, Commission of the European Communities, Luxembourg.

Mohlave L., 1990: *Volatile organic compounds, indoor air quality and health*. Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate "Indoor Air '90". Toronto, Canada, 1990, vol. 5, pp. 15-33.

M.C. Aprea *et al.*: *Inquinamento chimico indoor e outdoor nelle scuole della Toscana*. 25° Congresso nazionale AIDII, Ancona, 20-22 giugno 2007. Atti.

AAVV: *Progetto indoor. Studio sul comfort e sugli inquinanti fisici e chimici nelle scuole.* Regione Toscana Direzione Generale Diritti di cittadinanza e coesione sociale. Settore Servizi di Prevenzione in Sanità Pubblica e Veterinaria. Stampa Pacini Editore.

Bartlett K.H. *et al.*: *Modeling of occupant generated CO2 dynamics in naturally ventilated classrooms.* Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 1: 139-148; March 2004.

Legge Ordinaria del Parlamento n. 977 del 17 ottobre 1967 - Tutela del lavoro dei bambini e degli adolescenti. (pubblicata sulla Gazzetta ufficiale n. 276 del 6 novembre 1967) - Aggiornamento con modifiche e integrazioni apportate dal D. Lgs. 345/99 e dal D. Lgs. 262/2000.

Simoni M. et al.: *School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children.* Eur. Respir. J. 2010, 35, 742-749.

Batterman S., Peng C.: *TVOC and CO2 concentrations as indicators in indoor air quality studies.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (56)/January 1995, 55-65.

Accordo, ai sensi dell'art. 9 del D. Lgs. 27/08/1997, n. 281, tra Governo, Regioni, Province autonome di Trento e Bolzano, Province, Comuni e Comunità montane concernente *Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie ed asma.* 18 novembre 2010.

Mohlave L.: *Volatile organic compounds, indoor air quality and health.* Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate "Indoor Air '90", Toronto, Canada, 29 July-3 August 1990, vol. 5, pp. 15-33.

Seifert, B: Regulating Indoor Air. Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate "Indoor Air '90", Toronto, Canada, 29 July-3 August 1990, vol. 5, pp. 35-49.

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.* Gazzetta Ufficiale n. 216 del 15 settembre 2010 - Suppl. Ordinario n. 21.

Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 *Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.* Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008 - Supplemento Ordinario n. 108/.

Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'agenzia europea per le sostanze chimiche, che modifica la direttiva 1999/45/CE e che abroga il Regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio e il Regolamento (CE) n. 1488/94 della Commissione, nonché la direttiva 76/769/CEE del Consiglio e le direttive della Commissione 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE).

Regolamento (CE) N. 1272/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al Regolamento (CE) n. 1907/2006.

Zambonelli, C. Scarnato, M. Carnevali, I. Grifa, G. Nicotra, G. Marchetto - Le sostanze pericolose utilizzate all'interno dei laboratori scolastici degli istituti superiori di secondo grado della provincia di Bologna. Convegno internazionale REACH 2014. Modena, 3 ottobre 2014. Atti.

Rischio radon

G. Arcovito, D. Centioni, M.A. Brandimarte, A. Pendenza, A. Pierangelini, C. Orlando, P. Orlando. R. Trenta (2005) - *Il rischio radon in alcune scuole del Lazio.* Fisica in Medicina No. 1/2005, pp. 77-82.

INAIL (2013) - *Una scuola senza radon.* Guida divulgativa. Edizione 2013.

ISPESL (2007) - *Il radon in Italia: guida per il cittadino.* Quaderni per la salute e la sicurezza.

L. Gaidolfi, M. R. Malisan, S. Bucci, M. Cappai, M. Bonomi, L. Verdi, F. Bochicchio (1997) - *Rassegna delle esperienze di monitoraggio delle scuole.* Atti del Convegno "Radon tra natura e ambiente costruito - Radioprotezione, territorio, interventi, informazione", Venezia, 24 - 26 novembre 1997.

L. Gaidolfi, M.R. Malisan, S. Bucci, M. Cappai, M. Bonomi, L. Verdi, F. Bochicchio (1998) - *Radon measurements in Kindergartens and School of*

six Italian regions. Radiation Protection Dosimetry, Vol. 78, No. 1 (1998), pp. 73-76.

R. Ocone, R, Trevisi, S. Tonnarini, C. Orlando, R. Trenta, M. Bruno, C. Paolelli, M. Amici, A. Altieri, M.C. Valente (2003) - *Caratterizzazione radiometrica delle litologie più rappresentative della provincia di Roma.* AIRP - Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione, Bari, 17 - 19 settembre 2003.

P. Orlando, R. Trenta, M. Bruno, C. Orlando, A. Ratti, S. Ferrari, S. Piardi (2004) - *A study about remedial measures to reduce 222Rn concentration in an experimental building.* Journal of Environmental Radioactivity 73/3 (2004), pp. 257 - 266.

