



LA SCUOLA CHE VOGLIAMO

**SPUNTI, ORIENTAMENTI,
INDICAZIONI OPERATIVE
PER LA COSTRUZIONE/RISTRUTTURAZIONE
DI SCUOLE A MISURA DI BAMBINO**

a cura di

Maria Grazia Sapia

(Responsabile Ambiente *Società Italiana di Pediatria*)

Martino Maria Rizzo

(Consulente)

INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto a seguito di alcune considerazioni:

- 1) negli edifici scolastici i bambini trascorrono obbligatoriamente da 4 a 8 ore al giorno, per almeno 10 anni;
- 2) i bambini sono più sensibili all'effetto degli inquinanti rispetto agli adulti e, come è noto, le prime età della vita sono le più importanti per lo sviluppo di sensibilizzazione allergica, pertanto la qualità dell'aria nelle scuole anche relativamente a quest'aspetto, appare di primaria importanza;
- 3) la qualità dello spazio educativo svolge un ruolo fondamentale nella formazione dell'identità del bambino e nello sviluppo delle sue potenzialità: l'ambiente scolastico, le attrezzature, gli arredi, gli oggetti sono interlocutori importanti che influenzano i comportamenti e la vita di relazione. Il bambino si sente sicuro in una scuola che lo protegga da situazioni di stress visivo o sonoro, che favorisca lo scambio comunicativo fra bambini e con gli adulti, che sia realizzata come un organismo architettonico omogeneo, ma con spazi articolati e differenziati, diversamente connotati con arredi e materiali (in relazione all'uso), tali da sollecitare positivamente all'esperienza, all'interazione, al gioco;
- 4) la scuola, specie nella prima infanzia, non dovrebbe avere le caratteristiche di un luogo istituzionale, ma essere percepita dai bambini come un luogo familiare, una realtà loro appartenente;
- 5) la scuola è anche un luogo di lavoro: in Italia si stima che il 15% della popolazione, circa 10.000.000 persone, fra alunni e docenti, studi o lavori ogni giorno in circa 32.000 edifici scolastici.

Dal momento che il raggiungimento di una situazione senza rischi appare improbabile, l'obiettivo di tutti deve essere quello di cercare di minimizzare i rischi per la salute dei bambini, attraverso il raggiungimento di un maggior confort degli ambienti scolastici. Infatti, paradossalmente, a fronte di una accresciuta consapevolezza su alcune problematiche e nonostante i progressi e le conoscenze in campo edilizio e tecnologico, le scuole sono diventate sempre meno consone alle esigenze dei bambini, inadeguate per dimensioni, proporzioni, materiali e apparecchiature, insalubri per ubicazione ed esposizione, tecniche edilizie e materiali da costruzione impiegati, ed anche poco confortevoli, del tutto inadeguate alla complessità delle funzioni oggi attribuite alla "scuola". Spesso, inoltre, nel caso di interventi di adeguamento e ristrutturazione, le soluzioni adottate (ad es. l'installazione sistematica di impianti di condizionamento per far fronte ai problemi determinati dai cambiamenti climatici) non sembrano molto razionali, dal momento che produrranno un ulteriore aumento della temperatura e dell'inquinamento, un eccessivo consumo di energia elettrica e favoriranno lo stazionamento forzato all'interno dei locali, costringendo a rinunciare ad elementi indispensabili per i bambini: il movimento, l'aria aperta e pulita e la socializzazione.

Per ciò che riguarda la biocompatibilità, l'igiene ed il comfort, l'attuale situazione degli ambienti scolastici risulta critica: gli edifici scolastici presentano frequentemente gravi problemi igienico-

sanitari, a causa della cattiva qualità delle costruzioni, della scarsa manutenzione e per problemi collegati al cattivo condizionamento dell'aria. Spesso si riscontrano alti livelli di VOC, di allergeni e di muffe, isolamento e inerzia termica inadeguati (ponti termici, umidità da condensa), scarsa tenuta all'aria e all'acqua (infiltrazioni d'acqua, muffe) e presenza di radon. Inoltre, molti edifici sono inseriti in contesti poco salubri a causa dell'inquinamento atmosferico, acustico, elettromagnetico e della mancanza di verde. Difficilmente nell'affidamento di incarichi di costruzione o ristrutturazione di scuole vengono inseriti parametri di qualità, e spesso gli aspetti igienici passano in secondo piano: ne risultano ambienti poco funzionali, edifici orientati senza tenere conto dell'esposizione al sole e alle correnti d'aria (tanto da richiedere necessariamente sistemi spinti di riscaldamento e raffrescamento), utilizzazione di materiali pericolosi per la salute, concentrazione di sostanze inquinanti anche più elevata rispetto a quella misurata all'aperto, con conseguente peggioramento della qualità dell'aria indoor.

Per tutti questi motivi si è ritenuto necessario definire il presente documento, contenente alcune indicazioni operative, da intendere quali strumento per assistere nelle decisioni progettuali, ausilio nella pratica professionale dei tecnici incaricati, strumento di orientamento verso scelte ottimali, documento che potrà anche avere funzione educativa, di formazione e aggiornamento, rappresentando una sintesi critica delle informazioni ad oggi disponibili. Tali indicazioni operative, devono essere considerate integrative delle norme vigenti, il cui rispetto resta cogente; in particolare:

- Conformità urbanistica;
- Conformità funzionale: verificata sulla base del D.M. 18.12.1975 "Norme tecniche aggiornate relative alla edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica";
- Conformità alle norme igienico sanitarie: per gli aspetti aeroilluminati, dimensionali, impiantistici, di igiene alimenti, dotazioni igienico sanitarie, trattamento reflui, ecc.;
- Conformità alle norme antincendio: con riferimento in particolare alle norme del D.M. 26.8.1992 (Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica), e a quelle ad esse collegate (norme di prevenzione incendi nei luoghi di lavoro, impianti termici, ecc.);
- Conformità alle norme per i disabili: per l'accessibilità, visibilità e adattabilità ai sensi della normativa vigente per gli edifici, spazi e servizi pubblici, di cui al D.M. 14.6.1989, n.236 e al successivo D.P.R. 24.7.1996, n.503.
- Compatibilità bioclimatica ed ambientale: con specifico riferimento al massimo possibile soddisfacimento del confort abitativo, igrotermico, isolamento acustico, confort luminoso, purezza dell'aria, ecc.
- Conformità alle norme tecniche impiantistiche, le cui principali sono riportate di seguito:

Inquinamento idrico

- Legge n.36 del 5/1/94 "*Disposizioni in materia di risorse idriche*";
- D.L.vo. n.152/2006, "*Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*";
- Gazzetta Ufficiale n. 28 Febbraio 2005 Provvedimento 13 gennaio 2005 "*Accordo, ai sensi dell'articolo 4 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, tra il Ministro della salute e le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, avente ad oggetto «Linee guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico ricettive e termali»*"

Inquinamento acustico

- DPCM 1/3/91, "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*";

- Legge 26/10/95, n.447, “Legge quadro sull’inquinamento acustico”;
- DPCM 5/12/97, "Determinazione dei requisiti acustici passivi negli edifici";
- DPCM 14/11/97, “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”;

Inquinamento elettromagnetico

- Decreto 10/9/98, n.381, “Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana”;
- D.L.vo 26/5/00, 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”;
- Legge 22/2/01, n.36, “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;

Fonti rinnovabili di energia

- Legge 10/1/91, n.10, "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia";
- DPR 412/93, "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4 della Legge 10/91";
- DM 27 luglio 2005, Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311
- D.M. 21/12/01, "Programma di incentivazione dei frigoriferi ad alta efficienza energetica e di attuazione delle analisi energetiche negli edifici";

Impianti meccanici

- UNI EN 12831:2006 - “Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto”;
- UNI 5364, "Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Regole per la presentazione dell'offerta e per il collaudo";
- UNI 8723, "Impianti a gas per apparecchi utilizzatori in cucine professionali e di comunità. Prescrizioni di sicurezza";
- UNI EN 832:2001 – “Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali.”;
- UNI EN ISO 10077-1:2002 – “Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato”;
- UNI 10347, "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante. Metodo di calcolo"
- UNI 10348, "Riscaldamento degli edifici. Rendimento dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo";
- UNI 10349, "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici";
- UNI 10351, "Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore";
- UNI 10355, "Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodi di calcolo";
- UNI 10339, "Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura";
- UNI EN 12237:2004 –“ Ventilazione degli edifici - Reti delle condotte - Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica”
- UNI 9165, "Reti di distribuzione gas con pressioni massime di esercizio minori o uguali a 5 bar. Progettazioni, costruzioni e collaudi";
- UNI 9860, “Impianti di derivazione di utenza del gas - Progettazione, costruzione, collaudo, conduzione, manutenzione e risanamento”
- Circ. Min. LLPP n. 13011 del 22/11/74;
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311;

Impianti idrosanitari e di scarico

- UNI 9182, "Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda. Criteri di progettazione, collaudo e gestione";

- UNI 12056, "*Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici*".

Impianti di estinzione incendi

- UNI EN 14384:2006 – "*Idranti antincendio a colonna soprasuolo*"

- UNI EN 12845:2005 – "*Installazioni fisse antincendio - Sistemi automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione*"

- UNI 9494, "*Evacuatori di fumo e calore: caratteristiche, dimensionamento e prove*";

- UNI 10779. "*Impianti di estinzione incendi - Reti di idranti - Progettazione, installazione ed esercizio*".

1. LA NORMATIVA VIGENTE

Questo documento è stato redatto a supporto della corretta ed efficace applicazione delle normative nazionali, regionali e locali vigenti, in materia di edilizia scolastica, di abbattimento delle barriere architettoniche, di prevenzione incendi, di risparmio energetico, di sicurezza sul lavoro, di sicurezza degli impianti, ecc., associando ad esse indicazioni per la prevenzione di alcuni rischi emergenti, causa certa o sospetta di patologie dei bambini. Cerca inoltre di incentivare l'idea di una scuola sostenibile, che si propone di rispettare il contesto ambientale e paesaggistico in cui si colloca, integrandosi urbanisticamente con le forme e gli spazi circostanti, consentendo l'uso di materiali tipici del luogo (se possibile), garantendo una chiarezza distributiva che consenta di rispondere efficacemente all'uso complessivo dell'edificio da parte di tutti e far coincidere la crescita del bambino (e quindi la sua maggiore autonomia) con una più complessa distribuzione funzionale degli ambienti didattici. Soprattutto nelle scuole dell'infanzia, ma anche per quelle destinate a bambini più grandi, si propone inoltre di riservare una particolare attenzione agli spazi all'aperto, che devono costituire una grossa risorsa per l'insegnamento, il gioco, l'osservazione, la creatività e la socializzazione del bambino, attraverso un vero e proprio "progetto verde", con la sistemazione delle aree esterne, che rappresentino un unicum con l'edificio, e diventino una sorta di aula a cielo aperto, arricchite da piante autoctone, officinali e aromatiche, magari anche con funzione didattica, ed aventi valenza bioclimatica (la vegetazione, infatti, svolge un ruolo essenziale nel controllo microclimatico).

Attualmente, per le scuole, la normativa più recente risale al 1996 (Legge n.23 – Norme per l'edilizia scolastica). La Legge era stata emanata con le finalità di assicurare alle strutture edilizie una evoluzione in relazione alle nuove dinamiche formative, culturali, economiche e sociali:

- per garantire il soddisfacimento del fabbisogno di aule,
- la riqualificazione del patrimonio esistente,
- l'adeguamento alle norme vigenti in materia di agibilità, sicurezza e igiene,
- l'adeguamento alle esigenze della scuola in relazione ai processi di riforma degli ordinamenti e dei programmi,
- la disponibilità di impianti sportivi,
- la piena utilizzazione delle strutture scolastiche da parte della collettività.

Il Ministero della pubblica istruzione, di concerto con il Ministro dei lavori pubblici, avrebbe dovuto adottare, con proprio decreto, le norme tecniche contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale. Le Regioni, da parte loro, avrebbero dovuto approvare specifiche norme tecniche per la progettazione esecutiva degli interventi, definendo, in particolare, indici diversificati riferiti alla specificità dei centri storici e delle aree metropolitane, sulla base del Decreto Ministeriale previsto, non emanato. Fino all'approvazione delle norme regionali venivano considerati vigenti gli indici di riferimento contenuti nel decreto precedente (**D.M. 18 dicembre 1975** - Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di edilizia scolastica).

Per quanto datata, la norma indicata risulta essere un importante strumento da utilizzare, e può essere considerata avveniristica per l'epoca in cui fu emanata. Prevede infatti che le scuole siano inserite in un contesto urbanistico e sociale, e non rappresentino una entità autonoma, che abbiano una stretta relazione tra di loro, che siano integrabili sia spazialmente che nell'uso, con servizi sportivi, ricreativi, culturali, amministrativi, ecc. Riporta inoltre indicazioni sulle distanze e tempi massimi di percorrenza per raggiungere l'edificio, dimensioni minima e massima dell'edificio, ampiezza dell'area in relazione al numero di classi, superfici lorde per classe e per alunno, indici standard di superficie netta relativa alle specifiche scuole, ecc.

2. LOCALIZZAZIONE DELLA SCUOLA

Le localizzazioni relative all'edilizia scolastica debbono discendere da uno studio morfologico preliminare dell'ambiente, che valuti le conseguenze determinate dalla scuola nel contesto in cui viene inserita e precisi in quali modi la scuola favorisca lo scambio di relazioni sociali, assumendo, insieme con le altre componenti della struttura urbana, il carattere di strumento correttivo o incentivo della pianificazione urbanistica. Si dovrà, inoltre, tener conto:

- i) del tipo di scuola, dell'età e del numero degli alunni destinati a frequentarla;
- ii) del tempo massimo e del modo di percorrenza (a piedi, con veicoli, motoveicoli, autoveicoli pubblici o privati, servizi di trasporto scolastico, ecc.) tra la residenza degli alunni e la scuola e viceversa;
- iii) delle condizioni ambientali.

Quando la scuola è raggiungibile a piedi, il percorso casa-scuola deve essere agevole ed effettuabile nelle condizioni di massima sicurezza e, possibilmente senza attraversamenti di linee di traffico (stradale, tranviario, ferroviario, ecc.); quando gli alunni provengono da un più vasto ambito territoriale, l'ubicazione deve essere tale da garantire, nelle condizioni di massima sicurezza, un rapido collegamento tra la scuola e il territorio servito: si deve, pertanto, tener conto della vicinanza e della agevole raggiungibilità di nodi di traffico (stazioni ferroviarie, di metropolitana, di autobus, svincoli autostradali, ecc.) e di linee di comunicazione, nonché delle distanze e dei tempi di percorrenza massimi, in relazione ai modi di percorrenza ed ai tipi di scuola.

Per quanto riguarda le condizioni ambientali, la scuola dovrà essere ubicata:

- i) in località aperta, possibilmente alberata e ricca di verde, che consenta il massimo soleggiamento o che sia comunque, una delle migliori in rapporto al luogo;
- ii) lontana da strade di grande traffico, da strade ferrate e da aeroporti con intenso traffico, da industrie rumorose e dalle quali possono provenire esalazioni moleste e nocive, ecc.

Dimensioni della scuola.

Premesso che la scuola deve disporre di un minimo di servizi e di attrezzature affinché il processo educativo sia efficiente, la dimensione ottimale di un edificio scolastico è in funzione della necessità di assicurare che i raggruppamenti di alunni in relazione all'età, al grado e al tipo di scuola frequentata risultino socialmente educativi, dei programmi che, per ogni tipo di scuola, determinano la quantità e la qualità dei servizi e delle attrezzature, necessarie, del grado di utilizzazione dei servizi e delle attrezzature. Al fine di ottimizzare l'utilizzo dal punto di vista organizzativo, gestionale ed anche economico, sono stabilite dimensioni minime e massime, così previste:

- Scuola materna: si deve evitare, per quanto possibile, di realizzare edifici di dimensioni inferiori alle tre sezioni, antieconomiche e superiori a nove; dal punto di vista didattico e

logistico, inoltre, è opportuno prevedere, laddove possibile, edifici contigui per scuole materne ed elementari.

- Scuola elementare: con criteri analoghi a quelli indicati per la scuola materna la dimensione minima è fissata in 5 classi e quella massima in 25 classi;
- Scuola media: la dimensione minima è fissata in 6 classi e quella massima in 24 classi.

