

**ALLEGATO "E.1"**



*OBIETTIVI PRESTAZIONALI  
PER LA SALUTE E LA SOSTENIBILITÀ  
DELL'AMBIENTE COSTRUITO*

**MANUALE DI APPROFONDIMENTO**

OBIETTIVI PRESTAZIONALI  
PER LA SALUTE LA SOSTENIBILITA' DELL'AMBIENTE COSTRUITO  
MANUALE DI APPROFONDIMENTO





MANUALE DI APPROFONDIMENTO

CAPO I SITO E CONTESTO .....	5
ANALISI DEL SITO.....	5
RAPPORTO TRA EDIFICIO E CONTESTO .....	9
SPAZI VERDI E CONTROLLO DEL MICROCLIMA.....	11
ORIENTAMENTO DEGLI EDIFICI E DEGLI AMBIENTI INTERNI, ILLUMINAZIONE NATURALE E VISIONE ESTERNA .....	19
CAPO II RIDUZIONE INQUINAMENTO .....	25
RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....	25
RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO ACUSTICO .....	28
RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE A RADIAZIONI NON IONIZZANTI A RADIO FREQUENZA (CEM-RF) E A BASSA FREQUENZA 50HZ (CEM-ELF).....	41
RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE AGLI AGENTI FISICI E CHIMICI INDOOR.....	51
RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE A FIBRE LIBERE DI AMIANTO .....	57
CAPO III ENERGIA E COMFORT .....	63
EFFICIENZA ENERGETICA DELL'INVOLUCRO.....	63
EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI IMPIANTI .....	70
VENTILAZIONE NATURALE E SISTEMI DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA .....	76
COMFORT TERMOIGROMETRICO .....	79
UTILIZZO DI FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI E SISTEMI IMPIANTISTICI EFFICIENTI.....	81
ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE E RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO.....	87
CAPO IV - GESTIONE E TUTELA DELLE ACQUE .....	91
TUTELA DELLA RISORSA IDRICA: RIDUZIONE DEI CONSUMI, DEPURAZIONE E RIUTILIZZO DEI REFLUI	91
CAPO V - SICUREZZA E ACCESSIBILITÀ.....	101
RIDUZIONE DEL RISCHIO DI INCIDENTE DOMESTICO .....	101
CAPO VI - RECUPERO, GESTIONE E MANUTENZIONE.....	102
RECUPERO E RIUTILIZZO DEI MATERIALI .....	102
GESTIONE DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI .....	106
GESTIONE INTEGRATA DELL'EDIFICIO .....	107
GESTIONE DEL CANTIERE .....	110

OBIETTIVI PRESTAZIONALI  
PER LA SALUTE LA SOSTENIBILITA' DELL'AMBIENTE COSTRUITO  
MANUALE DI APPROFONDIMENTO





## CAPO I SITO E CONTESTO

### ANALISI DEL SITO

*Storicamente l'analisi del contesto ambientale, territoriale e climatico di riferimento era considerata un aspetto imprescindibile dell'iter progettuale. Venivano, infatti, individuate le diverse potenzialità e/o criticità locali e si progettava cercando di soddisfare le diverse esigenze di benessere sfruttando al meglio le caratteristiche climatiche e territoriali, definendo forma e orientamento appropriate, contenendo i costi e limitando l'impatto ambientale. Tale atteggiamento è stato tuttavia in parte abbandonato nel periodo postbellico, in virtù di una cieca fiducia nei materiali e nelle tecnologie messe a disposizione dall'accelerato progresso. Tale fiducia comportò un distacco dal rapporto con l'ambiente circostante e la realizzazione di edifici energivori e fortemente impattanti sull'ambiente e sulla salute pubblica.*

*Diviene quindi fondamentale riprendere e valorizzare un atteggiamento più consapevole e virtuoso al fine di soddisfare le crescenti esigenze abitative di benessere e sostenibilità, partendo da una attenta analisi del contesto.*

*L'habitat circostante diviene quindi oggetto di studio per conoscerne gli aspetti climatici e paesaggistici e per pervenire a forme architettoniche ottimali, in armonia con gli aspetti ambientali e storici dei luoghi e con i parametri climatici di riferimento.*

*Gli "agenti fisici caratteristici del sito" (clima igrotermico e precipitazioni, disponibilità di risorse rinnovabili, disponibilità di luce naturale, contesto acustico, campi elettromagnetici) condizionano le soluzioni progettuali da adottare per il soddisfacimento delle prestazioni e comportano nella fase della progettazione esecutiva valutazioni tecnologiche adeguate.<sup>1</sup>*

### EFFETTI SULLA SALUTE

*Il benessere dell'individuo legato all'integrazione dell'edificio nel contesto è generato dal rispetto dei seguenti principali fattori di comfort:*

- *Percezioni sensoriali (equilibrio fra ambiente interno e paesaggio circostante, in termini di temperatura, soleggiamento, ventilazione, rumorosità, viste, sensazioni olfattive);*
- *Aspetti psicologici (senso di inclusione sociale, sicurezza, socialità etc.).<sup>1</sup>*

### INDICAZIONI

L'analisi del clima igrotermico è forse quella che influenza maggiormente le scelte progettuali a scala edilizia e consente di fare valutazioni in merito alla disponibilità di luce naturale e allo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili.