DECRETO LEGISLATIVO 26 maggio 2000, n. 241 - *Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.*

P del Consiglio del 5 dicembre 2013 - *Norme fondamentali di sicurezza relative lla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.*

Microclima

Alfano, G., D'Ambrosio, F.R., Riccio, G. (1998) - Disagio e stress termico: effetti, normative, valutazione e controllo. *Atti del convegno dBA "Dal rumore ai rischi fisici", Modena, 17-19 settembre 1998, 531-553.*

Barbato, F. (1998) - *la valutazione dell'abiente temico inserita nel programma di valutazione dei rischi. Atti del convegno dBA "Dal rumore ai rischi fisici", Modena, 17-19 settembre 1998, 573-596.*

Bridger, R.S.. (1995) - *introduction to ergonomics. Mc Graw-Hill inc.*

Buzzoni, L, Dall'olio, R.. (1998) - *Regolazione e controllo di temperatura, umidità e qualità dell'aria: soluzioni impiantistiche a confronto. Atti del convegno dBA "Dal rumore ai rischi fisici", Modena, 17-19 settembre 1998, 573-596.*

Piccioni R., Rughi, D. (1997) - Analisi del rischio da polveri nel comprensorio ceramico di Civita Castellana (VT). *Quaderni della rivista degli infortuni e delle malattie professionali*: Atti del seminario "Analisi del rischio assicurato" Chia-Domus de Maria (CA), 23-24 giugno 1997, 231-242.

UNI EN ISO 7730 Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

UNI EN ISO 11399 Ergonomia degli ambienti termici - Principi e applicazione delle relative norme internazionali.

UNI EN ISO 10551 Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'influenza dell'ambiente termico mediante scale di giudizio soggettivo.

UNI EN ISO 7726 Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche.

UNI EN ISO 9920 Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento.

UNI EN ISO 8996 Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico.

Comfort Acustico

D. Casini, A. Poggi, C. Fagotti, S. Secchi: "Il risanamento acustico dell'ambito urbano mediante superfici silenti - L'esperienza di Firenze". Atti della IV giornata di Studio sull'Acustica Ambientale "Progettare il risanamento acustico", Firenze 30 marzo 2006.

D. Bacciotti et al: "Requisiti acustici degli edifici scolastici. Verifica del rispetto dei limiti". Bollettino Ingegneri, n.7, luglio 2005.

S. Borgheresi, D. Casini, A. Poggi: "Indagini acustiche presso siti scolastici e indicazioni per il risanamento del rumore ambientale". Arpat Firenze.

H. Harau-Puchades - AProceedings of the Institute of Acoustics - Vol.33, Pt.2, 2011.

Norma UNI EN ISO 9612:2011: "Acustica-Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro-Metodo tecnico progettuale".

Norma UNI 9432:2011: "Acustica-Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro".

Norma UNI EN ISO 3382-1:2009: "Acustica-Misurazione dei parametri acustici degli ambienti-Parte 1: Sale da spettacolo".

Norma UNI EN ISO 3382-2:2008: "Acustica-Misurazione dei parametri acustici degli ambienti-Parte 2:Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari".

Norma UNI EN ISO 9921:2004: "Ergonomia-Valutazione della comunicazione verbale".

Comfort degli arredi scolastici

N. Castellino, E. Lupo, A. Petri, A. Rapa, S. Bellone, I. Strigini, A. Vercellotti, A. Zavallone, G. Bona (2001) - *Secular trend dell'esordio puberale in una popolazione del nord Italia.* Minerva Pediatrica, 53, 487.

Donisi M., Gurin R., Marino S., Papale A., Silvetti A. - *Il banco scolastico come fattore di rischio: il ruolo dell'ergonomia nella prevenzione*. Atti 71° Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale, Palermo, 17-20 novembre 2008.

E. Fubini, M. Masali, E. Eynard, N. Salis (2001) - *Changes in secular trend of stature in italian regional populations.* Rivista di Antropologia, 79, pp. 165 - 172.

INAIL (2011) - *Ergonomia a scuola. Programma educativo sull'ergonomia scolastica rivolto ai bambini della scuola primaria.* Edizione 2011.

Mandal A. C. - *Changing standards for school furniture.* Ergonomics in Design 1997, 5, pp. 28-32.

Marschall M, Harrington A C, Steele J R. - *Effect of workstation design on sitting posture in young children*. Ergonomics 1995; 38, pp. 1932-1940.

Mastrangelo S., Spirito L. - *L'ergonomia a scuola? Assente ingiustificata.* Il Salvagente 2007, 39, pp. 29-31.

Papale A., Petyx M., Fortuna G., Iavicoli S. - *Ergonomia a scuola. A scuola di ergonomia*. INAIL, 2011.

Paroli c, Monticone M., Ferraro C., Negrini S. - *Alterazioni della postura sagittale in età evolutiva*. Vigevano: Gruppo di Studio della Scoliosi e delle patologie vertebrali, 2003.

E. Sanna, (2002) - *Il secular trend in Italia.* Antropo, 3, pp. 23 - 49;

UNI EN 1729-1:2006 - *Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche. Parte 1: dimensioni funzionali.* Ottobre 2006.

UNI EN 1729-2:2012 - *Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche. Parte 2: requisiti di sicurezza e metodi di prova.* Febbraio 2012.