3. ANALISI PRELIMINARE DEL SITO PER LA SCELTA DELL'AREA

La scelta dell'area deve prevedere una serie di valutazioni ed analisi preliminari in base alle quali stabilire la fattibilità dell'intervento, anche in considerazione degli eventuali maggiori costi derivanti da interventi di minimizzazioni degli inquinamenti necessari a garantire i requisiti di qualità auspicati. Per ogni intervento deve essere effettuata l'analisi degli elementi ambientali e climatici che condizionano le scelte progettuali al fine di consentire il soddisfacimento delle esigenze di benessere termo-igrometrico in regime invernale ed estivo, l'igiene e la salute, il contenimento dei consumi. Le analisi da effettuare spesso rimandano a specifiche normative, la cui applicazione deve essere sempre rispettata. I dati sono forniti direttamente dai Comune o reperibili presso Enti competenti, nei Quadri conoscitivi degli strumenti di pianificazione o nei piani di settore.

E' necessario valutare la realtà ambientale, relativamente a:

- Dati climatici disponibili ed elementi dell'ambiente.
- Fattori di rischio idrogeologico.
- Contesto acustico.
- Sorgenti di campo elettromagnetico.
- Disponibilità di luce naturale.
- Disponibilità di fonti energetiche rinnovabili o assimilabili.
- Inquinamento dell'aria.
- Realtà territoriali specifiche.

Gli agenti fisici caratteristici del sito sono elementi che condizionano le scelte morfologiche del progetto architettonico e comportano valutazioni tecniche e tecnologiche adeguate in quanto è necessaria una loro conoscenza approfondita per consentire:

- il soddisfacimento delle esigenze di benessere, igiene e salute (disponibilità di luce naturale, clima acustico, campi elettromagnetici, accesso al sole, riparo dal vento, ecc.);
- l'uso coscienzioso delle risorse idriche;
- l'uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche al fine di realizzare il benessere ambientale (igrometrico, visivo, acustico, ecc.)

Per ridurre gli effetti di qualsiasi forma di inquinamento proveniente da fonti localizzate intorno al sito, le strategie progettuali e le tecnologie che si possono adottare sono principalmente le seguenti:

- localizzare gli spazi aperti sopra vento rispetto alle sorgenti inquinanti;
- localizzare gli spazi aperti lontano dai "canali" di scorrimento degli inquinanti (struttura orientata parallelamente alle correnti d'aria dominanti);
- utilizzare le aree perimetrali del sito come protezione dall'inquinamento, ad esempio creando rimodellamenti morfologici del costruito, a ridosso delle aree critiche;
- schermare i flussi d'aria, che si prevede possano trasportare sostanze inquinanti, con fasce vegetali composte da specie arboree e arbustive efficaci nell'assorbire le sostanze stesse (valutare la densità della chioma, i periodi di fogliazione e defogliazione, dimensioni e forma, accrescimento);
- utilizzare barriere artificiali, con analoghe funzioni di schermatura;
- localizzare la struttura e gli elementi d'arredo degli spazi esterni, in modo tale da favorire l'allontanamento degli inquinanti;

- ridurre le fonti di inquinamento all'interno dell'area del sito di progetto;
- introdurre elementi naturali/artificiali con funzione di barriera ai flussi d'aria trasportanti sostanze inquinanti;
- prevedere la massima riduzione del traffico veicolare intorno all'area favorendo l'accesso ciclabile e pedonale alla struttura;
- mantenere una distanza di sicurezza tra le sedi viarie interne all'insediamento, o perimetrali, e le aree destinate ad usi ricreativi.

Tali valutazioni sarebbero opportune anche in caso di ristrutturazioni di edifici esistenti, sebbene in tali circostanze le possibilità di intervento in caso di situazioni compromesse, siano abbastanza limitate e costose.

Caratteristiche generali.

L'area sulla quale si intende realizzare l'edificio deve avere le seguenti caratteristiche specifiche:

- i) deve essere generalmente di forma regolare e possibilmente pianeggiante;
- ii) non deve insistere su terreni umidi o soggetti a infiltrazioni o ristagni e non deve ricadere in zone franose o potenzialmente tali;
- iii) deve avere accessi sufficientemente comodi ed ampi muniti di tutte le opere stradali che assicurino una perfetta viabilità;
- iv) deve consentire l'arretramento dell'ingresso principale rispetto al filo stradale in modo da offrire sufficiente sicurezza all'uscita degli alunni;
- v) non deve avere accessi diretti da strade statali e provinciali.
- vi) L'area non coperta dagli edifici deve essere congruamente alberata, sistemata a verde, e attrezzata per consentire un corretto utilizzo

Ampiezza.

L'ampiezza dell'area dovrà essere tale da garantire, per ogni tipo di scuola ed in funzione dei programmi didattici:

- i) la costruzione dell'edificio nel rispetto delle esigenze scolastiche;
- ii) le successive trasformazioni ed ampliamenti dell'edificio che dovessero rendersi necessarie al fine di adeguarlo ad ulteriori e/o nuove esigenze di ordine didattico;
- iii) la realizzazione degli spazi all'aperto.

L'ampiezza minima per alunno, che ogni area deve avere, è prevista in 25 mq. per la scuola materna, compresa tra 18,33 e 22,71 mq (in base al numero di classi) per la scuola elementare, e tra 27,00 e 21,00 mq (in base al numero di classi) per la scuola media.

L'area coperta dagli edifici non deve essere superiore alla terza parte dell'area totale.

Clima igrotermico e precipitazioni

In primo luogo devono essere reperiti i dati relativi alla localizzazione geografica dell'area di intervento (latitudine, longitudine e altezza media sul livello del mare). Gli elementi reperiti vanno adattati alla zona oggetto di analisi per tenere conto di fattori che possono influenzare la formazione di un microclima caratteristico conseguente a:

- topografia: altezza relativa, pendenza del terreno e suo orientamento, ostruzioni alla radiazione solare ed al vento, nei diversi orientamenti;
- relazione con l'acqua;
- relazione con la vegetazione;

- tipo di forma urbana, densità edilizia, altezza degli edifici, tipo di tessuto urbano (orientamento degli edifici nel lotto e rispetto alla viabilità, rapporto reciproco tra edifici, ecc.), previsioni urbanistiche.

Alcuni dati climatici possono risultare utili anche per l'analisi della disponibilità di luce naturale.

Fattori di rischio idrogeologico

È necessario innanzitutto osservare che la sicurezza del territorio è legata a due grandi macro aree di interesse: l'area della sicurezza idraulica e l'area della sicurezza geologica.

Per l' area d'interesse idraulico devono essere presi in considerazione:

- la possibilità che corsi d'acqua adiacenti (con una probabilità o tempo di ritorno adeguato, di solito 100 anni) escano dal loro alveo naturale per interessare le realtà urbanizzate. Tale rischio viene spesso sottovalutato, come dimostrano i danni conseguenti alle esondazioni che frequentemente interessano il nostro paese;
- la vicinanza con la falda freatica che, oltre a costituire un elemento di aumento della accelerazione sismica, talvolta interessa i locali posti nei seminterrati. In tal caso è necessario acquisire la massima altezza storica della falda o valutarne, in assenza del dato, l'entità.

Nell' area di interesse geologico devono considerarsi invece:

- la possibilità che il sito sia interessato da fenomeni di caduta massi;
- la possibilità che il sito sia interessato da fenomeni franosi di ampia portata, di solito riportati negli strumenti urbanistici o negli studi di settore;
- la possibilità che i terreni di posa della fondazioni abbiano scarsa capacità portante;
- la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione delle sabbie in presenza di determinate condizioni di eccesso d'acqua;
- il grado di sismicità della zona che, ai sensi della normativa, deve essere introdotto nel dimensionamento della strutture.

Infine si deve ricordare che esistono fenomeni a carattere geologico non sempre facilmente definibili. A questo proposito si suggerisce la consultazione di uno specialista, meglio se conoscitore dei luoghi, con una sufficiente esperienza in campo geologico.

Contesto acustico

Ai sensi della Legge 26 ottobre 1995 n.447 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) per clima acustico si intendono le condizioni sonore esistenti in una determinata porzione di territorio, derivanti dall'insieme di tutte le sorgenti sonore naturali e antropiche.

La valutazione di clima acustico è una ricognizione delle condizioni sonore abituali e di quelle massime ammissibili in una determinata area. Essa è finalizzata a evitare che il sito in cui si intende realizzare un insediamento sensibile al rumore come una scuola, sia caratterizzato da condizioni di rumorosità non compatibili con l'utilizzo dell'insediamento stesso.

In sintesi, occorre in primo luogo valutare la classe acustica dell'area di intervento e quella delle aree adiacenti, attraverso la zonizzazione acustica del Comune. Quindi sarà necessario procedere alla localizzazione e alla descrizione delle principali sorgenti di rumore (arterie stradali e ferroviarie, unità produttive, impianti di trattamento dell'aria, ecc.), che possono essere causa di inquinamento acustico tale da provocare il superamento dei livelli stabiliti dalla legge. Qualora la situazione dovesse richiederlo, si può procedere a rilievi strumentali dei livelli di pressione sonora in alcuni punti significativi all'interno ed in prossimità dell'area e alla successiva valutazione previsionale della distribuzione planimetrica dei livelli sonori.

Per minimizzare l'inquinamento acustico della struttura si possono attuare delle strategie quali:

- situare l'edificio alla massima distanza dalla sorgente di rumore e sfruttare l'effetto schermante di ostacoli naturali o artificiali (rilievi del terreno, fasce di vegetazione, altri edifici, ecc.);

- localizzare i locali che necessitano maggior silenzio (locali per il riposo) sul lato dell'edificio meno esposto al rumore esterno;
- utilizzare le aree perimetrali del sito come protezione dall'inquinamento, ad esempio creando rimodellamenti morfologici del costruito, a ridosso delle aree critiche;
- schermare le sorgenti di rumore con fasce vegetali composte da specie arboree e arbustive che possano contribuire all'attenuazione del rumore (valutare la densità della chioma, i periodi di fogliazione e defogliazione, dimensioni e forma, accrescimento);
- utilizzare barriere artificiali, con analoghe funzioni di schermatura;
- tendere alla massima riduzione del traffico veicolare all'interno dell'area favorendo l'accesso ciclabile e pedonale alla struttura;
- mantenere una distanza di sicurezza tra le sedi viarie interne all'insediamento, o perimetrali, e le aree destinate ad usi ricreativi;
- disporre le aree parcheggio in modo da minimizzare l'interazione con gli spazi esterni fruibili.

Sorgenti di inquinamento elettromagnetico a bassa ed alta frequenza

Campi magnetici a bassa frequenza

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha esaminato nel 2001 tutte le evidenze scientifiche relative alla cancerogenicità dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza. Le evidenze di cancerogenicità relative ai campi elettrici, per tutte le patologie tumorali, e quelle relative ai campi magnetici, per tutte le patologie tumorali negli adulti e tutte quelle differenti dalla leucemia nei bambini, sono state giudicate "inadeguate". Nel caso invece degli studi epidemiologici che hanno evidenziato un'associazione tra la leucemia infantile e le esposizioni residenziali ai campi magnetici, l'evidenza scientifica è stata giudicata "limitata", giudizio intermedio tra quello di evidenza "inadeguata" ed evidenza "sufficiente". In altre parole, secondo la IARC, l'interpretazione causale dell'associazione riportata da diversi studi epidemiologici, può essere ritenuta credibile, ma non è possibile escludere con ragionevole certezza che sia invece dovuta al caso, a distorsioni o a fattori di confondimento.

Questa incertezza nell'interpretazione dell'associazione osservata, alla quale si aggiunge il fatto che la ricerca sperimentale non ha fornito elementi a sostegno della cancerogenicità dei campi magnetici mediante studi su animali esposti in condizioni controllate di laboratorio (evidenza "inadeguata") né ha permesso di individuare dei meccanismi biofisici che possano spiegare l'ipotizzato ruolo dei campi magnetici nella cancerogenesi, ha condotto la IARC a classificare i campi magnetici a bassa frequenza come "possibili cancerogeni per l'uomo" (Gruppo 2B).

Nel 2007, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha pubblicato una monografia relativa a tutte le conseguenze sanitarie, anche quelle diverse dal rischio cancerogeno, delle esposizioni ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza. Secondo l'OMS, le conoscenze scientifiche attuali riconfermano le valutazioni della IARC circa la leucemia infantile, indicano come non sussistente l'associazione con i tumori della mammella e le patologie cardiovascolari, e suggeriscono di continuare le ricerche relative ad un'eventuale associazione con il rischio di tumori cerebrali e alcune patologie neurodegenerative (sindrome laterale amiotrofica, morbo di Alzheimer). Inoltre, una relazione tra l'esposizione ai campi a bassa frequenza e alcuni sintomi non specifici (la cosiddetta "ipersensibilità elettromagnetica") non è stata dimostrata. In tale situazione di incertezza scientifica è appena il caso di sottolineare che l'area in cui si intende costruire l'edificio scolastico non deve presentare, in zone adiacenti la costruzione, linee in alta e media tensione aeree o interrato, cabine di trasformazione o sottostazioni elettriche.

Una valutazione dell'esposizione, attraverso la misura in loco del livello di campo magnetico e di campo elettrico, è comunque opportuna preliminarmente anche in caso di elettrodotti a distanze, dal sito in oggetto, inferiori a 80 mt. per linee a 132-150 kV, ed a 120 mt. per linee 220-380 kV. In tal caso è necessario predisporre adeguate planimetrie che individuano la localizzazione delle linee di

distribuzione dell'energia elettrica, ed eventualmente utilizzare anche modelli previsionali per stimare il livello di campo elettromagnetico a 50 Hz presente negli spazi esterni.

Le strategie progettuali che si possono adottare per minimizzare l'esposizione degli individui ai campi elettrici e magnetici a 50 Hz sono riassumibili come segue:

- nella scelta della collocazione degli edifici, verificare preventivamente, tramite misurazione e simulazione, il livello dei campi elettrici e magnetici a 50 Hz che saranno presenti;
- evitare la localizzazione di stazioni e cabine primarie in aree adiacenti o all'interno al sito di progetto e delle cabine secondarie (MT/BT) in spazi esterni in cui è prevedibile la presenza di individui per un significativo periodo di tempo;
- in caso di necessità, mantenere una fascia di sicurezza dagli elettrodotti realizzati con conduttori nudi in modo da ottenere esposizioni trascurabili (inferiori a 0,2 microT) ai campi magnetici a bassa frequenza in luoghi di permanenza prolungata. Il limite di 0.2 microTesla è cautelativo ed è basato sulle conoscenze scientifiche ad oggi disponibili che suggeriscono un'associazione tra esposizione a campi magnetici a 50Hz e leucemia infantile, e in particolare un raddoppio del rischio di leucemia per esposizioni superiori a 0.4 microTesla (cosiddetta soglia di attenzione epidemiologica).

Campi elettromagnetici ad alta frequenza

Negli interventi di edilizia scolastica è opportuno che l'esposizione della popolazione infantile ai campi elettromagnetici ad alta frequenza, generati da sorgenti fisse quali stazioni radio base per la telefonia cellulare, ripetitori radio e TV, sistemi per la radiocomunicazione, sia la minima possibile. La ricerca di vari decenni, con la pubblicazione di migliaia di articoli scientifici, ha permesso di identificare chiaramente alcuni effetti biologici e sanitari. I dati indicano che gli effetti sanitari accertati sono acuti (cioè si presentano come risposta immediata all'esposizione) e si osservano solo al di sopra di determinate soglie, ovviamente più alte delle soglie per gli effetti biologici. Tuttavia ancora non esiste una univoca interpretazione su eventuali effetti per esposizioni di lunga durata a campi elettromagnetici ad alta frequenza a bassa intensità, ed è stata avanzata l'ipotesi che l'esposizione cronica possa causare malattie degenerative ed in particolare il cancro.

In relazione a ciò, precauzionalmente, è opportuno che l'edificio scolastico sia a distanza di almeno 100 mt. da impianti di generazione di campi elettromagnetici e comunque, in caso di presenza di impianti nell'area interessata, sarà opportuno effettuare preventivamente misurazioni (in relazione anche alla direzionalità dell'emissione di alcuni di questi impianti), al fine di verificare i valori di esposizione che, trattandosi di edifici destinati ad ospitare soggetti molto sensibili quali i bambini, per garantire maggiore sicurezza, dovranno essere i seguenti, calcolati come valore medio in 6 minuti:

Intensità del campo elettrico $< o = a 0,5 \text{ V/m}$;

Intensità di campo magnetico $< o = a 0,0013 \text{ A/m}$;

Densità di potenza $< o = a 0.0007 \text{ W/m}^2$

Inquinamento del suolo

Rispetto alle diverse condizioni presenti in loco, è necessario prevedere:

- mappatura e descrizione delle eventuali fonti inquinanti presenti in prossimità del sito, che ne evidenzino intensità, estensione e linee di propagazione;
- indagine storica sui preesistenti usi del suolo (es. usi industriali, agricoltura intensiva, vari) per individuare la eventuale presenza di sostanze inquinanti.