La metodologia di analisi in relazione agli aspetti termoigrometrici e alla definizione del microclima locale può essere la seguente:

- Raccolta dei dati climatici (vedi UNI 10349:2016);
- Analisi degli elementi ambientali significativi che possono indurre modifiche al microclima;
- Adattamento dei dati climatici in relazione alla localizzazione geografica dell'area di intervento ed agli elementi ambientali analizzati;
- Definizione di dati climatici riassuntivi di progetto.

---

<sup>1</sup> D'Alessandro D., Capasso S., Capolongo S., Faggioli A., Appolloni L., Petronio M.G., Moscato U., Raffo M., Settimo G. Aspetti sanitari emergenti delle condizioni abitative in D'Alessandro D., Capolongo S. (a cura di) Ambiente costruito e salute. Linee d'indirizzo di igiene e sicurezza in ambito residenziale. Franco Angeli, Milano 2015.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Per la valutazione in particolare della disponibilità annuale di sole e vento è necessario disporre dei seguenti dati:

- Andamento della temperatura dell'aria in gradi centigradi: massime, minime, medie, escursioni termiche e zona climatica;
- Andamento della pressione parziale del vapore nell'aria (umidità relativa media mensile);
- Fenomeni di inversione termica (nebbia, foschia etc.);
- Piovosità media annuale e media mensile, quantità (mm), frequenza (gg), massime (mm);
- Andamento della velocità e direzione del vento, frequenza e velocità media;
- Soleggiamento mensile e stagionale indicando l'energia media giornaliera ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ), le ore di sole rilevate, la percentuale di ore di sole sul totale massimo, l'andamento dell'irradiazione solare diretta e diffusa sul piano orizzontale e l'andamento della irradiazione solare per diversi orientamenti di una superficie.

I dati climatici reperiti presso i servizi meteorologici possono essere riferiti:

- Ad un particolare periodo temporale;
- Ad un "anno tipo", definito su base deterministica attraverso medie matematiche di dati rilevati durante un periodo di osservazione adeguatamente lungo;
- Ad un "anno tipo probabile", definito a partire da dati rilevati durante un periodo di osservazione adeguatamente lungo e rielaborati con criteri probabilistici.

Essi devono essere adattati alla zona di intervento, tenendo conto della localizzazione geografica di quest'ultima rispetto alla stazione che fornisce i dati e dell'eventuale presenza di elementi dell'ambiente che possono influenzare il microclima, come:

### Topografia

- Coordinate geografiche (ad es. latitudine e longitudine, altezza media sul livello del mare, coordinate Gauss-Boaga);
- Piano quotato dell'area di intervento (con riferimento all'immediato intorno significativo);
- Morfologia del terreno (pendenza del terreno e suo orientamento);
- Ostruzioni alla radiazione solare e al vento nei diversi orientamenti.

Nelle zone di fondovalle si accumula aria fredda, più densa e normalmente più umida. Le zone poste a una quota più bassa sono generalmente più fredde e umide nei periodi senza vento, a causa dell'accumulo di aria fredda e inquinata che aumenta i fenomeni di nebbia e foschia. La presenza di nebbia non permette l'accesso alla radiazione solare e impedisce all'aria a contatto con il terreno di riscaldarsi e quindi di salire, innescando moti convettivi che formano delle brezze. Al contrario, nelle zone pianeggianti o sopraelevate, l'esposizione al vento e alla radiazione solare è maggiore.

La pendenza e l'orientamento modificano la possibilità di soleggiamento del terreno e la relazione con i venti dominanti.

### Acqua e vegetazione

- Identificazione di corsi e specchi d'acqua nel sito e nell'immediato intorno (portate stagionali ed eventuali utilizzi a scopo di mitigazione climatica);
- Presenza di masse arboree e aree a prato (essenze e relative caratteristiche stagionali per giustificare se queste facilitino l'ombreggiamento d'estate e l'irraggiamento d'inverno).

Le grandi masse d'acqua (ad esempio i laghi o gli invasi) hanno la caratteristica di fungere da regolatori termici: la forte inerzia termica dell'acqua permette, infatti, di stabilizzare le temperature dell'aria.