Allegati

Allegato A	Procedura lavaggio mani
Allegato B	Tipologie di vestiario
Allegato C	Questionario per gli studenti
Allegato D	Risultati dei questionari: dettaglio delle schede

Come lavarsi le mani con acqua e sapone?
Ministero della Salute
CCM
Centro nazionale per la prevenzione e il Controllo delle Malattie
LAVA LE MANI CON ACQUA E SAPONE, SOLTANTO SE VISIBILMENTE SPORCHE! ALTRIMENTI, SCEGLI LA SOLUZIONE ALCOLICA!
Durata dell'intera procedura: 40-60 secondi
0
Bagna le mani con l'acqua
1
applica una quantità di sapone sufficiente per coprire tutta la superficie delle mani
2
friziona le mani palmo contro palmo
3
il palmo destro sopra il dorso sinistro intrecciando le dita tra loro e viceversa
4
palmo contro palmo intrecciando le dita tra loro
5
dorso delle dita contro il palmo opposto tenendo le dita strette tra loro
6
frizione rotazionale del pollice sinistro stretto nel palmo destro e viceversa
7
frizione rotazionale, in avanti ed indietro con le dita della mano destra strette tra loro nel palmo sinistro e viceversa
8
Risciacqua le mani con l'acqua
9
asciuga accuratamente con una salvietta monouso
10
usa la salvietta per chiudere il rubinetto
11
...una volta asciutte, le tue mani sono sicure.
WORLD ALLIANCE for PATIENT SAFETY
WHO acknowledges the Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG), in particular the members of the Infection Control Programme, for their active participation in developing this material.
October 2006, version 1.
World Health Organization
All reasonable precautions have been taken by the World Health Organization to verify the information contained in this document. However, the published material is being distributed without warranty of any kind, either expressed or implied. The responsibility for the interpretation and use of the material lies with the reader. In no event shall the World Health Organization be liable for damages arising from its use.
Design: mondofragilis network

Tabella 1 - Esempi di assortimento di vestiario indossato dagli addetti all'area ammnistrativa (non sono elencati per brevità gli indumenti intimi)

Ambiente	VESTIARIO											
	soprabiti	maglioni	camicie magliette	felpa	shirt	gonne	tute	giacche gilè grembiuli	pantaloni	scarpe	intimo maglie	accessori
segreteria personale		maglione	camicia						calzoni	scarpe invernali		
segreteria	giaccone	maglione	t-shirt						calzoni	scarpe invernali		
vicepresidenza		maglione							calzoni	stivali donna	canottiera	sciarpa
vicepresidenza			maglia leggera						calzoni	scarpe pesanti		
segr. amministrativa	soprabito	cardigan			canottiera cotone				gonna lunga	scarpa bassa		
segr. amministrativa		maglioncino leggero			canottiera cotone				calzoni lunghi	mocassino		
segreteria didattica		maglioncino leggero	camicia						calzoni lunghi	scarpa tecnica		foulard
segreteria didattica			camicia	felpa cotone					jeans	scarpa tecnica		
segreteria didattica		cardigan	maglioncino leggero manica corta						gonna	stivali		foulard
segreteria didattica		cardigan leggero	maglia maniche lunghe sintetico						jeans	scarpa tecnica		foulard
segreteria alunni		maglione lana leggero			canottiera microfibra				jeans	stivali		
segreteria alunni		maglione			t-shirt				jeans	scarpe sicurezza		
segreteria magazzino		maglioncino lana			canottiera lana	gonna lana				scarpe donna		
vicepresidenza			manica corta					giacca jeans	jeans	aperte		
segreteria			camicia						cotone leggeri lunghi	ginnastica		
segreteria personale					t-shirt				jeans	ginnastica		
segreteria personale				leggera				giacca impermeabile	jeans	stivaletto basso		
segreteria personale	vestito lungo		cardigan							tacco alto aperte		
segreteria personale			camicia						cotone leggeri lunghi	ginnastica		foulard
segreteria					t-shirt				cotone leggeri			

Tabella 2 - esempi di assortimento di vestiario indossato dagli studenti (non sono elencati per brevità gli indumenti intimi)

Ambiente	VESTIARIO									
	soprabiti	maglioni	camicie/magliette	felpa	shirt	gonne	tute	giacche gilè grembiuli	pantaloni	scarpe
Aula		maglioncino		felpa					jeans	ginnastica
		maglione			t-shirt				jeans	ginnastica
		maglione leggero			t-shirt				calzoni	invernali
			polo maniche lunghe	felpa					jeans	invernali
		maglia lana leggera			t-shirt				jeans	invernali
	giaccone			felpa	t-shirt				jeans	invernali
		maglione		felpa					jeans	invernali
				felpa	t-shirt				jeans	invernali
	giaccone			felpa					jeans	ginnastica
		maglione			t-shirt				jeans	ginnastica
			camicia leggera polo		maglina				jeans calzoni	ginnastica ginnastica
		cardigan lana leggero maglione			canottiera lana leggera t-shirt				jeans jeans	ginnastica ginnastica
			camicetta						jeans	ginnastica
					t-shirt		tuta da ginnastica			ginnastica
		maglioncino leggero	maglietta leggera				gonna altezza ginocchio			scarpa cuoio con tacco
			polo maniche lunghe						jeans	ginnastica
	giubbotto pile				canottiera leggera				jeans	ginnastica
	giaccone invernale	maglione	camicia						jeans	ginnastica

INAIL
Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro

IL PARERE DELLO STUDENTE QUESTIONARIO PER LA SICUREZZA E LA SALUTE DEGLI STUDENTI
(Specificare possibilmente i motivi delle risposte)