Le strategie attuabili per ridurre al massimo la possibilità di inquinamento del terreno sul quale sorgerà l'edificio sono quelle di localizzare gli spazi aperti in luoghi privi di inquinamento del suolo e sottosuolo o in luoghi in cui siano stati effettuati interventi di bonifica

Inquinamento da radon

Il radon è un gas radioattivo naturale emesso dalle rocce e dal suolo. Inodore e incolore, si forma in seguito alla disintegrazione dell'uranio presente nel suolo, nell'acqua e in molti materiali da

costruzione. Tipicamente, il radon esala dal suolo e penetra nelle costruzioni attraverso le microfratture presenti nelle murature e nelle fondazioni. La modifica dello stile di vita rappresenta un ulteriore importante fattore di esposizione, per la tendenza a vivere al chiuso, in ambienti sempre meglio sigillati per motivi di risparmio energetico, favorendo così l'accumulo del gas negli ambienti indoor.

Nel 1988, l'IARC ha identificato il radon come cancerogeno di gruppo 1, cioè come sostanza per la quale esiste evidenza di cancerogenicità negli esseri umani. Al radon vengono attribuiti circa il 40% dei tumori polmonari dei minatori e le stime che riguardano la popolazione gli attribuiscono percentuali di tumori polmonari tra il 5 e il 25% (in Italia tra 1500 e 4000 casi all'anno).

Tutte le maggiori organizzazioni in materia di salute pubblica, a iniziare dalla Organizzazione Mondiale della Sanità, auspicano oggi un controllo del livello di radon. La Commissione Internazionale per la Protezione Radiologica, già nel 1993, ha sottolineato l'importanza del problema per la salute pubblica e indicato specifiche raccomandazioni. La Comunità Europea, da parte sua, ha determinato in 200 Bq/m^3 per le nuove costruzioni e 400 Bq/m^3 per le abitazioni esistenti il valore limite cui attenersi.

Lo stato della ricerca a livello nazionale e internazionale in rapporto alla geologia di superficie e profonda ha mostrato come la distribuzione del radon sul territorio sia fortemente influenzata dalle caratteristiche geologiche del suolo. Il territorio italiano, in particolare, risulta dal punto di vista geologico oggetto di diverse interpretazioni. La continua alternanza di rocce appartenenti a mondi geologici diversi rende infatti estremamente difficile sintetizzare le informazioni geologiche e rapportarle alla presenza del radon. L'attività tettonica legata ad una complessa attività sismica complica ulteriormente i rapporti tra le strutture geologiche conosciute e successivi dubbi derivano dall'intenso vulcanismo e termalismo presenti: la geologia pertanto non ci dà indicazioni precise.

Il radon, una volta formato dalle rocce e dai minerali, può entrare a far parte del sistema dei gas interstiziali delle rocce, oppure venire disciolto nelle acque di falda. In entrambi i casi inizia un percorso di migrazione, che si può sviluppare per centinaia di metri, facilitato dal carsismo, dalle fenditure e cavità del terreno, dalla fratturazione degli ammassi rocciosi, dalla presenza di faglie.

La principale fonte di radon negli ambienti interni è costituita dal suolo circostante e sottostante lo stabile. Inoltre è possibile il trasporto di radon all'interno dell'edificio sia per differenza di pressione tra l'ambiente esterno e quello interno, sia per scarso isolamento suolo-edificio. Naturalmente, l'intensità della sorgente, che varia fortemente da suolo a suolo, è l'elemento che condiziona i valori di radon indoor più o meno elevati. Ma non deve essere sottovalutato l'effetto della depressione, cioè la differenza di pressione tra l'ambiente interno e quello esterno (movimento da un'area ad alta ad una a bassa pressione). Questa depressione è causata soprattutto da due fenomeni: il cosiddetto "effetto camino" e l'effetto vento. L'effetto camino è dovuto alla differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno della casa. Particolarmente in inverno, determina una continua risalita di aria calda, ed il richiamo di radon dal terreno circostante e sottostante l'abitazione. A una maggiore temperatura corrisponde una minore pressione interna e una maggiore aspirazione di radon e altri gas del suolo. L'effetto vento, o "effetto Venturi", è causato dalla differenza di velocità dell'aria tra esterno e interno dell'edificio, con creazione di una differenza di pressione tra i lati sopravvento e sottovento che può contribuire a creare una corrente d'aria all'interno dell'edificio.

Al radon che penetra dall'esterno si aggiunge quello liberato dai materiali da costruzione, che rappresentano una fonte di secondaria importanza rispetto al suolo per quanto riguarda il contributo alla dose di radon. Recentemente l'attenzione dei ricercatori per materiali di origine naturale, particolarmente utilizzati in alcune aree d'Italia, ha consentito di evidenziare che possono diventare la principale sorgente di esposizione della popolazione. Le concentrazioni di radon risultano in molti casi abbastanza elevate, anche per materiali di largo utilizzo, quali tufo, pozzolana, basalto, graniti, gneiss, lava, cenere di carbone, ecc., il cui uso dovrebbe essere evitato nella costruzione delle scuole.

A prescindere da eventuali valutazioni ambientali, già effettuate in diverse Regioni, in relazione all'estrema variabilità di concentrazioni di radon che si possono avere in aree diverse per i motivi sopra esposti, appare necessario suggerire l'esecuzione preliminare di una misura della sua concentrazione, anche al fine di prevedere adeguate diverse misure di minimizzazione in relazione ai livelli di intensità rilevati.

Disponibilità di luce naturale

Per valutare i livelli di illuminamento naturale del sito, oltre ai dati ricavati dall'analisi del clima igrotermico, è opportuno valutare la disponibilità di luce naturale in relazione all'orientamento e, conseguentemente la visibilità del cielo dal luogo in cui si prevede di insediare l'intervento o in cui è situato l'edificio.

La determinazione dei livelli di illuminamento presenti nell'area (derivanti dalla definizione della luminanza della volta celeste caratteristica di quel luogo), mediante la disponibilità di luce naturale, viene normalmente ottenuta facendo riferimento ai modelli di cielo standard, coperto e sereno adattati all'area di analisi secondo la latitudine, attraverso:

a) valutazione del modello di cielo coperto standard CIE: per la determinazione dei livelli di illuminamento in un'area si definisce il modello di cielo (visto come sorgente di luce) caratteristico di quel luogo, determinando la distribuzione della luminanza della volta celeste specifica del luogo (in assenza di quello specifico del sito si assume come riferimento il cielo standard della città nella quale si progetta);

b) valutazione del modello di cielo sereno in riferimento alla posizione del sole per alcuni periodi dell'anno (per esempio uno per la stagione fredda - gennaio, uno per la stagione calda - luglio): la posizione apparente del sole viene determinata attraverso la conoscenza di due angoli, azimutale e di altezza solare, variabili in funzione della latitudine e longitudine e consente di valutare la presenza dell'irraggiamento solare diretto, la sua disponibilità temporale nonché gli angoli di incidenza dei raggi solari sulla zona di analisi (raggi solari bassi o alti rispetto all'orizzonte).

Per la valutazione della visibilità del cielo, sono dati fondamentali le caratteristiche dimensionali e morfologiche della zona oggetto di analisi, le ostruzioni alla luce solare, esterne o interne alla stessa, che dipendono dagli aspetti topografici (presenza di terrapieni, colline etc.), urbani (presenza e caratteristiche degli edifici prossimi all'area di intervento) e del verde (presenza di essenze arboree sempreverdi o a foglia caduca).

Disponibilità di fonti energetiche rinnovabili

Nell'ambito di questa analisi deve essere in sostanza verificata la possibilità di sfruttare fonti energetiche rinnovabili, presenti nell'area di intervento, al fine di produrre energia elettrica e termica a copertura parziale o totale del fabbisogno energetico della struttura progettata. Questa indagine deve quindi fornire gli strumenti per una convalida della vocazione del luogo all'uso di risorse energetiche alternative e a basso impatto ambientale.

Oltre ai dati climatici, in particolare relativi alla disponibilità annuale del sole e del vento, e a quelli sulla disposizione del sito, vanno valutate le potenzialità di utilizzo di energie alternative, quali lo sfruttamento dell'energia solare in relazione al clima ed alla disposizione del sito, dell'energia eolica, di eventuali corsi d'acqua, di possibili collegamenti a reti di teleriscaldamento urbane esistenti, di installazione di sistemi di microgenerazione e teleriscaldamento.

Inquinamento dell'aria

La realizzazione di un edificio scolastico dovrebbe prevedere un'area protetta da inquinamento atmosferico, o caratterizzata da un livello di inquinamento limitato. Le principali fonti di inquinamento sono: il traffico veicolare, le emissioni industriali, i sistemi di riscaldamento e raffreddamento domestici. Tendenzialmente nei siti con alti volumi di traffico o con transito frequente di ciclomotori si registrano superamenti dei limiti, sia come medie annuali che come medie giornaliere, soprattutto per quanto riguarda il particolato fine (PM10), il Benzene, l'Ozono (O3) e gli Ossidi di azoto (NOX).

Il Biossido di zolfo (SO₂) non desta più preoccupazione grazie all'utilizzo di combustibili più puliti e ad un minor contenuto di zolfo nel gasolio da riscaldamento; lo stesso Monossido di carbonio (CO) rientra ormai nei limiti anche nelle zone a più elevata esposizione alle emissioni da veicoli a motore. Negli ultimi anni particolare attenzione viene rivolta all'impatto sulla salute dell'esposizione al particolato atmosferico.

Nelle diverse regioni i dati vengono forniti dalle ARPA, attraverso un sistema di monitoraggio con centraline, presenti praticamente in tutta Italia.

Realtà territoriali specifiche

Il territorio, nella sua accezione più ampia, è caratterizzato da alcuni elementi peculiari.

La presenza di una realtà territoriale, talvolta anche di origine antropica, che generi disturbo deve suggerire al progettista l'adozione di idonee soluzioni, non esclusa la rinuncia all'utilizzo della specifica area per la costruzione della scuola. È, pertanto, necessario un attento esame della zona raccogliendo informazioni oltre che dagli Enti preposti alla tutela del territorio, quali Regione, Provincia, Comune, Consorzi etc. anche dai cittadini che nell'area risiedono.

Contestualmente alle fonti di inquinamento andrà analizzato anche lo stato delle risorse (falda, suolo etc.), non ignorando l'influenza negativa che potrebbero avere la presenza di strutture viarie di grande comunicazione, di insediamenti che possano determinare ricadute delle emissioni in atmosfera, di utilizzazioni, lecite o illecite del territorio, per le quali si siano potuti determinare fenomeni di inquinamento di una o più matrici ambientali.

4. INDICAZIONI RELATIVE ALL'OPERA

Caratteristiche dell'opera.

Ogni progetto dovrà prevedere la realizzazione dell'edificio o plesso scolastico, completo dell'indicazione di tutti gli impianti, servizi e arredi, nonché della sistemazione dell'area.

In relazione al tipo di scuola e al numero di alunni e di servizi e di classi, dovranno essere previsti locali e spazi necessari:

- i) per lo svolgimento dei programmi didattici e delle attività parascolastiche;
- ii) per lo svolgimento dei programmi di insegnamento dell'educazione fisica e sportiva;
- iii) per l'alloggio del custode quando sia previsto;
- iv) per la mensa scolastica, se prevista.

Per quanto riguarda la morfologia dell'edificio, sarà concepito come un organismo architettonico omogeneo e non come una semplice addizione di elementi spaziali, contribuendo così allo sviluppo della sensibilità dell'allievo e diventando esso stesso strumento di comunicazione e quindi di conoscenza per chi lo usa, con disposizione, forma, dimensioni e interrelazioni degli spazi concepiti in funzione dell'età e del numero degli alunni, delle unità pedagogiche determinate dai tipi di insegnamento e dai metodi pedagogici, della utilizzazione ottimale degli spazi previsti, tale da consentire la massima flessibilità dei vari spazi scolastici, anche allo scopo di contenere i costi di costruzione.

L'edificio deve essere progettato in modo che gli allievi possano agevolmente usufruire, attraverso gli spazi per la distribuzione orizzontale e verticale, di tutti gli ambienti della scuola, nelle loro interazioni e articolazioni ed, inoltre, raggiungere le zone all'aperto. Ciò comporta che le attività educative si svolgano:

- i) per la scuola materna, a diretto contatto con il terreno di gioco e di attività all'aperto;
- ii) per la scuola elementare e media, normalmente, su uno o due piani;
- iii) per la scuola secondaria di secondo grado, normalmente su tre piani.

I valori di illuminamento dipendono anche dalla posizione dell'edificio scolastico rispetto ad altri circostanti o prospicienti che potrebbero limitare il flusso luminoso proveniente dalla volta celeste: per tale ragione non sono ammessi cortili chiusi o aperti nei quali si affacciano spazi ad uso didattico senza una precisa e motivata ragione che giustifichi la loro funzione nella configurazione dell'organismo architettonico, e che dimostri, attraverso il calcolo, il rispetto delle ottimali condizioni dell'illuminazione.

Devono essere rispettati parametri dimensionali e di superficie, precisamente definiti per ogni tipo di scuola. Anche per quanto riguarda le altezze nette, devono essere rispettate le specifiche misure. Con appositi interventi tecnici dovranno essere minimizzati gli effetti negativi derivanti dall'ambiente circostante e dal contesto. In particolare, dovrà essere posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

Orientamento dell'edificio

Deve essere tale da prevenire o ridurre l'impatto di agenti aggressivi esterni sugli edifici e sugli spazi aperti, di sosta e di relazione, creando all'interno dell'insediamento un rapporto privilegiato ed equilibrato tra la struttura e l'ambiente allo scopo di consentire lo sfruttamento delle risorse energetiche rinnovabili, in particolare, la radiazione solare ed il vento, ottimizzando l'efficienza energetica.

La funzione dei venti nel miglioramento del microclima degli edifici è legata alle condizioni climatiche specifiche di un luogo; ad esempio in caso di climi umidi, una ventilazione costante è da auspicarsi nel corso dell'intero anno, in quanto abbassa l'umidità relativa. Il movimento naturale dell'aria non assume soltanto funzioni di regolazione microclimatica, ma può servire anche a disperdere rumori e sostanze inquinanti prodotte nelle vicinanze.

È importante massimizzare l'accesso della radiazione solare nell'insediamento durante la stagione del riscaldamento, ottimizzando l'utilizzo del sito per evitare un'eccessiva azione di schermo da parte degli edifici vicini o degli alberi. È pure necessario tener conto del microclima, sfruttando il verde presente, la morfologia del suolo etc., per proteggere gli edifici ed i luoghi aperti di fruizione, ridurre le dispersioni di calore degli edifici e favorire una corretta ventilazione degli spazi aperti. La forma stessa dell'edificio può essere utilizzata per esaltare questi effetti.

Attraverso un corretto orientamento è possibile sfruttare l'azione dei venti dominanti, traendo vantaggi per strategie di ventilazione/raffrescamento naturale degli edifici. Inoltre è opportuno garantire un corretto soleggiamento, con accesso al sole per tutto il giorno sia per gli spazi aperti che per l'edificio. La realizzazione deve essere tale da garantire, nelle peggiori condizioni stagionali (21 dicembre), il minimo ombreggiamento delle facciate, e da controllare l'irraggiamento solare ricorrendo a schermi solari, il cui dimensionamento e la cui tipologia non impediscano il guadagno solare in regime invernale.

Riduzione dell'esposizione all'inquinamento atmosferico

Per ridurre gli effetti di qualsiasi forma di inquinamento proveniente da fonti localizzate intorno all'area scelta per l'insediamento è necessario adottare strategie progettuali, raggruppabili in tre tipologie, in ordine decrescente di efficacia:

1. criteri localizzativi:

- localizzare gli spazi aperti "sopra vento" rispetto alle sorgenti inquinanti;
- localizzare gli spazi aperti lontano dai "canali" di scorrimento degli inquinanti (edifici orientati parallelamente alle correnti d'aria dominanti);
- localizzare gli edifici e gli elementi d'arredo degli spazi esterni, in modo tale da favorire l'allontanamento degli inquinanti, anziché il loro ristagno;

2. riduzione delle fonti di inquinamento prossime al sito:

- massima riduzione del traffico veicolare all'interno dell'area (aree di sosta e di parcheggio) e mitigazione della velocità;

- massima estensione delle zone pedonali e ciclabili;
- mantenimento di una distanza di sicurezza tra strade interne o perimetrali, e le aree destinate ad usi ricreativi;
- disposizione delle aree a parcheggio e delle strade interne all'insediamento, percorribili dalle automobili, atta a minimizzare l'interazione con gli spazi esterni fruibili e le parti abitabili.