L'inerzia termica è uno dei fattori che influenzano la formazione di brezze locali legate alle variazioni di temperatura che si verificano nel ciclo giornaliero (diurno e notturno). Queste brezze sono potenzialmente molto efficaci per il raffrescamento passivo durante la stagione calda. La presenza d'acqua è altresì un fattore che produce un aumento di umidità a ridosso della costa. Non va dimenticato inoltre che, se pure con un'intensità molto minore, anche quantitativi più esigui di acqua possono avere delle influenze sul microclima.





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Le proprietà termofisiche del terreno (notevolmente differenti a seconda che si consideri un terreno nudo, un terreno ricoperto di vegetazione, un terreno roccioso, una superficie artificiale come l'asfalto etc.) producono variazioni microclimatiche considerevoli nell'ambiente in cui sono presenti; tali proprietà provocano effetti sugli scambi termici tra terreno e atmosfera, in altre parole sulla temperatura dell'aria, su quella radiante e sull'evaporazione - traspirazione, sull'umidità dell'aria, sulla quantità di radiazione solare diretta ricevuta dal suolo o dalle altre superfici, sulla dinamica dei venti e sulla qualità dell'aria.

Più in particolare:

- La presenza della vegetazione può rappresentare un'ostruzione esterna che scherma la radiazione solare e limita gli scambi radiativi verso la volta celeste;
- La presenza di aree a prato limita la quantità di radiazione riflessa e funge da regolazione delle temperature;
- L'effetto schermante, unito al fenomeno di evaporazione - traspirazione della vegetazione favorisce il raffrescamento passivo nella stagione calda, la vegetazione ha inoltre l'effetto di fungere da barriera del vento e di modificarne la direzione.

Nel caso di grandi masse arboree si ha inoltre la formazione di brezze notturne e mattutine simili a quelle delle zone costiere. La presenza di alberi a foglia caduca permette un contenimento della radiazione nella stagione calda e la possibilità di ottenere dei guadagni solari nella stagione fredda.

### Forma urbana

- Tipo di forma urbana;
- Densità edilizia;
- Altezza degli edifici circostanti specificando le distanze dal sito di intervento;
- Tipo di tessuto urbano (orientamento degli edifici nel lotto e rispetto alla viabilità, rapporto reciproco tra edifici etc.);
- Tracciando le ombre portate al 21 dicembre, 21 marzo e 21 giugno;
- Previsioni e vincoli urbanistici.

L'effetto climatico della forma urbana dipende in gran parte da come questa modifica il soleggiamento, ma sono rilevanti anche gli effetti sul vento, sull'umidità e sulla capacità di accumulare calore.

I nuclei urbani di grandi dimensioni producono normalmente condizioni climatiche locali più estreme di quelle che si registrano in una zona non urbanizzata. Si può quindi affermare che una maggiore densità urbana produce un clima più secco, con temperature più alte e oscillanti, con meno vento e con un tasso di inquinamento più elevato che contribuisce a creare l'effetto serra. Il tipo di forma urbana influisce pesantemente sulla distribuzione del vento all'interno del tessuto urbano.

### ***Disponibilità di luce naturale***

Per valutare i livelli di illuminamento naturale del sito (derivanti dalla definizione della luminanza della volta celeste caratteristica di quel luogo), 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 o in cui è situato l'edificio. Quest'analisi serve per orientare le scelte di collocazione, orientamento, forma e distribuzione degli edifici che si andranno a progettare in relazione agli elementi del contesto urbano.

*Modello di cielo coperto standard CIE*: il modello di cielo (visto come sorgente di luce) caratteristico di quel luogo si ottiene 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).



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Deve comunque considerarsi che il modello di CIE è stato elaborato nel Nord dell'Europa e, malgrado possa essere adattato in parte alle diverse latitudini, non corrisponde completamente alle caratteristiche dei nostri cieli.

*Modello di cielo sereno*, con 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 è 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, e gli angoli di incidenza dei raggi solari sulla zona di analisi (raggi solari bassi o alti rispetto all'orizzonte).

*Visibilità di cielo sereno*, 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 come già detto dagli aspetti topografici (presenza di terrapieni, colline etc.), urbani (presenza e caratteristiche degli edifici prossimi all'area di intervento) e dalla presenza del verde (alberi e vegetazione che si contrappongono fra l'area e il cielo) con oscuramento variabile in funzione della stagione (alberi sempreverdi o a foglia caduca).

La valutazione della "visibilità del cielo" dal luogo di analisi può essere effettuata in diversi modi, tra i quali ne segnaliamo due in particolare:

- Disegnando per un punto specifico all'interno del sito il "profilo dell'orizzonte" sul diagramma solare riferito alla latitudine del luogo per verificare quando il punto analizzato si trova in ombra a causa delle ostruzioni (il diagramma solare è la proiezione sul piano verticale o orizzontale del percorso apparente del sole nella volta celeste e da esso si possono ricavare l'azimut e l'altezza del sole per le diverse ore, nei diversi giorni dei mesi dell'anno in riferimento ad una data latitudine);
- Realizzando le assonometrie solari, ovvero assonometrie di un modello tridimensionale del sito, in cui i punti di vista coincidono con la posizione del sole per alcune ore del giorno in una data specifica a quella latitudine.