		SI	NO	NON SO
1	Sei soddisfatto dell'igiene nella tua scuola	☐	☐	☐
2	Sei soddisfatto della temperatura e dell'umidità nelle tue aule?	☐	☐	☐
3	Avverti correnti d'aria fastidiose durante le lezioni?	☐	☐	☐
4	Sei soddisfatto della qualità dell'aria nelle aule che frequenti?	☐	☐	☐
5	Ritieni soddisfacente l'arredo (sedia e banco) a tua disposizione?	☐	☐	☐
6	Accusi disturbi o dolori connessi alla tua postura nei banchi della tua aula?	☐	☐	☐
7	Sei soddisfatto della disposizione dell'arredo nell'aula, in funzione dell'attività svolta?	☐	☐	☐
8	Secondo te, cosa potrebbe costituire un rischio per gli altri:	☐	☐	☐
a	Venire a scuola con un raffreddore o qualche linea di febbre	☐	☐	☐
b	Fumare all'interno dei locali scolastici	☐	☐	☐
c	Non essere collaborativo durante le prove di evacuazione	☐	☐	☐
9	Ritieni che l'illuminazione della tua aula sia sufficiente	☐	☐	☐
10	Ritieni che all'interno della tua aula vi siano fonti di illuminazione fastidiose?	☐	☐	☐
11	Ci sono sorgenti di rumore che arrecano disturbo durante l'attività scolastica?	☐	☐	☐
12	Ritieni che gli ambienti della vostra scuola (aule, corridoi, porte, scale, pavimenti, ecc.) siano agevolmente percorribili e non vi siano ostacoli o impedimenti?	☐	☐	☐
13	Ritieni che nei vostri ambienti scolastici vi siano barriere architettoniche che possano causare difficoltà di accesso e di utilizzazione alle persone con disabilità motoria o sensoriale?	☐	☐	☐
14	Quali dei seguenti elementi di disagio o rischio ritieni siano presenti nella scuola? (attribuisci ad essi il valore: ① molto importante, ② abbastanza importante, ③ poco importante):	☐ 1	☐ 2	☐ 3
a	Elettrico Note	☐ 1	☐ 2	☐ 3
b	Fumo Note:	☐ 1	☐ 2	☐ 3
c	Rumore Note:	☐ 1	☐ 2	☐ 3
d	Incendio Note:	☐ 1	☐ 2	☐ 3

		SI	NO	NON SO
e	Sostanze Nocive (specificarne la natura) Note:	☐ 1	☐ 2	☐ 3
f	Infortunistico Note:	☐ 1	☐ 2	☐ 3
g	Stress/Fatica Mentale Note	☐ 1	☐ 2	☐ 3
H	Attività al Videoterminale Note:	☐ 1	☐ 2	☐ 3
i	Posture Incongrue Note	☐ 1	☐ 2	☐ 3
l	Rischio_____ Note:	☐ 1	☐ 2	☐ 3
15	I servizi igienici (bagni, spogliatoi, armadietti) sono adeguati, agevoli, puliti e in numero sufficiente alle necessità?	☐	☐	☐
16	Ritieni che le attrezzature/strumenti di lavoro (specificare quali) che utilizzi per le attività scolastiche possano costituire fonte di pericolo?	☐	☐	☐
17	Ritieni che nella vostra scuola siano state prese tutte le precauzioni per evitare lo sviluppo di fumi o incendi?	☐	☐	☐
18	Avverti disturbi visivi (stanchezza, affaticamento, ecc.) e/o fisici (schiena, arti superiori, spalle e collo) quando utilizzi pc o videoterminali?	☐	☐	☐
19	Ritieni siano presenti altre fonti di pericolo o disagio (specificare quali) non individuati tra le domande precedenti?	☐	☐	☐
20	Hai mai riportato danni o infortuni nell'Istituto?	☐	☐	☐
21	Ritieni di essere sufficientemente informato e preparato per affrontaresituazioni di emergenza (pronto soccorso, evacuazione, ecc.)?	☐	☐	☐
22	Ritieni che nei locali del vostro Istituto siano presenti adeguati sistemi di allarme e segnaletica di sicurezza per le situazioni di emergenza?	☐	☐	☐
23	Ritieni che il divieto di fumare all'interno dell'Istituto sia rispettato?	☐	☐	☐
24	Ritieni che la tua scuola possa fare di più per formare gli studenti in materia di sicurezza e salute (se si, specificare cosa)?	☐	☐	☐
25	Ti piacerebbe essere maggiormente informato sulle norme di sicurezzae prevenzione degli incidenti?	☐	☐	☐
26	Se si, su quali argomenti preferiresti essere informato e formato?	☐	☐	☐
27	Ritieni che nella tua scuola ci siano stati, negli ultimi anni, cambiamenti positivi riguardo a:	☐	☐	☐
a	formazione degli alunni sulla salute e sulla sicurezza	☐	☐	☐
b	bmiglioramento degli spazi e degli arredi	☐	☐	☐
c	criduzione dei fattori di disagio o di rischio	☐	☐	☐

Classe ..... Data .....