3. uso di barriere di protezione:

- utilizzare le aree perimetrali del sito come protezione dall'inquinamento, ad esempio creando rimodellamenti morfologici del costruito, a ridosso delle aree critiche;
- schermare i flussi d'aria, che si prevede possano trasportare sostanze inquinanti, con fasce vegetali composte da specie arboree e arbustive efficaci nell'assorbire le sostanze stesse (valutare la densità della chioma, i periodi di fogliazione e defogliazione, dimensioni e forma, accrescimento);
- utilizzare barriere artificiali, con funzione di riduzione dei flussi d'aria trasportanti sostanze inquinanti.

Riduzione dell'esposizione all'inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza

La diffusione della telefonia mobile, con la conseguente installazione di numerose stazioni radio base, ha comportato un'esposizione rapida e generalizzata della popolazione alle radiazioni non ionizzanti ad alta frequenza.

Bisogna tener presente che gli effetti di un'esposizione ad un fattore nocivo per la salute si vedono dopo molti anni mentre questo tipo di esposizione è piuttosto recente. Nonostante questo limite, alcuni studi hanno messo in evidenza un'associazione tra esposizione a CEM ad alta frequenza ed alcuni tipi di tumori e alcuni studi condotti in laboratorio hanno evidenziato la possibilità di un danno biologico alle cellule. Anche se fino ad oggi nessuna conclusione è possibile sull'eventuale rapporto causa-effetto, i sospetti inducono ad assumere un atteggiamento cautelativo, soprattutto nei confronti dei bambini che, essendo organismi in crescita, rappresentano una popolazione particolarmente sensibile.

Per come già indicato in precedenza, sarebbe opportuno che in prossimità di un edificio scolastico non siano presenti antenne. C'è tuttavia da precisare che l'intensità dell'irradiazione dipende da alcuni fattori, tra cui la potenza dei trasmettitori, il tipo di trasmettitori (sono diverse le problematiche degli impianti di diffusione radiotelevisiva rispetto alle stazioni radio-base per la telefonia cellulare), il tilt, ecc.

Esistono comunque possibilità di minimizzazione, con interventi sull'impianto (aumento dell'altezza, variazione del tilt, ecc), con opere murarie e ostacoli in genere, con schermature (risultano brevettati diversi materiali che avrebbero la capacità di impedire il passaggio dei campi elettromagnetici ad alta frequenza).

Riduzione dell'esposizione all'inquinamento elettromagnetico a bassa frequenza

I sospetti sui possibili effetti sulla salute dei campi magnetici a bassa frequenza sono da tempo in attesa di conferme. Tuttavia il fatto che vengano inseriti tra i "possibili cancerogeni" per le "leucemie infantili" deve spingere ad adottare un atteggiamento cautelativo, soprattutto per i locali dove la popolazione è quasi esclusivamente rappresentata da possibili esposti. La migliore minimizzazione è pertanto l'assenza di linee ad alta tensione nell'area interessata dall'insediamento scolastico. Nel caso di edifici già edificati, esistono alcune possibilità di minimizzazione:

- a) Interventi sulle linee, come ad es. compattazione dei conduttori, ottimizzazione della disposizione delle fasi per linee in doppia terna, innalzamento delle linee, spostamento dei cavi, interrimento dei cavi a medio/bassa tensione;
- b) Materiali schermanti, la cui efficacia attualmente può essere accertata solo con la misurazione effettuata dopo l'intervento;
- c) **Interventi sull'impianto elettrico per minimizzare il rischio indoor.**

Il quadro generale e i contatori andranno posizionati possibilmente all'esterno, o comunque in zone dove il soggiorno delle persone è minore. Le colonne montanti dovranno passare

lontano da aule e luoghi di sosta dei bambini ed essere posizionate in locali adibiti a vani tecnici. L'impianto dovrà essere con posa "a stella" o "ad albero" partendo da un'unica grande scatola centrale, realizzato possibilmente con cavi schermati; se l'edificio è posizionato in lunghezza sul piano orizzontale occorre eseguire la distribuzione a "liscia di pesce", concentrando le dorsali nei corridoi o nei locali di transito. Le scatole di derivazione dalle quali partono le derivazioni per le varie utenze, devono essere collocate in luogo idoneo e possibilmente poco frequentato, o ad altezza, con la dorsale di distribuzione collocata in zone di transito e non di permanenza dei bambini.

Deve inoltre essere studiata la collocazione di eventuali elettrodomestici, in modo che non siano posti su pareti confinanti con aule o con "punti sensibili".

Riduzione dell'esposizione all'inquinamento da radon

Se nell'atmosfera i quantitativi di radon sono abbastanza modesti e trascurabili dal punto di vista radioprotezionistico, negli ambienti interni non sempre è così. Infatti, dal suolo circostante e sottostante la scuola è possibile il trasporto di radon all'interno dell'edificio sia per differenza di pressione tra l'ambiente esterno e quello interno, sia per scarso isolamento suolo-edificio. I materiali da costruzione rappresentano una fonte di secondaria importanza rispetto al suolo, ma in alcuni casi possono diventare la principale sorgente. Pertanto, in fase di costruzione, una particolare attenzione deve essere riservata ai materiali, prevedendo l'utilizzo di quelli a bassa emissione di radon. Qualora, dal complesso delle indicazioni derivanti dalle indagini preventive, emergano previsioni di livelli di radon elevati, è opportuno adottare azioni di mitigazione, che devono impedire o limitare l'ingresso del radon all'interno degli edifici dal suolo. Esistono diverse possibilità:

- 1) Impedire la risalita del radon dal suolo attraverso l'isolamento delle fondamenta. Ciò può essere realizzato mediante:
 - fondamenta a platea in cemento armato, indicate per strutture di piccole dimensioni. La platea in cemento armato, che ricopra tutto lo scavo della futura struttura, rappresenta un metodo molto efficace per impedire o ritardare la risalita del radon (il cemento non è completamente impermeabile al radon). Se realizzata con spessore di 30 cm si hanno ottime garanzie di fermare la risalita del gas.
 - Distesa di uno strato di ghiaia sotto le fondamenta a platea e verticalmente a ridosso delle mura intorno a tutta la struttura. Oltre a permettere la fuoriuscita del radon lo stato di ghiaia garantisce un'ottima protezione contro l'umidità e, in caso di successiva comparsa del problema, rappresenta il presupposto per realizzare un sistema di aspirazione dell'aria.
 - Realizzare un vespaio aerato. Il sistema di ventilazione naturale del vespaio è una delle soluzioni più efficaci ed economiche in fase di nuova costruzione. In genere l'unico vincolo architettonico è rappresentato dalla necessità di "sollevare" l'edificio di alcuni centimetri (da 20 a 80) e realizzare una serie di fori perimetrali;
 - Uso di membrane impermeabili. La posa di membrane impermeabili, con costi relativamente bassi, è una metodica comunemente adottata per impedire la risalita di umidità attraverso le fondamenta, e viene applicata praticamente in tutti gli edifici. La maggior parte delle membrane, alla principale funzione di impedire la risalita dell'umidità, associa una certa impermeabilità al radon. Pertanto rappresenta un dispositivo che, a prescindere dall'eventuale presenza di gas, viene normalmente utilizzato e può essere particolarmente importante se i teli sono ben sigillati tra loro e nelle zone di passaggio degli impianti. La protezione dal radon dovrebbe essere estesa anche lungo le pareti verticali delle fondamenta, facendo attenzione ai possibili strappi e lacerazioni delle membrane durante o successivamente alla posa, nella fase di reinterro.
 - Uso di membrane bugnate. Si tratta di membrane in polietilene ad alta densità (HDPE) che con l'elevata densità dei rilievi consentono al prodotto eccezionali caratteristiche di resistenza alla

compressione e, grazie alla disponibilità in diverse altezze, si adattano facilmente a tutte le strutture di protezione dei muri di fondazione e di opere di ingegneria civile, sottofondo di pavimentazione e barriera all'umidità ascendente e al gas radon. Oltre a impedire lesioni e strappi nella membrana impermeabilizzante, distribuendo la pressione e limitando il carico puntiforme, favoriscono l'aerazione e consentono al radon di risalire verso la superficie anziché infiltrarsi sotto lo stabile.

- Uso di isolanti, pitture, malte, rivestimenti antiradon, che aumentano la resistenza al passaggio del radon o svolgono una funzione ritardante la migrazione del gas (che decade in 3,82 giorni di vita).

Nel caso di interventi di mitigazione in edifici già costruiti, ogni decisione dovrebbe prevedere preliminari accurate verifiche da parte di personale esperto, anche alla luce di valutazioni economiche, per stabilire l'intervento da intraprendere, considerando che, anche non conoscendo le cause dell'infiltrazione, la cosa più opportuna è intervenire sul basamento dell'edificio, per cercare di controllare l'ingresso del gas. Spesso si può porre rimedio alla situazione con interventi abbastanza banali:

- Sigillatura di crepe e fessure con materiali isolanti e film adatti, tenendo conto che la zona di collegamento tra pavimento e muro è un punto particolarmente critico;
- Isolamento del pavimento attraverso l'uso di membrane antiradon o con la realizzazione di un nuovo solaio;
- Realizzazione di un pavimento aerato sul pavimento esistente;
- Miglioramento dell'aerazione dei vespai attraverso l'incremento delle aperture o con l'uso di sistemi attivi (aspiratore temporizzato);
- Aspirazione dell'aria dal suolo mediante sistema di drenaggio con pozzetto di raccolta o tramite tubazioni verticali;
- Aumento del ricambio d'aria, per esempio aumentando la superficie e il numero di finestre, per poter consentire poi la creazione di correnti d'aria che contribuiscono alla diluizione e favoriscono la fuoriuscita del radon;
- Trattamento dell'aria indoor, con filtri (in fase di sperimentazione) che possano trattenere il radon ed il particolato atmosferico, sul quale possono essere attaccati prodotti del decadimento del radon.

Riduzione effetto "isola di calore" e controllo del micro-clima esterno

L'effetto "isola di calore" è dovuto soprattutto al maggior assorbimento di energia solare da parte delle superfici asfaltate e del cemento degli edifici. In estate, nelle ore più assolate, le strade e i tetti delle case possono raggiungere spesso temperature superiori a 60-90 °C. Inoltre, il suolo urbano presenta una scarsa capacità di trattenere acqua; ne consegue una minore evaporazione, con minore raffreddamento della temperatura in prossimità del terreno. Nelle città la media delle minime invernali è più alta di 1-2 °C e le massime estive sono più alte di 1-3 °C rispetto ad un contesto senza isola di calore.

Questa alterazione delle caratteristiche climatiche comporta inevitabilmente un aumento della domanda di energia per il condizionamento estivo degli ambienti interni, oltre che condizioni di marcato discomfort negli spazi esterni. Anche altri parametri meteorologici risentono dell'effetto isola di calore. Un dato molto interessante è l'aumento dei nuclei di condensazione nell'atmosfera cittadina, cioè di quelle particelle minute (polveri sottili) derivate dall'inquinamento che favoriscono la condensazione del vapore in nube e l'aggregazione delle minuscole particelle di acqua per formare una goccia di pioggia. Maggior condensazione significa maggior nuvolosità (5-10% annuo) e di conseguenza maggiori precipitazioni.

Il fenomeno può essere mitigato con una certa efficacia attraverso:

- Un'adeguata progettazione delle aree circostanti gli edifici. La riduzione degli apporti solari estivi indesiderati si può ottenere tramite tecniche di raffrescamento passivo degli spazi aperti urbani (integrazione di alberi, cespugli e copertura verde del terreno nella progettazione del paesaggio dell'area).

- L'eventuale creazione di acque ludiche sotto forma di fontane, canali, impianti a pioggia etc. ovvero la realizzazione di giochi d'acqua, eventualmente utilizzando acque di recupero.
- Il controllo dell'albedo della pavimentazione degli spazi e/o dei resedi (strade, marciapiedi, parcheggi etc.). Tale controllo permette di ridurre le temperature superficiali con effetti sul comfort esterno, sulla riduzione dei carichi solari e, di conseguenza, sulla necessità di condizionamento degli spazi chiusi. Le superfici chiare, infatti, hanno un'albedo più alto delle superfici scure, dunque, la scelta di materiali ad elevato albedo per la realizzazione delle superfici urbane garantisce la riduzione delle temperature (e quindi la quantità di energia che esse re-irraggiano).
- La realizzazione di superfici a verde in sostituzione di pavimentazioni. Nei casi in cui non sia praticabile, si devono impiegare pavimentazioni di tipo "freddo", scelte tra prato armato, laterizio, pietra chiara, acciottolato, ghiaia, legno, calcare.
- La disposizione di vegetazione in modo da massimizzare l'ombreggiamento estivo degli edifici.

Riduzione dell'impiego delle risorse idriche

L'acqua è un bene primario per la vita e una risorsa rinnovabile del nostro pianeta. Ogni forma di vita è legata all'acqua, ogni attività umana è vincolata alla possibilità di accedervi.

La qualità dell'acqua potabile distribuita nella struttura dovrà essere conforme a quanto prescritto dalla normativa vigente. I materiali utilizzati per il trattamento, adduzione e distribuzione dell'acqua destinata al consumo umano dovranno essere conformi a quanto prescritto dalla normativa vigente.

L'installazione di piccoli impianti di trattamento/affinamento dell'acqua potabile all'interno degli edifici dovrà comunque evitare il peggioramento della qualità distribuita, in ogni caso dovrà essere conforme alla normativa vigente.

All'interno delle strutture dovrà essere promosso, per quanto possibile, il risparmio idrico in particolare:

- Monitoraggio dei consumi;
 - Adozione di adeguati strumenti tecnologici (miscelatori, interruttori automatici, sistemi per la rubinetteria, sistemi per il water, come limitatori per lo scarico o scarico WC con doppio pulsante).
- Per i nuovi centri e, ove è possibile, dovrà essere favorita la raccolta ed il recupero di acqua piovana. Le acque meteoriche rappresentano una fonte rinnovabile e locale e generalmente necessitano di semplici ed economici trattamenti per il loro utilizzo (filtrazione o in casi più complessi la fitodepurazione). Il loro uso dovrebbe essere limitato a certe applicazioni (es. annaffiatura delle aree verdi pubbliche o condominiali, lavaggio delle aree pavimentate o altro, usi tecnologici e alimentazione delle reti antincendio alimentazione delle cassette di scarico dei W.C., alimentazione di lavatrici).

Inquinamento da fibre

I materiali fibrosi impiegati a vario titolo in edilizia hanno origini disparate e sono sia di origine minerale, naturale (silicati fibrosi o "amianti") o artificiale (fibre di vetro, lana di roccia, fibre ceramiche, etc.) , sia di origine organica, naturale (tra i vegetali: cotone, lino etc.; tra gli animali: lana, seta etc.) o artificiale (fibre chimico/sintetiche).

Il loro impiego varia dalla possibilità di isolamento termico, acustico, rinforzate per pavimenti, pannelli, etc.

Ad esclusione dell'amianto e dei prodotti contenenti amianto, che non sono più commercializzabili in Italia dal 1994, tutti gli altri prodotti fibrosi, comunemente in uso, tendono a degradarsi nel tempo disperdendo fibre che, avendo dimensioni idonee, possono essere inalate, accumularsi nei polmoni, e causare differenti patologie, dalle infiammazioni, al tumore polmonare o della pleura. Senza arrivare a casi eclatanti, il problema delle allergie è di crescente attualità, e si aggiunge agli effetti meno gravi, come irritazioni e infiammazioni alla cute, alle mucose, agli occhi, dovuti ad inquinamento da microfibre.

Pertanto al fine di ridurre al minimo questo rischio, occorre evitare di utilizzare questi materiali fibrosi liberi e, nel caso tecnicamente non si possa ricorrere ad altri prodotti, deve essere previsto un loro confinamento all'interno di involucri chiusi. Per quanto attiene l'utilizzo di materiali compositi con fibre essi devono rispettare le norme di riferimento, con particolare alla norma UNI 10522.

Aree verdi

Ogni scuola, ma soprattutto quelle dell'infanzia, dovrebbe avere uno spazio esterno recintato e di uso esclusivo dei bambini, prossimo all'edificio, possibilmente con:

- una zona riparata e pavimentata intermedia fra interno ed esterno, che rappresenta una vera e propria aula a cielo aperto;
- zone attrezzate con arredi in materiale diversificati per il gioco,
- zona attrezzata a verde.

Le aree con destinazione a parcheggi e a viabilità devono essere tenute separate dall'area di pertinenza dei bambini e recintate.

Gli spazi esterni dovranno essere privi di punti potenzialmente pericolosi, ed in particolare :

- la natura del terreno dovrà essere principalmente pianeggiante e priva di buche,
- dovrà essere eliminata la presenza di tombini, pozzetti e fosse biologiche sporgenti,
- le recinzioni e gli arredi esterni (specialmente quelli in muratura od in metallo) dovranno essere mantenuti in condizioni idonee e sicure,
- i percorsi dovranno essere opportunamente separati e/o delimitati tra loro,
- i giochi da installare all'esterno dovranno avere apposto il marchio CE, il manuale di manutenzione e dovranno prevedere le seguenti caratteristiche di funzionalità e di installazione:
 - area di accesso sicura e protetta;
 - ancoraggio stabile;
 - seggiolino con staffe o cinghie di sicurezza;
 - assenza di superfici taglienti;
 - pavimento integro;
 - atterraggio morbido per gli scivoli;

Inoltre dovranno essere posizionati a congrua distanza tra loro.

La presenza di piante e siepi nell'area verde deve prevedere alcuni accorgimenti, anche in considerazione dell'accertata pericolosità di alcuni fiori, foglie e bacche, i cui effetti in caso di contatto o ingestione sono, in molti casi, molto seri. La presenza di alcune piante in vaso a scopo ornamentale non dovrà rappresentare un potenziale pericolo per i bambini; da evitare:

ACONITO: Tutta la pianta, in particolare la radice contiene l'aconita, un potente veleno, che provoca bruciore, formicolio alla bocca, sopore, svenimenti, alterazioni della vista, del cuore e del cervello;

ANEMONE: Tutta la pianta contiene acido anemonico, che causa bruciore alla bocca e seria riduzione delle funzioni respiratoria e cardiaca;

BELLADONNA: La pianta ed in particolare le bacche contengono atropina, che causa rossore al viso, secchezza delle fauci, difficoltà visive, alterazioni cardiache e convulsioni;

BIANCOSPINO e OLEANDRO: Il fiore per il biancospino e tutta la pianta dell'oleandro determinano serie aritmie che possono portare all'arresto cardiaco;

CALICANTO: I semi causano convulsioni, problemi respiratori e alterazioni alla funzione cardiaca;

CAMELIA: Il fiore causa riduzione delle funzioni cardiaca e respiratoria, aritmia e arresto cardiaco;

CICUTA: Gli alcaloidi presenti causano spasmi muscolari, convulsioni e alterazioni dell'attività cardiaca;

DAFNE: Le bacche possono risultare mortali se ingerite da un bambino. Causa inoltre ulcerazioni alla bocca ed al tubo digerente, vomito, alterazione dell'attività cardiaca;

DIGITALE: causa disturbi intestinali, confusione, delirio, riduzione ed alterazione del ritmo cardiaco;

LAUROCERASO: Le foglie contengono una sostanza che si trasforma in cianuro durante la digestione e causa svenimento, difficoltà respiratorie, aritmie anche mortali;

RICINO: I semi possono essere scambiati per quelli di girasole. Due o tre semi possono provocare la morte con violenti dolori addominali e diarrea sanguinolenta.

Con effetti meno gravi, ma non scevri da rischi, risultano altre piante, se ingerite:

AGAVE, AGRIFOGLIO (foglie e soprattutto le bacche), **ALLORO, AZALEA, CAPRIFOGLIO, EDERA, GAROFANO e GERANIO, GELSOMINO, GINESTRA, MIMOSA, NARCISO, VISCHIO.**

In questo caso è importante l'aspetto educativo della scuola.

Nell'area verde possono essere presenti organismi vegetali sia arborei (come alberi di qualunque sviluppo disposti singolarmente, in gruppi o in filari), sia arbustivi (a formare gruppi di cespugli o siepi), sia erbacei (costituenti la copertura del terreno) formanti prati stabili. Detti organismi, in consociazione tra loro o singolarmente, esplicano funzioni di attenuazione dell'inquinamento atmosferico e acustico, di difesa dai fenomeni erosivi, di conservazione della biodiversità e soprattutto consentono l'infiltrazione e l'approfondimento nel sottosuolo dell'acqua meteorica, stabilizzano il terreno, oltre ad avere effetti positivi sul microclima del sito. Nell'area possono essere presenti anche elementi architettonici di varia forma e natura, inseriti con finalità artistico-estetiche, che non compromettano le funzioni ecologiche dell'area verde.

Viene sconsigliata la piantagione di alberi a ridosso della costruzione, che assumano per loro caratteristiche biologiche dimensioni tali da richiedere interventi per contenerne le dimensioni o che possano innescare processi meccanici di riduzione della stabilità fisica, determinando rischi per l'incolumità delle persone e danni alle cose.

Per le aree verdi è consigliato l'utilizzo di specie autoctone, non idroesigenti, con minime necessità di prodotti antiparassitari, mentre è sconsigliato l'utilizzo di specie vegetali arboree per le quali è prevista una normativa di lotta obbligatoria agli ospiti (fitomizi o patologie) che possono causare gravi danni agli organismi vegetali stessi, nonché indirettamente alle persone per effetto di contatti accidentali con la entomofauna ospite. Per la realizzazione dei tappeti erbosi è da privilegiare l'impiego di specie macroterme, che si avvantaggiano delle situazioni climatiche caratterizzate da estati assolate e poco piovose ed hanno comunque modeste esigenze irrigue.

È anche necessario predisporre un piano di irrigazione e manutenzione dell'area verde, che preveda programmati interventi a tutela dei fruitori dell'area e sistemi di irrigazione, adeguati per portata, e caratterizzati da modalità di approvvigionamento dell'acqua con recupero delle acque meteoriche.

Per la realizzazione di percorsi, manufatti e aree per la sosta, si dovranno utilizzare preferibilmente sabbie, ghiaie e materiali caratteristici dei luoghi, con siti di estrazione vicini al luogo dell'intervento, o eventualmente materiali di riciclo. I materiali utilizzati andranno messi in opera in modo tale da consentire l'infiltrazione delle acque meteoriche.

I parcheggi e specificamente le aree di sosta dei veicoli devono essere altamente permeabili, questo si può ottenere tramite l'inerbamento o in alternativa l'utilizzo di inerti ghiaiosi (per evitare il fenomeno dell'isola di calore).

Caratteristiche degli spazi relativi all'utilità pedagogica.

La classe costituisce il raggruppamento convenzionale previsto dai programmi vigenti per ogni tipo di scuola, ad eccezione della scuola materna che è organizzata in sezioni. Tale raggruppamento convenzionale tende a trasformarsi in altri raggruppamenti determinati non solo in base alla età, ma anche in funzione delle attitudini e degli interessi di ciascun alunno, sia per quanto concerne le attività programmate che quelle libere. Ne consegue che lo spazio tradizionalmente chiamato "aula", destinato oggi ad ospitare la classe, già organizzata per attività, deve consentire lo svolgersi completo o parziale delle materie di programma da parte degli allievi, sia individualmente, sia organizzati in gruppi, deve poter accogliere nel suo ambito tutti quegli arredi e attrezzature per il lavoro individuale, o di gruppo, deve essere complementare rispetto all'intero spazio della scuola.

Esso, pertanto, non può costituire elemento base da ripetere in serie, lungo un corridoio di disimpegno, ma dovrà, quanto più possibile, integrarsi spazialmente con gli altri ambienti, sia direttamente, sia attraverso gli spazi per la distribuzione, a seconda del tipo di scuola.

Per la scuola materna, dove l'unità pedagogica è costituita dalla sezione, e dove tutte le attività assumono una funzione eminentemente educativa e globale, concentrata nella unità stessa, gli spazi, principali destinati all'unità debbono avere le seguenti caratteristiche:

- 1) essere raggruppati in modo che non più di tre sezioni usufruiscano degli stessi spazi comuni;
- 2) dovranno consentire, pur nella integrazione spaziale, lo svolgimento separato delle attività seguenti, che, malgrado la molteplicità dei programmi e dei metodi educativi sono state individuate come comuni ad ogni programma:
 - attività ordinate (attività che gli scolari svolgono a tavolino o su bancone);
 - attività libere (di carattere motorio o ludico o di carattere complementare, ecc.);
 - attività pratiche (indossare o togliersi gli indumenti, piccole operazioni di toletta personale, uso dei servizi, mensa, ecc.).
- 3) lo spazio per le attività ordinate deve servire una sola sezione, o deve essere opportunamente studiato per consentire, nella sua forma, una serie di possibili variazioni dell'arredo, consentendo eventualmente nel suo ambito spazi minori, adeguatamente attrezzati, per lo svolgimento di attività speciali;
- 4) lo spazio per le attività libere può servire una o più sezioni; lo spazio per le attività pratiche deve, compatibilmente con lo svolgimento delle sue funzioni, essere integrato con lo spazio totale della sezione per le sue funzioni pedagogiche ed educative.
- 5) la mensa può essere collocata in uno spazio a sé stante, comune a tutte le sezioni; deve anche essere prevista una adeguata cucina ed una dispensa, opportunamente disimpegnata;
- 6) affinché le attività ordinate o quelle libere possano svolgersi in parte al chiuso e in parte all'aperto, gli spazi relativi debbono essere in stretta relazione con lo spazio esterno, organizzato all'uopo, anche per consentire l'esercizio dell'osservazione e della sperimentazione diretta a contatto con la natura; dovranno, inoltre, essere previsti spazi coperti, ma aperti, intesi ad assolvere un compito di mediazione tra l'aperto e il chiuso.

Nella scuola elementare le unità pedagogiche debbono essere idonee allo svolgimento delle diverse attività ed avere la possibilità di adeguarsi alle variazioni degli arredi e delle attrezzature, devono avere, per quanto possibile, un diretto contatto con lo spazio all'aperto, nel quale poter svolgere attività didattiche e ricreative, debbono essere tra loro in organica relazione, ed in stretta relazione con gli spazi comuni dell'intera scuola, in modo visivo e spaziale e tale da eliminare al massimo disimpegni a corridoio.

Nella scuola secondaria di primo grado (media), nello spazio dell'unità pedagogica si svolgono attività che hanno carattere prevalentemente teorico e che non necessitano di attrezzature specializzate: debbono comunque avere opportune caratteristiche e consentire una flessibilità tale da permettere lo svolgersi di attività individuali e di gruppo, consentire una facile trasformazione da aula normale in aula speciale, qualora sia necessario, ed essere comunque integrati, spazialmente e visivamente, con gli altri ambienti della scuola.

Per quanto riguarda le dimensioni delle aule, viene suggerito di rispettare il parametro di 1,80 mq. per alunno.

Caratteristiche degli spazi relativi all'insegnamento specializzato.

Lo spazio per l'insegnamento specializzato deve essere previsto per ospitare attività didattiche che sono ben caratterizzate e definite per tipi di scuole e di insegnamento. Corrispondono a spazi che, in correlazione tra loro, tali da permettere nel loro interno un facile svolgimento di ogni materia di programma, sono organizzati per accogliere le attrezzature e gli arredi specializzati necessari per ogni attività. Possono avere dimensioni contenute rispetto all'aula, per l'attività monosettoriale che in genere vi si svolge, ed essere rappresentati, tra gli altri, da:

Laboratori linguistici – dotati di sistema di video proiezione e di riproduzione sonora.

Laboratorio musicale – dotato di armadietti idonei a riporre strumenti musicali di vario tipo.

Laboratorio scientifico – dove si trovano strumenti e sussidi didattici per la matematica e le altre materie; è opportuno sia presente un lavandino, utile nello svolgimento di alcune attività.

Laboratorio attività espressive e manuali – destinato ad attività manuali ed artistiche, dotato di armadi per conservare materiali particolari, tra cui fogli, tempere, cassettiere per disegni e strumenti per lavorare con legno e cartone.

Laboratorio di informatica – Recentemente si preferisce utilizzare postazioni PC all'interno delle classi.

Spazi relativi alla comunicazione, alla informazione e alle attività parascolastiche.

Questi spazi comprendono, come nuclei fondamentali, la biblioteca e l'auditorio, in cui tutte le attività della scuola, sia didattiche o parascolastiche, sia associative, trovano un momento di sintesi globale. Essi inoltre, pur garantendo lo svolgimento delle specifiche funzioni, debbono essere tali da integrarsi, visivamente e spazialmente, con tutto l'organismo scolastico.

Spazi per l'educazione fisica e sportiva.

Tale categoria di spazi dovrà presentare caratteristiche e requisiti strettamente correlati al livello scolastico per cui vengono realizzati, anche al fine di evitare sotto-utilizzazioni. Sono previsti requisiti e dimensioni diverse in relazione al numero di classi, ed in previsione di possibili utilizzi extra scolastici da parte della collettività.

In particolare, per le scuole che stiamo considerando, esistono due tipi di palestre:

tipo A1 - unità da 200 m² per scuole elementari da 10 a 25 classi e per scuole medie da 6 a 20 classi;

tipo A2 - due unità da 200 m² più i relativi servizi per scuole medie da 21 a 24 classi.

Le palestre per i vari tipi di scuole presenteranno:

- una zona destinata agli insegnanti costituita da uno o più ambienti e corredata dai servizi igienico-sanitari e da una doccia;
- una zona di servizi per gli allievi costituita da spogliatoi, locali per servizi igienici e per le docce;
- una zona per il servizio sanitario e per la visita medica ubicata in modo da poter usufruire degli spogliatoi e degli altri locali disponibili anche per questa funzione;
- una zona destinata a depositi per attrezzi e materiali vari necessari per la pratica addestrativa e per la manutenzione.

Per quanto attiene più specificatamente le attività e gli spazi destinati al gioco e alle attività ginniche e sportive nei vari tipi di palestre si avrà:

- i) per la scuola elementare la palestra, obbligatoria negli edifici da 10 a 25 classi, può essere di norma non collegata a dimensioni di campi per giochi agonistici, in quanto l'attività ginnica che vi si svolge è di carattere ludico; nelle scuole da 5 a 9 classi l'attività ginnica si può svolgere nella sala per attività collettive opportunamente attrezzata;
- ii) per la scuola media le dimensioni e le caratteristiche sono analoghe mentre si avrà un raddoppio della unità prevista, con la possibilità sia di poter creare su tale superficie un

campo regolamentare di pallavolo o di minibasket, sia di dividere la palestra in due unità da 200 m² per consentire l'uso contemporaneo a due gruppi diversi; sempre per la scuola media, in alternativa è consentita la realizzazione di una vasca per l'apprendimento e la pratica del nuoto.

Poiché la palestra potrebbe essere disponibile all'uso della comunità extra-scolastica (oltre che a quello delle altre scuole) è importante che la sua relazione con l'organismo scolastico sia tale da consentire un accesso praticamente indipendente, anche in previsione di uso in orario non scolastico, e con la possibilità di escludere l'accesso agli spazi più propriamente didattici.

Nelle scuole medie, inoltre, l'area di gioco all'aperto può prevedere piste per l'atletica, impianti per il salto in alto e in lungo, campi sportivi polivalenti con pavimentazioni utili a ridurre i danni conseguenti a cadute, ecc.

Spazi per l'amministrazione, la distribuzione, per i servizi igienico-sanitari e per gli spogliatoi.

Sulla base della vigente normativa è possibile ricavare precisamente le caratteristiche di questi locali.

Spazi per la mensa

La mensa deve essere organizzata in uno spazio dimensionato in funzione del numero dei commensali, calcolato tenendo presente che i pasti potranno essere consumati in più turni, e ciò rappresenta una occasione di educazione alla convivialità.

Inoltre lo spazio per la mensa potrà anche non costituire un ambiente isolato ed in questo caso la superficie afferente, con le relative funzioni, verrà ridistribuita all'interno dell'organizzazione degli spazi didattici con un criterio di polifunzionalità. Per quanto riguarda le dimensioni, possono essere sufficienti mq.1,40 ad alunno.