Quadro 1 - Schema riassuntivo risposte per i tre Istituti

Tutti i dati	Istituto 1			Istituto 2			Istituto 3		
Domanda	Si	Non so	No	Si	Non so	No	Si	Non so	No
1	18,9	15,7	17,2	3,9	6,9	89,2	17,2	10,2	72,5
2	64,1	16,4	35,5	5,9	2,9	91,2	35,5	15,1	49,4
3	24,9	0,4	50,0	62,4	0,0	37,6	50,0	0,4	49,6
4	24,5	53,8	14,3	5,0	48,5	46,5	14,3	57,9	27,8
5	37,3	17,4	41,0	47,1	16,7	36,3	41,0	18,0	41,0
6	33,8	10,7	22,6	32,7	17,8	49,5	22,6	11,5	65,8
7	49,3	25,4	54,3	29,0	25,0	46,0	54,3	23,7	22,0
8a	59,2	15,8	75,6	80,4	7,8	11,8	75,6	11,2	13,2
8b	54,2	15,1	54,1	52,5	14,9	32,7	54,1	15,2	30,7
8c	77,2	13,7	66,7	51,5	25,7	22,8	66,7	19,8	13,6
9	81,0	6,7	67,8	79,2	2,0	18,8	67,8	10,7	21,5
10	12,6	9,1	26,2	21,8	7,9	70,3	26,2	7,8	66,0
11	39,3	16,8	32,4	44,6	11,9	43,6	32,4	13,5	54,1
12	71,9	11,9	62,3	56,4	18,8	24,8	62,3	12,7	25,0
13	15,5	24,0	41,3	20,2	39,4	40,4	41,3	28,1	30,6
14a	38,2	30,0	26,5	25,5	35,7	38,8	26,5	35,3	38,2
14b	31,0	34,9	29,8	24,2	28,3	47,5	29,8	31,8	38,4
14c	16,9	34,9	14,5	21,2	37,4	41,4	14,5	41,0	44,4
14d	63,0	13,7	44,1	37,8	29,6	32,7	44,1	26,7	29,2
14e	32,1	34,3	29,4	22,8	29,3	47,8	29,4	26,0	44,6
14f	29,7	55,9	33,6	37,9	35,8	26,3	33,6	46,0	20,4
14g	43,1	37,7	37,5	56,1	27,6	16,3	37,5	38,3	24,2
14h	17,4	38,8	20,3	16,5	29,7	53,8	20,3	30,7	48,9
14i	34,5	39,9	27,9	28,0	44,1	28,0	27,9	39,1	33,0
15	6,4	9,9	13,3	6,1	5,1	88,8	13,3	6,7	80,0
16	12,1	29,2	26,7	20,6	20,6	58,8	26,7	24,2	49,2
17	54,8	34,3	34,6	17,2	57,6	25,3	34,6	40,3	25,1
18	29,2	11,7	15,2	22,2	9,1	68,7	15,2	16,0	68,7
19	6,4	34,0	13,4	12,9	33,3	53,8	13,4	29,0	57,6
20	14,0	0,4	16,9	13,5	1,0	85,4	16,9	0,8	82,2
21	55,4	30,1	39,3	50,0	17,0	33,0	39,3	21,8	38,9
22	73,6	17,1	24,6	27,0	38,0	35,0	24,6	41,3	34,2
23	13,6	15,0	11,9	25,0	16,0	59,0	11,9	14,4	73,7
24	27,0	43,9	37,6	46,5	43,4	10,1	37,6	43,8	18,6
25	42,8	31,7	51,9	59,4	19,8	20,8	51,9	21,0	27,2
27a	54,6	33,0	15,3	14,1	38,4	47,5	15,3	47,1	37,6
27b	18,4	36,8	14,1	13,3	16,3	70,4	14,1	33,6	52,3
27c	34,8	47,0	14,6	12,4	32,0	55,7	14,6	42,3	43,1

Quadro 2 - Schema riassuntivo risposte Istituto 1

Tutti i dati	Sede Succursale			Sede Centrale		
Domanda	Si	Non so	No	Si	Non so	No
1	25,3	10,5	64,2	21,2	13,8	65,0
2	55,6	17,3	27,2	61,0	16,7	22,3
3	17,9	0,0	82,1	22,4	0,2	77,4
4	21,0	54,3	24,7	23,2	0,0	22,8
5	29,0	18,5	52,5	34,3	17,8	47,9
6	47,5	8,2	44,3	38,7	9,8	51,5
7	54,1	20,8	25,2	51,0	23,7	25,3
8a	60,6	12,5	26,9	59,7	14,6	25,7
8b	50,3	20,1	29,6	52,8	16,9	30,2
8c	74,5	14,9	10,6	76,2	14,1	9,6
9	73,8	13,1	13,1	78,4	9,0	12,6
10	31,7	14,3	54,0	19,5	11,0	69,5
11	29,8	14,3	55,9	35,9	15,9	48,2
12	65,2	13,0	21,7	69,5	12,3	18,2
13	23,0	24,8	52,2	18,2	24,3	57,4
14a	47,2	19,5	33,3	41,4	26,2	32,4
14b	22,5	45,0	32,5	27,9	38,5	33,6
14c	15,2	35,4	49,4	16,3	35,1	48,6
14d	60,0	13,8	26,3	61,9	13,7	24,3
14e	38,5	27,6	34,0	34,4	31,9	33,7
14f	36,9	46,3	16,9	32,3	52,4	15,3
14g	38,0	36,1	25,9	41,2	37,1	21,6
14h	18,7	26,0	55,3	17,9	34,3	47,8
14i	29,1	44,4	26,5	32,6	41,5	25,9
15	19,7	17,2	63,1	11,2	12,5	76,3
16	10,3	36,5	53,2	11,4	31,8	56,8
17	52,2	33,8	14,0	53,9	34,1	12,0
18	16,0	14,7	69,2	24,5	12,8	62,7
19	4,1	39,5	56,5	5,6	35,9	58,5
20	10,4	0,0	89,6	12,7	0,2	87,1
21	53,2	29,2	17,5	54,7	29,8	15,6
22	50,0	35,1	14,9	65,2	23,5	11,3
23	13,0	21,4	65,6	13,4	17,3	69,4
24	30,6	41,4	28,0	28,3	43,0	28,7
25	32,1	31,4	36,5	38,9	31,6	29,5
27a	49,0	35,7	15,3	52,6	34,0	13,5
27b	17,8	39,5	42,7	18,2	37,8	44,1
27c	35,9	41,7	22,4	35,2	45,1	19,7