A servizio dello spazio per la mensa si deve prevedere:

- i) un locale cucina di dimensioni e forma tale da permettere lo svolgimento in modo razionale delle funzioni cui è destinata e di poter accogliere le attrezzature necessarie all'uopo;
- ii) una dispensa per la conservazione delle derrate anche in frigorifero, possibilmente con accesso proprio dall'interno;
- iii) un locale per lavaggio delle stoviglie;
- iv) uno spogliatoio, doccia e servizi igienici per il personale addetto, separati con idonei disimpegni dai locali precedenti;
- v) uno spazio per la pulizia degli allievi, corredato di lavabi e servizi igienici (pur potendo fruire dei servizi di piano).

La cucina deve avere accesso indipendente dalla scuola per consentire l'approvvigionamento delle merci e l'accesso del personale. Inoltre deve essere adiacente alla sala mensa. Per quanto riguarda le caratteristiche e le dimensioni dei locali occorre fare riferimento al Regolamento CE 852/2004 e ai Regolamenti locali

5. INDICAZIONI RELATIVE ALL'ARREDAMENTO E ALLE ATTREZZATURE

Tutti i locali devono essere dotati di arredamento ed attrezzature necessarie ed indispensabili per assicurare lo svolgimento delle attività didattiche, di educazione fisica, di laboratorio e tutte le altre attività. Le caratteristiche (tipo, forma e dimensioni) dell'arredamento e delle attrezzature dipendono dal tipo di scuola, dall'età e dalle esigenze psicobiologiche degli alunni e sono quelle delle norme UNI.

Particolare attenzione deve essere posta alle caratteristiche di tavoli e sedie per gli allievi. Oltre ad essere coordinati, devono garantire il rispetto dei requisiti dimensionali ed ergonomici delle norme UNI 7713/1977, ed i seguenti ulteriori requisiti:

1) Requisiti d'uso:

a) Accessibilità da tutti i lati: non dovranno presentare una direzione preferenziale ma dovranno poter essere utilizzati indifferentemente dai quattro lati dagli utenti previsti. Saranno pertanto da escludersi ingombri a pavimento quali i collegamenti fra coppie di gambe che ostacolano l'accesso al tavolo da due lati su quattro.

b) Continuità del piano di lavoro: i tavoli dovranno presentare un piano continuo di lavoro di dimensioni che tengano conto della statura degli utenti previsti, senza nessuna soluzione di continuità (fessure, scanalature, fori, risalti, teste di viti, etc).

c) componibilità: i tavoli dovranno potersi comporre tra loro.

2) Requisiti di resistenza del piano di lavoro, al carico orizzontale, all'impatto, alla caduta;

3) Requisiti di resistenza a sollecitazioni varie

Particolare cura dovrà essere prestata alla connessione fra struttura portante e piano di lavoro, per garantire una sufficiente resistenza alle sollecitazioni dinamiche derivanti non solo da usi anomali, ma prevedibili, dei tavoli stessi, e anche dalle vibrazioni e sollecitazioni dovute ai frequenti spostamenti necessari per ragioni didattiche e di pulizia.

4) Requisiti di resistenza agli urti.

Le finiture superficiali (vernici placcate, impiallacciate, bordi, strati di riporto, etc) dovranno resistere agli urti non solo accidentali ma anche legati alle necessità d'uso, di trasporto, di immagazzinamento e di accatastamento. I bordi riportati dovranno essere fortemente solidali con il supporto per resistere alle sollecitazioni fisiche dovute all'escursione termica, alle oscillazioni dei valori dell'umidità (durante il trasporto, l'immagazzinamento l'uso anche saltuario in ambienti esterni) ed alle sollecitazioni meccaniche di strappo causate dagli utenti.

5)Requisiti di comportamento termoigrometrico

La superficie del piano di lavoro non dovrà dare sensazione di freddo all'utente, essendone previsto il contatto diretto e continuo col corpo umano, sarà quindi da preferire una finitura superficiale con materiali termicamente poco conducibili.

6)Requisiti relativi al contatto con i liquidi

Il tavolo dovrà offrire una buona resistenza chimica alla corrosione e dovrà essere anche apprezzabilmente impermeabile a contatto con vari prodotti di uso comune (quali, ad esempio, biro, inchiostro, pennarelli, vernici, tempere, acqua, grassi animali e vegetali, detersivi), in modo da consentire l'uso continuo e la pulizia periodica del manufatto, pur conservando inalterate a lungo le sue caratteristiche.

7)Requisiti ottici e visivi

Il tavolo dovrà presentare un piano di lavoro non eccessivamente riflettente, per evitare i fenomeni di abbagliamento in condizioni di illuminazione sia naturale che artificiale. Non dovrà, di contro, avere colori scuri, per garantire una sufficiente luminosità ambientale. I colori dei componenti del tavolo dovranno essere stabili alla luce e non variare nel tempo.

8)Requisiti acustici

Dovranno essere previsti gli accorgimenti necessari per rendere silenzioso il manufatto durante l'uso e gli spostamenti. Se la struttura di sostegno lo richiede, essa dovrà essere munita di idonei terminali, atti a garantire una sufficiente silenziosità, stabilità e fissità. I terminali da applicare dovranno avere una tenuta al supporto atta ad impedire ogni possibile estrazione o distacco sia manuale sia accidentale, mentre dovranno potersi rimuovere senza difficoltà con l'uso di qualche strumento ausiliario, per necessità manutentive di sostituzione, inoltre dovranno essere resistenti e costruiti con materiali che allo strisciamento non lascino tracce di alcun genere sul pavimento. I sistemi di fissaggio di qualunque parte del manufatto dovranno essere molto robusti, per evitare cigolii, considerato che le sollecitazioni degli utenti possono essere asimmetriche ed anomale.

9)Requisiti relativi a fenomeni elettrostatici

I materiali usati, in particolare per i piani di lavoro, non dovranno essere elettrostatici.

10) Requisiti di affidabilità e di manutenzione

Il manufatto nel suo complesso dovrà essere affidabile, ovviamente riferito alle condizioni d'uso normali. Per quanto riguarda invece la manutenzione, eventuali componenti difettosi dovranno essere facilmente rimovibili con normali attrezzature in dotazione al personale scolastico, per effettuare la sostituzione con parti di ricambio. Anche la pulizia del manufatto e dei suoi componenti dovrà essere facilmente effettuata con canovacci, detersivi e detergenti di normale uso, e comunque dichiarati dalla casa costruttrice facilmente reperibili. Analogamente dovrà potersi effettuare la sterilizzazione.

11) Tolleranze dimensionali

Le tolleranze dimensionali delle parti costituenti gli arredi sono per lo più normate (tubi metallici in UNI 48583.1., laminati plastici in UNI 4858.7.2, etc).

Per quanto riguarda le sedie, devono poter essere utilizzate dagli allievi per svolgere con comodità di postura attività individuali e di gruppo. I requisiti dimensionali ed ergonomici devono rispettare le indicazioni contenute nelle norme UNI 7713 del 1977 e, nei requisiti d'uso, deve essere richiesta la massima comodità di postura, con la seduta e l'appoggio schienale della sedia realizzati in funzione delle indicazioni ergonomiche, facile trasportabilità e leggerezza, impilabilità e resistenza alle diverse sollecitazioni.

Tutti gli arredi presenti nella scuola dovranno essere realizzati con materiali di prima qualità e a perfetta regola d'arte. Inoltre, gli arredi in legno dovranno essere realizzati con materiale riciclato (ad esempio il truciolare) o proveniente da foreste gestite in modo sostenibile. Non devono essere utilizzate nella loro lavorazione sostanze impregnanti, conservanti e di finitura non consentite in Italia (biocidi o composti con mercurio o arsenico). Tutti i materiali utilizzati dovranno avere composizione sicura e certificata, con assenza di sostanze pericolose (plastiche esenti da cloro o metalli esenti da cadmio, mercurio, nickel, arsenico, stagno ecc.).

Tutti gli arredi, inoltre, dovranno garantire:

- Assenza di rischi di danni personali o agli indumenti (assenza di spigoli, con saldature a filo continuo o a filo piano, senza bordi taglienti, senza parti che possano causare l'intrappolamento delle dita ecc),
- Limitati rischi di incendio (classe di resistenza al fuoco),
- sicurezza dei prodotti utilizzati per i trattamenti superficiali (senza composti organici alogenati, ftalati, pigmenti a base di anilina o piombo, cadmio stagno o cromo),
- ridotta emissione di COV (Composti Organici Volatili).

Infine, dovranno avere dimensioni ottimali, in relazione all'altezza dei bambini, ed essere accompagnati da certificazioni su una serie di prove eseguite da laboratori accreditati (dichiarazione di conformità, prove per caratteristiche dimensionali, marcatura, requisiti generali di sicurezza, stabilità, carico statico orizzontale, emissione di formaldeide, ecc. norme EN-UNI).

6. CONDIZIONI DI ABITABILITA'

Ogni edificio scolastico deve essere tale da offrire a coloro che lo occupano condizioni di abitabilità soddisfacenti per tutto il periodo di durata e di uso, malgrado l'influenza di agenti esterni. In particolare la scuola deve garantire requisiti ottimali relativi a:

- i) condizioni acustiche (livello sonoro, difesa dai rumori, dalle trasmissioni dei suoni, dalle vibrazioni, ecc.);

- ii) condizioni dell'illuminazione e del colore: (grado e qualità dell'illuminazione naturale e artificiale; eccesso e difetto di luce, regolarità, qualità del colore e suoi rapporti con la luce, ecc.);
- iii) condizioni termoigrometriche e purezza dell'aria (livello termico, difesa dal caldo e dal freddo, dall'umidità, dalla condensazione, ecc.).

CONFORT ACUSTICO

In una scuola il confort acustico è essenziale. Attualmente esistono dei valori guida che occorre cercare di raggiungere.

Ambienti	Effetti sulla salute e valori guida
Terrazze ed esterni (ore 6 –22)	55 dB LAeq – per evitare grave molestia nella maggior parte delle persone 50 dB LAeq – per evitare moderata molestia nella maggior parte delle persone
Soggiorni – interni (ore 6 –22)	35 dB LAeq – per evitare problemi nella conversazione e nella comprensione delle singole parole

Sulla base della valutazione del clima acustico, devono essere progettati e realizzati gli interventi di mitigazione eventualmente necessari, dimensionati con riferimento ai limiti e agli obblighi risultanti dalla classificazione acustica del territorio, dal DPCM 14/11/97 e dai regolamenti di esecuzione che disciplinano l'inquinamento acustico originato dalle infrastrutture dei trasporti.

Nella realizzazione dei nuovi edifici scolastici, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, si tiene conto del clima acustico e dei requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici (gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria, gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento).

Nella progettazione e realizzazione di ambienti scolastici con interventi di:

- nuova costruzione compresi gli ampliamenti;
- ristrutturazione edilizia limitatamente ai casi di demolizione e ricostruzione, e ai casi di ristrutturazione globale;
- risanamento conservativo con contestuale cambio di destinazione d'uso;

devono essere preventivamente valutate le caratteristiche dei materiali utilizzati in modo da avere una adeguata protezione acustica degli ambienti dal rumore di calpestio, dal rumore prodotto da impianti o apparecchi installati nell'immobile, dai rumori provenienti da sorgenti esterne al fabbricato, dai rumori o dai suoni aerei provenienti da alloggi o unità immobiliari contigui e da locali o spazi destinati a servizi comuni. In ogni caso, in funzione della classificazione degli ambienti abitativi, dovranno essere rispettati i parametri di cui al D.P.C.M. 5.12.1997, fatta eccezione per i tempi di riverberazione degli edifici scolastici per i quali deve essere fatto riferimento ai limiti stabiliti dal D.M. 18.12.1975.

RIVERBERAZIONE SONORA PER EDILIZIA SCOLASTICA

La circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967 citata nel DPCM 5/12/97 è superata dal DM 18/12/75.

Per l'edilizia scolastica, tale DM prevede la misura dei tempi di riverberazione alle frequenze di 250, 500, 1000, 2000 Hz ed il confronto coi valori del tempo di riverberazione ottimale in funzione del volume delle aule. Tali valori possono essere considerati valore limite, ma valori sensibilmente più bassi del tempo di riverberazione determinano la condizione di locale "assordito", pregiudicando anche in questo caso il buon ascolto.

Occorre pertanto avvicinarsi il più possibile ai valori ottimali.

Per quanto riguarda i refettori, per le condizioni acustiche ambientali è consigliabile conseguire tempi di riverberazione più bassi rispetto a quelli ottimali.

CONFORT VISIVO

Gli edifici scolastici devono possedere sufficiente luce naturale ed essere forniti di illuminazione artificiale che assicuri agli studenti il confort visivo, la salute e la salvaguardia della sicurezza, evitando invece l'affaticamento della vista ed i riflessi negativi sul comportamento e sul rendimento scolastico.

Nelle scuole materne e, preferibilmente nelle scuole elementari e medie, l'illuminazione dovrà essere naturale, ed essere progettata in modo da garantire:

- una sufficiente quantità di luce naturale,
- una distribuzione uniforme della luce naturale,
- la vista verso l'esterno,
- la penetrazione della radiazione luminosa all'interno dell'ambiente,
- la privacy,
- l'oscurabilità.

Seguendo questi parametri è possibile garantire un confort visivo e una riduzione dei consumi da energia elettrica.

Il fattore di uniformità dato dal rapporto tra il Fattore di Luce Diurna minimo e il Fattore di Luce Diurna massimo deve essere almeno pari a 0.2 (applicabile ad ambienti con illuminazione unilaterale).

Allo stesso modo bisogna garantire che questi ambienti possano essere completamente oscurati all'occorrenza e vi sia la possibilità di regolare l'illuminazione tramite schermature.

È universalmente accettato che il Fattore di Luce Diurna –FLD– è dato dal rapporto dell'illuminazione interna con quella che si manifesta nello stesso istante all'esterno, il rapporto al variare della illuminazione esterna resta costante; questo è dato da:

$$E_{int} * 100 / E_e = FLD$$

Il FLD è determinato dalla somma di tre aliquote espresse in percentuali:

1. componente del cielo, quantità di luce che arriva in un punto direttamente dalla volta celeste;
2. componente di riflessione esterna, quantità di luce che arriva in un punto dopo riflessioni su superfici esterne;
3. componente di riflessione interna, quantità di luce che arriva in un punto dopo riflessioni su superfici interne al locale.

Per ottenere dei buoni risultati è importante considerare alcuni aspetti:

- Le finestre dei vani giorno devono essere collocate in modo da ricevere radiazione solare diretta anche nel periodo invernale;
- È preferibile privilegiare l'orientamento verso Sud;
- Evitare gli oscuramenti dovuti ad edifici o altre ostruzioni esterne sulle superfici vetrate;
- Dimensionare opportunamente l'ambiente rispetto alle superfici trasparenti, e viceversa;
- Forma e posizione delle superfici trasparenti tali da garantire una corretta distribuzione della luce;
- Disporre la struttura in modo da ridurre al minimo la visione dall'esterno degli spazi abitativi interni;
- avere adeguata collocazione della struttura nel sito e disposizione delle finestre.

L'orientamento a sud delle superfici vetrate permette di ottenere una buona radiazione invernale, ovvero quando le giornate sono più brevi, il sole è più basso e tramonta presto, pertanto le aperture beneficiano più a lungo della radiazione solare nell'arco della giornata. Inoltre queste vetrate sono facilmente schermabili durante il periodo estivo ed evitano problemi di surriscaldamento.

Per verificare la conformità dell'intervento realizzato, il progettista dovrà effettuare la verifica mediante prova in opera, come segue:

- si scelgono gli ambienti "più sfavoriti" ovvero quelli con minore vista al cielo;
- la misura dell'illuminamento interna ed esterna va eseguita su un piano orizzontale;

- si utilizzano due luxometri, dove quello esterno viene generalmente posto sulla copertura dell'edificio, che però non deve essere esposta ai raggi solari diretti, ovvero il cielo deve essere in condizioni di uniformemente coperto;
- i due luxometri utilizzati devono esser congruenti, oppure si può usarne uno purché il passaggio della misurazione avvenuta all'esterno sia rapidamente succeduto da quella all'interno, infatti le condizioni di cielo possono subire variazioni;
- l'illuminamento medio interno si calcola come media degli illuminamenti in precisi punti:

Nel caso di spazio di forma regolare: almeno quattro punti situati all'incrocio degli assi posti a $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$ dello spazio da misurare.

Nel caso di spazio di forma irregolare: suddividendo lo spazio in subspazi di forma regolare quindi si opera come sopra.