Quadro 3 - Schema riassuntivo risposte Istituto 1, suddivise per classi

Istituto 1	Prime classi			Seconde classi			Terze classi			Quarte classi			Quinte classi		
Domanda	Si	Non so	No	Si	Non so	No	Si	Non so	No	Si	Non so	No	Si	Non so	No
1	41,0	19,5	39,6	22,7	23,2	54,2	20,9	9,9	69,3	18,0	7,6	74,4	19,7	12,2	68,2
2	69,6	15,0	15,5	62,2	22,6	15,3	67,6	13,7	18,7	59,4	21,2	19,4	38,5	13,0	48,5
3	16,6	0,0	83,4	17,1	0,6	82,4	20,9	0,0	79,1	19,8	0,0	80,2	19,0	0,0	81,1
4	37,0	43,6	19,5	19,9	61,3	18,9	26,9	56,1	17,1	10,5	69,8	19,8	14,9	48,9	36,3
5	56,0	20,3	23,8	23,5	18,6	58,0	25,3	10,0	64,8	35,6	13,0	51,5	29,3	30,0	40,8
6	25,8	13,0	61,3	26,8	10,3	63,0	49,2	2,3	48,6	58,6	13,7	27,8	47,8	7,5	44,8
7	69,4	20,6	10,0	57,0	23,9	19,2	47,5	16,3	36,3	35,3	36,3	28,5	63,3	12,2	24,6
8a	54,6	16,3	29,1	76,2	12,0	11,9	57,7	13,7	28,7	49,3	18,4	32,4	57,2	12,2	30,7
8b	60,1	17,9	22,0	67,9	15,9	16,3	51,4	17,3	31,4	33,2	20,5	46,4	51,7	18,4	30,0
8c	56,4	36,6	7,1	78,4	13,7	7,9	86,2	7,8	6,1	78,1	10,4	11,5	78,8	6,2	15,1
9	76,4	17,7	6,0	78,8	8,6	12,7	76,0	7,9	16,2	64,4	26,6	9,1	79,5	2,1	18,5
10	18,2	17,1	64,8	41,8	7,3	50,9	29,7	7,2	63,2	28,0	21,9	50,1	17,8	11,6	70,7
11	34,4	14,4	51,3	26,9	13,7	59,5	35,2	8,3	56,6	40,6	18,0	41,5	25,7	18,4	56,0
12	65,9	20,1	14,0	64,9	13,8	21,3	62,6	12,6	24,8	70,9	12,9	16,2	75,5	6,8	17,7
13	11,9	42,9	45,3	19,9	26,0	54,2	25,2	17,6	57,2	33,4	16,9	49,7	11,0	25,4	63,7
14a	36,9	21,5	41,7	26,6	30,1	43,4	47,0	17,4	35,7	60,1	20,5	19,5	43,2	25,7	31,2
14b	18,8	49,4	31,9	27,7	46,9	25,5	21,8	45,8	32,5	36,1	29,5	34,5	23,9	40,9	35,3
14c	16,9	34,9	48,3	18,2	29,0	52,9	17,3	32,4	50,3	11,7	54,5	33,8	17,0	27,2	55,9
14d	59,9	16,4	23,8	58,5	6,8	34,8	67,0	12,1	20,9	59,4	14,0	26,6	58,6	17,7	23,8
14e	28,9	43,5	27,7	21,8	36,9	41,4	45,1	20,8	34,1	44,2	32,7	23,1	38,7	22,8	38,6
14f	26,4	61,9	11,8	27,9	59,0	13,2	43,4	35,8	20,9	48,3	42,8	9,0	27,2	55,2	17,7
14g	36,0	33,6	30,5	32,8	37,3	29,9	49,4	30,2	20,5	32,5	48,3	19,3	41,4	40,9	17,8
14h	20,8	34,7	44,6	8,9	24,8	66,4	13,5	28,3	58,3	28,9	30,6	40,6	19,1	32,6	48,4
14i	19,3	51,7	29,0	26,5	46,0	27,6	37,0	33,0	30,1	40,9	35,1	24,1	27,1	52,5	20,5
15	30,5	28,4	41,2	9,9	14,5	75,7	14,2	8,6	77,3	4,1	17,7	78,3	14,4	8,8	76,9
16	19,9	36,1	44,1	3,9	41,4	54,8	11,8	28,3	60,0	6,9	32,7	60,5	11,0	33,6	55,5
17	58,0	31,2	10,9	50,4	35,3	14,3	55,1	29,0	15,9	51,5	42,1	6,5	54,4	30,0	15,7
18	17,1	17,6	65,3	16,6	14,8	68,7	20,0	4,0	76,0	34,5	9,7	55,8	10,1	23,3	66,7
19	3,2	34,4	62,5	6,8	43,3	49,9	3,8	29,4	66,9	9,3	37,3	53,5	2,9	37,9	59,3
20	6,5	0,6	93,0	7,6	0,0	92,5	12,8	0,0	87,2	13,3	0,0	86,7	16,0	0,0	84,0
21	46,8	41,3	12,0	55,9	30,7	13,5	56,8	16,6	26,7	68,0	27,7	4,4	52,0	26,7	21,3
22	57,2	34,8	8,0	55,9	27,4	16,8	60,4	29,1	10,6	59,1	20,5	20,5	59,0	30,1	11,0
23	9,1	29,6	61,4	13,5	27,3	59,3	12,2	16,9	71,0	16,5	11,2	72,4	14,2	11,0	74,9
24	30,9	53,9	15,3	33,2	45,9	20,9	29,1	38,5	32,5	30,7	38,1	31,3	27,3	31,3	41,5
25	44,5	32,2	23,3	39,2	39,2	21,6	34,7	26,0	39,4	44,0	24,1	32,0	22,1	35,5	42,5
27a	43,2	54,7	2,2	46,3	37,6	16,2	61,2	23,0	15,9	52,1	28,8	19,2	53,6	26,7	19,8
27b	19,7	73,9	6,5	21,5	36,5	42,1	13,6	30,1	56,4	21,9	19,4	58,7	18,4	26,6	55,1
27c	37,1	58,5	4,5	26,5	56,9	16,6	37,1	34,7	28,2	34,5	31,2	34,3	48,3	32,0	19,8

Quadro 4 - Schema riassuntivo risposte Istituto 2, suddivise per classi

Istituto 2	Seconde classi			Terze classi			Quarte classi			Quinte classi		
Domanda	Si	Non so	No	Si	Non so	No	Si	Non so	No	Si	Non so	No
1	0,0	7,1	92,9	6,3		93,8	4,3	2,1	93,6	4,0	20,0	76,0
2	0,0	0,0	100	6,3	12,5	81,3	10,6	2,1	87,2			100,0
3	78,6	0,0	21,4	68,8		31,3	55,3		44,7	60,0		36,0
4	0,0	0,0	35,7	6,3		68,8	2,1		46,8	12,0		36,0
5	0,0	42,9	57,1	68,8	12,5	18,8	51,1	10,6	38,3	52,0	16,0	32,0
6	35,7	35,7	21,4	31,3		68,8	31,9	14,9	53,2	32,0	20,0	44,0
7	0,0	35,7	64,3	31,3	50,0	18,8	31,9	10,6	53,2	36,0	28,0	36,0
8a	57,1	21,4	21,4	93,8		6,3	83,0	4,3	12,8	80,0	12,0	8,0
8b	14,3	21,4	64,3	68,8	12,5	12,5	51,1	12,8	36,2	64,0	16,0	20,0
8c	28,6	28,6	42,9	62,5	31,3		48,9	25,5	25,5	60,0	20,0	20,0
9	71,4	7,1	21,4	62,5		37,5	80,9	2,1	14,9	88,0		12,0
10	28,6	14,3	57,1	50,0		50,0	19,1	8,5	70,2	4,0	8,0	88,0
11	57,1	0,0	42,9	31,3	12,5	56,3	44,7	10,6	42,6	44,0	20,0	36,0
12	42,9	35,7	21,4	75,0	18,8	6,3	44,7	19,1	34,0	72,0	8,0	20,0
13	14,3	21,4	64,3	31,3	25,0	43,8	12,8	44,7	36,2	28,0	44,0	28,0
14a	35,7	21,4	42,9	18,8	37,5	37,5	25,5	36,2	29,8	20,0	32,0	48,0
14b	21,4	28,6	50,0	25,0	25,0	50,0	19,1	31,9	38,3	32,0	20,0	48,0
14c	35,7	28,6	35,7	12,5	37,5	50,0	14,9	40,4	38,3	28,0	32,0	40,0
14d	78,6	14,3	7,1	18,8	18,8	62,5	27,7	38,3	25,5	36,0	24,0	36,0
14e	28,6	28,6	35,7	6,3	18,8	56,3	25,5	34,0	31,9	12,0	16,0	60,0
14f	64,3	21,4	7,1	12,5	50,0	31,3	36,2	31,9	25,5	32,0	32,0	28,0
14g	78,6	14,3	7,1	37,5	31,3	31,3	42,6	25,5	19,1	64,0	32,0	4,0
14h	28,6	7,1	50,0	12,5	18,8	56,3	14,9	27,7	42,6	8,0	40,0	52,0
14i	35,7	42,9	7,1	18,8	37,5	31,3	19,1	38,3	31,9	36,0	44,0	20,0
15	0,0	7,1	78,6	6,3	6,3	87,5	8,5	4,3	83,0	4,0	4,0	92,0
16	21,4	28,6	35,7	6,3	12,5	81,3	17,0	17,0	61,7	32,0	24,0	40,0
17	7,1	78,6	0,0	12,5	56,3	31,3	19,1	44,7	34,0	20,0	64,0	16,0
18	14,3	35,7	35,7	31,2		68,8	21,3	6,4	70,2	20,0	4,0	76,0
19	14,3	14,3	50,0	6,3	43,8	37,5	14,9	31,9	51,1	8,0	28,0	52,0
20	21,4	0,0	64,3	12,5		87,5	12,8		78,7	8,0		88,0
21	71,4	14,3	7,1	25,0	18,8	56,3	61,7	10,6	25,5	28,0	28,0	44,0
22	14,3	71,4	7,1	25,0	43,8	31,3	27,7	25,5	44,7	32,0	36,0	32,0
23	21,4	28,6	42,9	43,8	12,5	43,8	23,4	14,9	59,6	16,0	12,0	72,0
24	42,9	35,7	14,3	37,5	56,3	6,3	44,7	42,6	10,6	52,0	36,0	8,0
25	14,3	28,6	50,0	75,0	25,0		61,7	12,8	14,9	56,0	20,0	24,0
27a	21,4	42,9	28,6	6,3	50,0	43,8	14,9	38,3	42,6	12,0	24,0	64,0
27b	7,1	28,6	57,1	6,3	50,0	31,3	19,1	17,0	59,6	8,0	8,0	80,0
27c	14,3	42,9	35,7	6,3	12,5	68,8	14,9	31,9	46,8	8,0		44,0