Per ogni subspazio va calcolata la media aritmetica dei valori di illuminamento rilevati nei quattro punti di misura. Il valore del FLD dello spazio in esame sarà la media pesata dei valori medi dei singoli subspazi. Nel caso di spazi destinati a destinazioni plurime la verifica può essere effettuata e soddisfatta almeno nei punti fissi di lavoro. In tutti i casi la verifica del FLD è data dal rapporto costante tra illuminazione interna e illuminazione esterna.

Per dimensionare opportunamente l'ambiente nel caso di illuminazione unilaterale affinché la zona più lontana risulti più luminosa è necessario rispettare alcune condizioni:

- la profondità dell'ambiente non deve essere molto maggiore della sua larghezza;
- la profondità dell'ambiente deve essere al massimo due volte maggiore dell'altezza dal pavimento al filo superiore della finestra;
- le superfici della zona più lontana devono essere chiare.

Per assicurare una corretta distribuzione della luce la forma e la posizione delle finestre devono essere tali che il filo superiore della finestra sia il più alto possibile. Le finestre verticali rappresentano la soluzione migliore per garantire nello stesso tempo la quantità di luce naturale necessaria, la visione verso l'esterno e la penetrazione in profondità della luce.

Per garantire un efficace privacy si possono adottare elementi di separazione visiva tra l'edificio e l'ambiente circostante, non completamente opachi, ad esempio l'adozione di schermature, preferibilmente mobili (tende, tapparelle, ante...) o microforate (es. veneziane a lamelle microforate, tende a trama larga, bande microforate) è un buon compromesso tra qualità della luce, controllo dall'introspezione esterna e aspetto architettonico.

L'oscurabilità degli ambienti destinati al riposo può essere d'altra parte garantita anche dall'uso di schermi oscuranti mobili per il controllo degli apporti solari senza compromettere l'ingresso della luce naturale, è il caso di alcune persiane avvolgibili, o di veneziane, purché queste siano in grado di garantire all'occorrenza il totale oscuramento.

Per assicurare una opportuna collocazione della struttura nel sito, questo deve essere posto in modo tale che le finestre siano a una distanza adeguata dagli edifici circostanti, in modo da evitare la vista orizzontale o dall'alto degli ambienti interni. Così si riducono anche i problemi legati all'ostruzione della luce. Un modo efficace per amplificare l'effetto luminoso degli ambienti interni è quello di adottare sia all'interno che all'esterno sugli edifici adiacenti colori chiari che riflettono maggiormente la luce, componente importante per il FLD totale dell'ambiente considerato.

L'orientamento dell'edificio è quindi la prima scelta strategica per individuare l'ottimale disposizione dei vari ambienti della struttura.

Quindi, le strategie da considerare per l'ammissione di luce naturale sono:

- vetrate verticali,
- lucernai,
- guide di luce (cioè sistemi riflettenti o diretti di captazione della luce naturale).

Occorre integrare queste soluzioni con l'apporto della luce artificiale studiando attentamente:

- l'intensità
- la tonalità
- il posizionamento delle fonti luminose.

SISTEMI DI ILLUMINAZIONE

Una corretta progettazione per la realizzazione dell'impianto di illuminazione degli ambienti scolastici è essenziale per evitare disturbi sia sul piano fisico che psichico agli studenti che, essendo in fase di formazione e di crescita, ne risulterebbero maggiormente colpiti. La luce naturale, comunque, deve essere integrata con sorgenti di illuminazione artificiale. Le norme UNI 10380 "illuminazione d'interni con luce artificiale", garantiscono una serie di indicazioni sulle caratteristiche illuminotecniche che l'impianto deve possedere per:

- raggiungere il livello di illuminamento necessario (un adeguato valore di illuminamento, cioè di flusso luminoso emesso da una sorgente, ricevuto dalla superficie da illuminare, espresso in lux, consente di lavorare in sicurezza, senza offuscamento);
- garantire l'uniformità dell'illuminamento, per esempio disponendo gli apparecchi illuminanti su file equidistanti e ad intervalli regolari (consente una migliore percezione dei dettagli);
- limitare i fenomeni di abbagliamento, dovuti alla luminanza eccessiva, per esempio con apparecchi di illuminazione schermati e installati in modo opportuno ad evitare l'abbagliamento diretto o quello riflesso, da parte di superfici lucide;
- indirizzare la scelta verso apparecchi di illuminazione che abbiano la funzione di distribuire, filtrare e convogliare il flusso luminoso, ottimizzando i consumi.

Nell'ambito degli impianti di illuminazione, sono fortemente raccomandati:

- Interruttori locali: l'impianto di illuminazione deve essere sezionato in modo che ogni postazione o area funzionale possa essere controllata da un interruttore (a muro, a cordicella, o con comando remoto ad infrarossi) per consentire di illuminare solo le superfici effettivamente utilizzate.
- Interruttori a tempo: nelle aree di uso infrequente (bagni, scale, corridoi) è sempre economicamente conveniente l'uso di controlli temporizzati, ove non siano presenti sensori di presenza.
- Controlli azionati da sensori di presenza: i sensori di ottima sensibilità e basso costo attualmente sul mercato permettono un uso generalizzato di questo tipo di controlli almeno nelle aree a presenza saltuaria. Se ne consiglia fortemente l'uso.
- Controlli azionati da sensori di illuminazione naturale: nelle aree che dispongono di luce naturale ed in particolare in quelle servite da dispositivi di miglioramento dell'illuminazione naturale (vetri selettivi, condotti di luce etc.) è consigliato l'uso di sensori di luce naturale che azionino gli attenuatori della luce artificiale in modo da garantire un illuminamento totale costante sulle superfici di lavoro e consistenti risparmi di energia.

L'IMPORTANZA DEL COLORE

L'impatto visivo di un edificio scolastico può influenzare una vasta gamma di sentimenti ed emozioni. Se l'ambiente è spento nel colore, disadorno, spigoloso e "grigio", determina sentimenti di indifferenza, estraneità, disagio. Proprio partendo dal disagio provocato dalla scuola troppo bianca, si è cercato di analizzare l'importanza del colore.

Il colore è un fenomeno che investe l'individuo nella sua totalità, in base al fatto che l'occhio è il punto sinergico tra esperienza, memoria e sollecitazioni esterne. Intervenendo con i colori giusti, vengono stimulate percezioni sensoriali che lasciano nella memoria dei segni. Lo stare bene a scuola è legato all'essere in sintonia con il luogo, e questo influenza lo stato d'animo dei bambini. Perciò, oltre ai requisiti di salubrità, confort, funzionalità, anche l'estetica e un ambiente cromaticamente armonico contribuiscono al "benessere". I colori favoriscono ergonomia visiva, benessere e armonia. Per contro l'uso improprio del colore, come anche il non-colore, può generare ambienti negativi dal punto di vista neuropsicologico. L'immagine di una realtà molto colorata è una esperienza sensoriale molto incisiva, che interagisce con le altre esperienze sensoriali dovute al tatto, all'olfatto o al gusto, e va a stimolare le parti più istintive delle menti in fase evolutiva,

condizionandole positivamente. Uno dei primi ricercatori in materia fu Jonn Ott, che documentò come bambini iperattivi e con disturbi di apprendimento migliorassero il loro rendimento scolastico dopo che i loro spazi educativi furono dipinti con colori particolari.

Test psicologici sui colori che hanno inoltre dimostrato come l'accettare o il rifiutare determinate tinte rispetto ad altre, rifletta il progressivo sviluppo del bambino verso l'età adulta. I dati riguardano studenti di età compresa tra i 5 e i 19 anni con una divisione in fasce d'età di natura più specifica.

-bambini tra i 5 e gli 8 anni: rifiutano il nero, il marrone scuro e il bianco; preferiscono invece tinte vicine al rosso, arancione, giallo e violetto;

-bambini tra gli 11 e i 12 anni: non gradiscono i colori acromatici (nero, bianco, grigio) e preferiscono il verde oliva, il violetto e il lilla;

-bambini tra i 13 e i 14 anni: preferiscono le tinte tra il blu e il blu oltremare e l'arancione.

Un ambiente impersonale, un'aula spoglia di piaceri visivi o di manifestazioni di sollecitudine verso i bambini, incanala i sentimenti di questi ultimi verso l'irritabilità e l'irrequietezza; la scelta di colori e luci (oltre ad un' adeguata personalizzazione dello spazio da parte degli alunni stessi) è sicuramente un positivo contributo psico-fisiologico alle condizioni dello studio.

Spesso si evidenzia come il tema della colorazione degli edifici sia uno dei problemi trascurati soprattutto per motivi di ordine economico. Sarebbe auspicabile, invece, ricorrere ad un professionista in questo campo: a prescindere da ciò, è possibile fornire alcune indicazioni:

Asili e scuole elementari:

E' suggerito l'uso di colori vivaci e caldi legati all'indole estroversa dei più piccoli. Tale scelta riduce la tendenza dei bambini alla tensione, al nervosismo ed eventuale ansia.

Colori consigliati: salmone chiaro, giallo tenue e caldo, giallo-arancione pallido, il corallo e il color-pesca.

Scuole medie e istituti di istruzione secondaria:

L'utilizzo di tinte tenui e più fredde ricrea un effetto di passività reattiva aumentando le capacità di concentrazione.

Colori consigliati: il beige, il verde chiaro, il verde pallido e il verdazzurro.

Aule:

Nelle aule in cui gli studenti sono rivolti tutti nella stessa direzione risulta di particolare utilità far sì che la parete frontale sia di un colore diverso da quello delle pareti laterali e di fondo. Lo scopo è quello di dirigere l'attenzione dei ragazzi su ciò che hanno davanti e di far riposare gli occhi agli studenti quando questi alzano lo sguardo dal banco, offrendo loro un evidente contrasto cromatico tra lavagna, pareti, materiali didattici e l'insegnante stesso.

Colori consigliati per le pareti laterali e di fondo: beige, color arenaria, marrone chiaro; per la parete frontale: tonalità intermedie di verde o blu.

Sale di lettura:

Si suggerisce l'uso di tinte riposanti che creino un effetto di passività reattiva e aumentino la concentrazione.

Colori consigliati: verde pallido e verde chiaro.

Corridoi:

In atri e corridoi la gamma di colori consigliata è molto varia. In particolare nelle classi inferiori i colori possono essere vivaci e, nel caso di una scuola a più piani ogni corridoio può essere colorato con delle tinte diverse. Sono più appropriati schemi cromatici che includano colori complementari.

Progettazione degli ambienti esterni:

L'aspetto esteriore di una scuola è relativamente importante rispetto agli spazi interni, tuttavia una buona cura di quest'ultimo può aumentare la propensione di bambini e ragazzi ad andare a scuola.

PUREZZA DELL'ARIA E CONFORT TERMICO GLI INQUINANTI

L'inquinamento dell'aria degli ambienti confinati rappresenta un problema importante per la sanità pubblica, con grandi implicazioni sociali ed economiche per molteplici motivi. In primo luogo, per la prolungata permanenza della popolazione negli ambienti interni di varia natura (casa, scuola, lavoro, svago, mezzi di trasporto), in secondo luogo perché il rischio espositivo non è limitato a categorie ben definite (come per il rischio esclusivamente professionale od occupazionale), ma risulta di particolare gravità per alcuni gruppi più suscettibili quali bambini, anziani e persone già affette da patologie croniche (malattie cardiache, respiratorie, asma bronchiale, allergie).

La presenza di numerosi inquinanti, in primo luogo il fumo passivo, contro il quale si è agito con interventi normativi (divieto di fumo) e il clima caldo-umido (favorente la crescita degli acari e di funghi nella polvere), hanno sicuramente contribuito all'aumento dell'incidenza e della prevalenza di patologie respiratorie croniche, come l'asma, ed all'incremento della loro evoluzione verso forme persistenti, gravi ed invalidanti.

Gli studi scientifici di questi ultimi decenni hanno messo anche in luce che alcuni inquinanti sono in grado di contribuire all'aumento di incidenza di tumori maligni. Un maggior rischio di cancro al polmone è stato associato, oltre che all'esposizione al fumo di tabacco ambientale, al radon, di cui si è già discusso. Inoltre, molti composti chimici presenti nell'aria indoor sono noti o sospettati di causare irritazione o tumori polmonari, e l'inquinamento indoor può rappresentare un importante cofattore nella genesi delle malattie cardiovascolari e di altre malattie sistemiche.

I bambini, tra l'altro, sono più sensibili all'effetto degli inquinanti rispetto agli adulti e, come è noto, le prime età della vita sono le più importanti per lo sviluppo di sensibilizzazione allergica, pertanto la qualità dell'aria nelle scuole anche relativamente a quest'aspetto, appare di primaria importanza per la sanità pubblica.

Con le Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati del 2001, si è inteso indicare la metodologia e gli strumenti principali per raggiungere alcuni importanti obiettivi di salute: la buona qualità dell'aria è un importante determinante della salute. Dal momento che il raggiungimento di una situazione senza rischi appare improbabile, l'obiettivo deve essere cercare di minimizzarli, con l'aiuto di una corretta valutazione preventiva che deve consentire l'individuazione di un'area priva di fattori negativi, e con l'adozione di criteri per regolamentare l'edilizia scolastica, non solo in termini di progettazione, ma anche in materia di materiali da costruzione e di arredo. Solo con queste attenzioni sarà possibile opporsi agli effetti di una serie di inquinanti, di seguito indicati, che tendono a concentrarsi in ambienti indoor e, paradossalmente, a concentrarsi in questi risultandone una concentrazione maggiore rispetto all'esterno:

Inquinanti chimici

- Ossidi di azoto (NO₂, NO₃). Le principali fonti indoor di ossidi d'azoto sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e da radiatori a gas privi di scarico esterno e dal fumo di tabacco;
- Ossidi di zolfo (SO₂). Le principali fonti di SO₂ negli ambienti indoor sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco;

- Monossido di carbonio (CO) . I livelli di CO sono significativamente influenzati dalla presenza di processi di combustione, quali sistemi di riscaldamento e cottura senza ventilazione o con scarsa ventilazione e fumo di tabacco;
- Ozono (O3). La quota proveniente dall'esterno rappresenta generalmente la maggior parte dell'ozono presente nell'aria interna, tuttavia, in un ambiente confinato può essere emesso in maniera significativa da strumenti elettrici ad alto voltaggio, quali motori elettrici, stampanti laser e fax;
- Particolato aerodisperso (PM 2,5, PM 10). Negli ambienti indoor il particolato è prodotto principalmente dal fumo di sigaretta, dalle fonti di combustione e dalle attività degli occupanti.
- Composti organici volatili (VOC). Sono emessi da strumenti di lavoro quali stampanti e fotocopiatrici, ma anche da materiali da costruzione e dagli arredi (es. mobili, moquettes, rivestimenti) che possono determinare emissioni continue e durature nel tempo (settimane o mesi): importanti concentrazioni di VOC sono riscontrabili in particolare nei periodi immediatamente successivi alla posa dei vari materiali o alla installazione degli arredi. Possono determinare una emissione importante, anche i dispositivi di riscaldamento e l'uso di materiali di pulizia e di prodotti vari (es. colle, adesivi, solventi).
- Un'errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina) o una scarsa areazione dei locali, possono determinare una importante penetrazione dei suddetti inquinanti.
- Benzene. Le sorgenti di maggior rilievo indoor sono i prodotti di consumo, come adesivi, materiali di costruzione e vernici. Il fumo di sigarette e l'impatto di parcheggi interni o prossimi agli edifici può essere rilevante.
- Formaldeide. La formaldeide è un composto organico in fase vapore che oltre a essere un prodotto della combustione, è anche emesso da resine urea-formaldeide usate per l'isolamento e da resine usate per truciolato e compensato di legno, per tappezzerie, moquettes e per altro materiale da arredamento.
- Idrocarburi aromatici policiclici (IPA). Le sorgenti principali sono le fonti di combustione (es. caldaie a cherosene) ed il fumo di sigaretta.
- Antiparassitari. Penetrano all'interno degli edifici, anche quando vengono applicati all'esterno, tramite soluzioni di continuità e fessure presenti nelle fondazioni e negli scantinati. Un settore particolare di applicazione di questi composti è il trattamento antimuffa del legno.
- Amianto. La liberazione di fibre di amianto all'interno degli edifici può avvenire per interventi su materiali contenenti amianto per manutenzione su stabili.

Inquinanti fisici

Radon.

Contaminanti microbiologici

Le principali fonti di inquinamento microbiologico degli ambienti indoor sono gli occupanti (uomo ed animali), la polvere, le strutture ed i servizi degli edifici.

Altre possibili sorgenti di microrganismi sono gli umidificatori ed i condizionatori dell'aria, dove la presenza di elevata umidità e l'inadeguata manutenzione facilitano l'insediamento e la moltiplicazione dei microrganismi che poi vengono diffusi negli ambienti dall'impianto di distribuzione dell'aria. In particolare, diversi studi hanno evidenziato che gli umidificatori di impianti centralizzati sono idonei terreni di coltura per batteri termofili e termoresistenti e

serbatoi di endotossine batteriche. Altri siti che possono costituire serbatoi di contaminanti biologici sono le torri di raffreddamento degli impianti di condizionamento ed anche i serbatoi e la rete distributiva dell'acqua ad uso domestico.

Tra i contaminanti ambientali di interesse emergente, un ruolo sempre più importante assumono gli allergeni indoor. L'aumento di prevalenza dell'asma registrato negli ultimi anni nei bambini e negli adolescenti è soprattutto a carico delle forme perenni, in una considerevole parte delle quali è evidenziabile una sensibilizzazione a allergeni presenti negli ambienti indoor. I principali allergeni all'interno degli edifici sono dovuti solitamente agli acari ed a microrganismi come funghi e batteri. La condizione ambientale che ne favorisce la crescita è l'elevata umidità dell'aria e delle murature.

CONFORT TERMICO

Buone condizioni di temperatura, umidità e ventilazione degli ambienti scolastici, insieme ad una scelta ragionata dell'area, esente da sorgenti inquinanti, contribuiscono a diminuire sensibilmente la presenza di inquinanti all'interno delle strutture. Comunque, raggiungere condizioni di benessere ambientale in una scuola non è facile. Ci si riferisce infatti ad una condizione dell'aria percepita come ottimale dal punto di vista fisico (temperatura, umidità ventilazione) e chimico (aria "pulita"). Dal punto di vista igienico-sanitario una condizione ambientale è da considerare accettabile non solo quando i principali parametri microclimatici sono nell'intervallo di normalità e nell'aria non sono presenti contaminanti, ma soprattutto quando la grande maggioranza delle persone esposte sono soddisfatte della qualità dell'aria. Ciò presuppone il conseguimento del benessere termico, condizione indispensabile e prioritaria per il conseguimento del benessere totale.

Più in dettaglio, si definisce Equilibrio termico la condizione in cui il corpo riesce, facendo ricorso ai suoi meccanismi di autoregolazione ad eguagliare i termini positivi e negativi relativi alla produzione interna di calore ed agli scambi di calore con l'ambiente.

Si definisce Benessere igrotermico la condizione mentale che esprime soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico. La condizione per cui si abbia la più alta percentuale di persone che esprimono un giudizio di benessere è definita di Benessere ottimale.

I parametri principali che influenzano il benessere termico sono:

Temperatura dell'aria (°C):

La temperatura dell'aria, intesa come temperatura di bulbo secco, è il fattore più importante nella determinazione del benessere termico.

Temperatura media radiante (TMR, °C):

È la temperatura media pesata delle temperature delle superfici che delimitano l'ambiente incluso l'effetto dell'irraggiamento solare incidente. Influisce sugli scambi per irraggiamento. Assieme alla temperatura dell'aria, la TMR è il fattore che influenza maggiormente la sensazione di calore perché la radiazione che cade sulla cute ne attiva gli stessi organi sensori. Se il corpo è esposto a superfici fredde, una quantità sensibile di calore è emessa sotto forma di radiazione verso queste superfici, producendo una sensazione di freddo. La variazione di 1 °C nella temperatura dell'aria può essere compensata da una variazione contraria da 0.5 a 0.8 °C nella TMR: la condizione più confortevole è stata considerata quella corrispondente ad una TMR di 2 °C più alta della temperatura dell'aria. Una TMR più bassa di 2 °C è pure tollerabile se la radiazione emessa dal corpo è quasi la stessa in tutte le direzioni e ciò avviene solo se le temperature superficiali dell'ambiente circostante sono praticamente uniformi.

Velocità dell'aria (m/s):

Tutti gli ambienti sono soggetti a movimenti anche impercettibili dell'aria. La velocità minima è di 0,075 m/s ma si inizia a percepire il movimento dell'aria a 0,3 m/s. Alle temperature più alte anche 1 m/s è considerato piacevole, ed una velocità sino a 1.5 m/s è tollerabile. Nella stagione fredda, all'interno di un locale riscaldato la velocità dell'aria non dovrebbe superare i 0.25 m/s.

Ovviamente, la ventilazione influisce anche sulla qualità dell'aria interna e quindi sulla salute degli occupanti.

Umidità relativa (%):

L'umidità relativa è il rapporto fra la quantità di acqua contenuta in un kg d'aria secca ad una certa temperatura e la quantità massima di acqua che potrebbe essere contenuta alla stessa temperatura dallo stesso kg d'aria. L'umidità dell'atmosfera, se non è estremamente alta o bassa, ha un effetto lieve sulla sensazione di benessere. Quando l'umidità relativa è minore del 20% le membrane mucose si seccano ed aumentano le possibilità di infezione.

A basse temperature l'aria molto secca accresce la sensazione di freddo in quanto l'umidità che raggiunge la superficie dell'epidermide evaporando provoca una spiacevole sensazione di freddo.

Per temperature dell'aria superiori ai 32 °C con l'umidità relativa oltre il 70 % si accentua la sensazione di caldo in quanto il sudore prodotto non può evaporare. In regime stazionario un aumento di l'umidità relativa del 10 % ha lo stesso effetto di un aumento di temperatura di 0,3 °C. L'influenza dell'UR aumenta se ci si sposta fra ambienti con diverse quantità della stessa (cioè in regime dinamico) aumentando l'incidenza sulla sensazione di benessere fino a 2 o 3 volte.

Possono essere considerate in ambienti civili le seguenti condizioni termo igrometriche come condizioni ottimali:

	estate	inverno
Temperatura dell'aria	26° C	20°C
Umidità relativa	30% <UR<60%	30%<UR<50%
Velocità dell'aria	0,1-0,2 m/s	0,05-0,1 m/s
Temperatura effettiva	20-22 °C	18-20°C

Devono essere rispettate le esigenze del mantenimento della temperatura dell'aria nei principali spazi della struttura scolastica entro i limiti di comfort, del contenimento della dissipazione energetica, del controllo delle temperature delle superfici degli spazi interni e del controllo dell'umidità interna delle pareti, al fine di:

- limitare i disagi provocati da una eccessiva non uniformità delle temperature radianti delle superfici dello spazio;
- limitare i disagi provocati dal contatto con pavimenti troppo caldi o troppo freddi;
- impedire la formazione di umidità superficiale non momentanea;
- evitare fenomeni di condensa e muffe.

Al fine del mantenimento della temperatura dell'aria in condizioni di comfort senza eccessive variazioni nello spazio e nel tempo, con il minimo utilizzo delle risorse energetiche, è necessario che il sistema struttura-impianto risulti ottimizzato. Dovranno pertanto essere valutate le opportune strategie, adottando soluzioni tipologiche ed impiantistiche che permettano di controllare efficacemente la temperatura dell'aria nei diversi ambienti anche in considerazione dei fattori termici stagionali:

- contenimento delle dispersioni per trasmissione (elevato isolamento termico dell'involucro opaco e trasparente);
- adozione di pareti ad elevata inerzia termica;
- impiego di cronotermostati ambiente;
- impiego di valvole termostatiche;
- sezionamento dell'impianto di riscaldamento/condizionamento con recupero delle risorse nel circuito dell'impianto;
- impiego di impianti di tipo radiante;
- impiego di sistemi integrati di domotica;
- adozione di soluzioni che permettano di mantenere la temperatura superficiale entro la soglia di comfort.

Tali soluzioni andranno opportunamente verificate per edifici ventilati naturalmente e per edifici dotati di un sistema centralizzato di condizionamento dell'aria.

Requisito di qualità risulta il mantenimento della temperatura dell'aria nei principali spazi abitativi, nelle stagioni di esercizio degli impianti di riscaldamento, entro un campo di 18-20°C. Esso va accompagnato al controllo sull'umidità relativa necessario in tutti gli ambienti dove si permane a lungo, al fine di prevenire manifestazioni patologiche per gli occupanti (con umidità basse) e degrado delle condizioni igieniche degli ambienti (per umidità alte).

Nel caso di superfici vetrate e/o trasparenti, tenendo conto che i vetri sono parzialmente trasparenti alla radiazione solare incidente, la radiazione entrante colpisce le superfici interne (pavimenti, arredi, muri) provocando un riscaldamento di tali corpi che a loro volta cedono calore per convezione e irraggiamento all'aria ambiente (la parte restante viene ceduta agli ambienti confinanti) con un ritardo che dipende dalla loro capacità termica. L'effetto risultante è un aumento della temperatura dell'aria interna con tanto maggiore ritardo ed attenuazione quanto più grande è la capacità termica delle pareti interne, divisori, soffitto, pavimento, arredi, etc.

L'applicazione, sulla superficie esterna o interna delle pareti degli edifici, di materiali isolanti termici richiede l'analisi dei problemi igrometrici insieme alle esigenze di contenimento dei consumi energetici. Non sempre le soluzioni adottate portano benefici per quanto riguarda il trasporto del vapore. Per interventi di nuova edificazione, le soluzioni scelte per le pareti perimetrali devono soddisfare non solo a requisiti di tipo energetico, ma anche di tipo igrometrico (Legge 10/91). L'idoneità dell'intervento dipende dalla zona climatica in cui si opera ed alcuni aspetti del problema sia in relazione ai fenomeni di superficie (alti valori di umidità relativa, tali da provocare proliferazione di muffe), sia a quelli interstiziali (condensazione del vapore all'interno delle strutture).

Le valutazioni vanno effettuate in base alla norma UNI 10350/99 che considera gli aspetti di trasmissione del vapore e condensazione nelle strutture edilizie e che prescrive i procedimenti per il calcolo della temperatura superficiale tale da evitare valori critici dell'umidità relativa in corrispondenza delle superfici e necessaria per la previsione della condensa interstiziale dovuta alla diffusione del vapore acqueo. L'attuale EN ISO13788 del luglio 2001 sostituisce tale norma, ma non comporta sostanziali differenze nell'applicazione del metodo.

La presenza di muffe o situazioni di degrado imputabili ad acqua da condensazione, superficiale e/o interstiziale nelle pareti degli edifici comporta una riduzione della qualità dell'aria interna. I danni che derivano sono quelli tipici del degrado causato dall'acqua: trasporto di sali, gelività, formazione della muffa. Inoltre la condensazione interstiziale causa la riduzione del potere isolante della struttura e quindi un aggravamento del fenomeno. L'umidità si accumula nelle porosità della muratura, nelle intercapedini. Durante la stagione estiva l'umidità eventualmente accumulatasi d'inverno deve poter evaporare asciugando la muratura. Non sempre ciò avviene, nelle pareti poco soleggiate (ad es. a nord) o in presenza di superfici poco traspiranti verso l'esterno. In questi casi la muratura si presenterà alla successiva stagione invernale con dell'umidità residua e quindi la situazione è destinata a peggiorare progressivamente negli anni.

Spesso la formazione di condensa è anche causata dalla presenza di una tubazione dell'acqua priva di coibentazione ed annegata nella muratura, ciò può dare luogo a processi di corrosione per effetto della presenza di acqua e di disgregazione dell'intonaco. Il fenomeno è dovuto al vapore che migrando all'interno della muratura va a condensare sulla superficie fredda della tubazione. Il fenomeno è analogo a quello che si riscontra d'estate nei locali destinati a cantine: l'aria calda estiva, carica di umidità, condensa sulle superfici fredde (tubazioni etc.).

Per evitare questi fenomeni è opportuna una verifica in sede progettuale per la verifica del rischio di condensa interstiziale. Il metodo di Glaser consente di calcolare la quantità di vapore condensata, in condizioni convenzionali cautelative (70% URi, temperatura interna di progetto; 90% URe e temperatura esterna di progetto per un periodo di 60 giorni). Nel caso si verifichi condensazione, il metodo consente il calcolo della quantità evaporabile nella stagione estiva, in condizioni convenzionali. A titolo informativo, la nuova normativa in elaborazione prevede un diverso utilizzo di tale metodo: essa fa riferimento a condizioni medie mensili di temperatura ed umidità per l'esterno (mese per mese) ed a condizioni reali di temperatura e produzione di vapore per l'interno.

Per ovviare al problema, qualora sia possibile basterebbe aumentare lo spessore dell'isolante che comporta un innalzamento delle temperature superficiali oppure inserire la barriera al vapore. Quest'ultima ha una resistenza al vapore fissa che dipende dalla sua tipologia. La barriera al vapore impedisce il passaggio di vapore d'acqua per controllare il fenomeno della condensa e consiste in uno strato di materiale impermeabile. Non bisogna pensare che essa serva ad impedire eventuali infiltrazioni dall'esterno: per tale scopo sono necessari diversi accorgimenti costruttivi. La sua utilità è solo contro il vapore acqueo proveniente dagli ambienti interni e che potrebbe penetrare fino al materiale isolante termico: dunque va posta dalla parte rivolta all'interno della costruzione.

È anche possibile contrastare il fenomeno della condensa, in fase di progettazione con un'adeguata ventilazione degli ambienti, verificando le ipotesi di condensa interstiziale ed eliminando se possibile, i ponti termici.

È infine possibile prevedere un sistema di aspirazione meccanico di piccola portata che aspiri l'aria dai bagni e dalla cucina ed installare bocchette di ventilazione autoregolanti sui cassonetti o sui serramenti dei locali di soggiorno in modo da far muovere l'aria dai locali meno inquinati verso quelli più inquinati.

La normativa impone anche la verifica della temperatura minima delle superfici interne delle pareti e dei ponti termici; per una buona correzione dei ponti termici è sufficiente che venga soddisfatta la relazione $FT > 0,7$ dove FT (fattore di temperatura) è dato da:

- $FT = (T_p - T_e) / (T_i - T_e)$
- T_p = temperatura superficiale della parete interna
- T_e = temperatura esterna
- T_i = temperatura interna

Anche la realizzazione di rivestimenti di facciata plastici o ceramici possono comportare problemi se non verificata preventivamente a livello progettuale.

La soluzione radicale del problema della condensa attraverso la realizzazione di un rivestimento isolante a cappotto, continuo su tutta la superficie esterna, senza escludere i pilastri, le travi di bordo, davanzali, velette, logge, porticati, ecc. consente l'eliminazione del problema.

Nel caso, tuttavia, è necessario un attento esame che prevede per prima cosa una misura delle condizioni termoigrometriche dell'ambiente: infatti si constata spesso un eccesso di umidità che va ridotta. In generale se si desidera minimizzare i rischi di formazione di condensa occorre:

- ridurre la trasmittanza del ponte termico [W/m K];
- impiegare per la correzione dei ponti termici materiali isolanti che forniscano ottime prestazioni in termini di resistenza termica e di durata nel tempo;
- aumentare la ventilazione, evitando il ristagno dell'aria in corrispondenza di certi ambienti, degli angoli, dietro ai mobili, ecc.;
- verificare che il fattore di temperatura FT sia maggiore o al limite uguale a 0,7.

IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'edificio deve essere progettato al fine di sfruttare tecniche e tecnologie di riscaldamento naturale o "passivo", e sia dimostrato che:

- nel periodo invernale il consumo di energia primaria è inferiore a quella prevista dal "fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale" calcolato come indicato nel DPR n° 412 del 26 agosto 1993 di una percentuale superiore al 10%.
- nel periodo estivo il valore massimo della temperatura operante nell'ambiente più sfavorito, calcolata in assenza di impianto di climatizzazione, è inferiore del 10% a quella massima esterna.

Qualora non possano essere rispettate queste indicazioni e ci sia la necessità dell'impianto di riscaldamento, sicuramente i più adeguati sono i sistemi di captazione solare per il riscaldamento di ambienti e per la produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari.

Inoltre c'è da considerare il fatto che scaldando ad alte temperature o immettendo aria calda, gli elementi tradizionali come i termosifoni e i convettori riscaldano l'aria dell'ambiente che poi va a scaldare le pareti fredde e tutto ciò che è all'interno dell'ambiente. Questo determina un flusso d'aria calda che dal basso sale verso l'alto spingendo l'aria più fredda verso il basso, facendo alzare come

in un invisibile turbinio, le polveri e i microrganismi che sono sul pavimento fino ad una certa altezza (1,20/1.80metri) per poi ricadere per gravità a terra, con maggiore incidenza di reazioni allergiche o irritazioni. Questo inconveniente è del tutto eliminato se si favoriscono gli impianti a pavimento anziché quelli tradizionali.