Quadro 5 - Schema riassuntivo risposte Istituto 3, suddivise per classi

Istituto 3	Prime classi			Seconde classi			Terze classi			Quarte classi		
Domanda	Si	Non so	No	Si	Non so	No	Si	Non so	No	Si	Non so	No
1	19,8	14,2	66,0	21,0	9,7	69,4	13,8	6,9	77,6	100	0,0	0,0
2	44,3	16,0	39,6	32,3	16,1	51,6	34,5	17,2	48,3	15,8	84,2	0,0
3	41,5	0,0	58,5	51,6	1,6	46,8	53,4	0,0	46,6	63,2	36,8	0,0
4	18,9	61,3	19,8	12,9	61,9	24,2	12,1	53.4	34,5	26,3	63,2	10,5
5	42,5	16,0	41,5	35,5	21,0	41,9	36,2	20,7	43,1	57,9	26,3	15,8
6	17,0	10,4	71,7	21,0	9,7	69,4	32,8	13,8	51,7	31,6	52,6	15,8
7	55,7	20,8	23,6	50,0	41,9	8,1	56,9	12,1	31,0	5,3	78,9	10,5
8a	72,6	12,3	14,2	71,0	16,1	11,3	81,0	3,4	15,5	10,5	84,2	5,3
8b	56,6	16,0	27,4	48,4	12,9	37,1	44,8	19,0	36,2	5,3	84,2	10,5
8c	62,3	27,4	9,4	64,5	12,9	21,0	69,0	15,5	15,5	84,2	10,5	5,3
9	69,8	13,2	15,1	69,4	11,3	19,4	77,6	6,9	13,8	36,8	63,2	0,0
10	17,0	9,4	73,6	30,6	6,5	62,9	25,9	8,6	63,8	78,9	10,5	10,5
11	26,4	12,3	60,4	45,2	9,7	45,2	36,2	20,7	43,1	42,1	47,4	10,5
12	64,2	14,2	21,7	59,7	16,1	22,6	65,5	6,9	27,6	5,3	52,6	42,1
13	24,5	34,9	38,7	61,3	17,7	21,0	44,8	20,7	32,8	47,4	47,4	5,3
14a	19,8	39,6	35,8	29,0	21,0	46,8	25,9	34,5	39,7	42,1	31,6	26,3
14b	30,2	29,2	39,6	24,2	35,5	37,1	29,3	31,0	39,7	5,3	21,1	73,7
14c	6,6	37,7	50,9	19,4	40,3	35,5	24,1	46,6	24,1	42,1	26,3	21,1
14d	39,6	23,6	33,0	40,3	25,8	29,0	50,0	29,3	20,7	42,1	10,5	47,4
14e	26,4	20,8	48,1	21,0	33,9	38,7	32,8	25,9	32,8	68,4	15,8	15,8
14f	27,4	45,3	21,7	21,0	50,0	25,8	41,4	44,8	10,3	57,9	26,3	15,8
14g	31,1	37,7	29,2	38,7	35,5	24,2	37,9	43,1	15,5	15,8	31,6	52,6
14h	17,9	27,4	49,1	17,7	27,4	46,8	24,1	32,8	37,9	36,8	31,6	31,6
14i	20,8	46,2	29,2	33,9	21,0	37,1	25,9	39,7	29,3	94,7	0,0	5,3
15	22,6	5,7	71,7	8,1	11,3	75,8	5,2	3,4	87,9	10,5	36,8	47,4
16	23,6	24,5	50,9	27,4	24,2	45,2	25,9	13,8	58,6	100	0,0	0,0
17	38,7	37,7	22,6	37,1	38,7	24,2	32,8	43,1	22,4	47,4	5,3	47,4
18	12,3	15,1	71,7	9,7	16,1	72,6	27,6	15,5	56,9	68,4	10,5	21,1
19	6,6	34,0	57,5	16,1	24,2	54,8	22,4	20,7	55,2	52,6	10,5	31,6
20	11,3	0,0	84,9	24,2	3,2	66,1	19,0	0,0	81,0	84,2	10,5	0,0
21	47,2	19,8	30,2	33,9	29,0	35,5	34,5	17,2	44,8	68,4	15,8	15,8
22	34,0	42,5	19,8	19,4	33,9	46,8	15,5	44,8	39,7	47,4	10,5	36,8
23	17,0	12,3	68,9	6,5	14,5	79,0	10,3	19,0	70,7	84,2	5,3	10,5
24	32,1	44,3	22,6	29,0	43,5	24,2	48,3	43,1	8,6	5,3	57,9	36,8
25	50,0	21,7	26,4	41,9	21,0	37,1	53,4	24,1	22,4	10,5	84,2	5,3
27a	13,2	56,6	27,4	16,1	46,8	37,1	20,7	27,6	51,7	47,4	5,3	47,4
27b	7,5	51,9	37,7	19,4	19,4	61,3	20,7	15,5	62,1	63,2	10,5	26,3
27c	12,3	56,6	27,4	8,1	40,3	50,0	29,3	22,4	46,6	84,2	0,0	15,8