### ***Realtà territoriali specifiche***

Si riporta un elenco di situazioni che potrebbero dare o aver dato luogo in passato a fenomeni di inquinamento:

- Presenza di serbatoi o cisterne interrate contenenti idrocarburi o sostanze pericolose ai sensi della direttiva 67/548/CE e s.m.i.;
- Presenza di depositi di oli minerali;
- Detenzione di apparecchi, impianti e fluidi contenenti policlorobifenili, di cui al D.Lgs. 209/99;
- Contatto, accidentale o continuativo, con le sostanze provenienti da cicli di produzione dei rifiuti potenzialmente pericolosi (D.Lgs 152/07);
- Attività minerarie in corso o dimesse;
- Attività industriali dimesse;
- Rilasci accidentali di sostanze pericolose;
- Discariche non autorizzate;
- Operazioni di adduzione e stoccaggio di idrocarburi così come da gassificazione di combustibili solidi;
- Spandimento non autorizzato di fanghi e residui speciali pericolosi;
- Impianti di gestione dei rifiuti;
- Aziende a rischio d'incidente rilevante ai sensi del D.Lgs. 105/2015;
- Attività varie soggette a dichiarazione ai sensi del D.Lgs. 105/2015;
- Presenza di strutture viarie di grande comunicazione o insediamenti che possano influenzare le caratteristiche del sito mediante ricadute delle emissioni in atmosfera;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Qualsiasi utilizzazione, lecita o illecita, per le quali, sia probabile che, il contatto accidentale o continuativo con i processi e le sostanze indicate nel DM 16 maggio 1989, abbia potuto portare a fenomeni di inquinamento, di una o più matrici ambientali.

## RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- D.Lgs. 238/05 “Attuazione della direttiva 2003/105/CE, che modifica la direttiva 96/82/CE, sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose”;
- D.Lgs. 152/06 “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- LRT 65/14 “Norme per il governo del territorio”;
- DPGR 53/11 “Regolamento di attuazione dell’art. 62 della LRT 1/05 in materia di indagini geologiche”;
- DGRT 322/05 “Linee Guida per l’Edilizia Sostenibile in Toscana”;
- Piano di indirizzo territoriale (PIT) con valenza di piano paesaggistico;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTC);
- Piano Strutturale Comunale (PS);
- Piano Assetto Idrogeologico (PAI) dell’Autorità di Bacino di riferimento;
- UNI 10349 “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici”;
- UNI 8477 “Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione degli apporti ottenibili mediante sistemi attivi o passivi”;
- Studi di monitoraggio ARPAT;
- L 14/06 “Ratifica ed esecuzione della Convenzione europea sul paesaggio, fatta a Firenze il 20 ottobre 2000”;
- D.Lgs. 42/04 “Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell’art.10 della L 137/02” e s.m.i.;
- Censimento nazionale degli alberi monumentali;
- DPGRT 2/R/2007 “Regolamento di attuazione dell’art. 37, c. 3, della LRT 1/05 «Norme per il governo del territorio». Disposizioni per la tutela e valorizzazione degli insediamenti”;
- Piano Ambientale ed Energetico della Regione Toscana (PAER);
- Regolamento Urbanistico comunale (RU);
- UNI 11277 “Sostenibilità in Edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione”;
- DM del 22 gennaio 2008 n 37 “Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 -quaterdecies, c13 lettera a) della L248/05, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici” e s.m.i.;
- Regolamento locale di Igiene (RLI);
- Piano di zonizzazione acustica comunale;
- Regolamento comunale sulle attività rumorose;
- UNI CIG 7129 “Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione. Progettazione, installazione, manutenzione”.

## RAPPORTO TRA EDIFICIO E CONTESTO

*La morfologia, l’orientamento e il rapporto con il contesto sono aspetti fondamentali della “qualità prestazionale” e della “qualità paesaggistica” del progetto architettonico. La prima si riferisce agli effetti (positivi o negativi) che la morfologia e l’orientamento possono produrre sui comportamenti e sullo stato di salute dei fruitori della costruzione.*



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*Per “qualità paesaggistica” dell’inserimento del progetto architettonico nel contesto si intende, invece, la capacità di un progetto di cogliere e valorizzare il carattere ambientale di un luogo, scongiurando sensazioni di discontinuità, alienazione, insicurezza e degrado.*

*Questo presuppone una corretta analisi (storica, culturale, sociale, morfologica, climatologica) della situazione per progettare in continuità e omogeneità con gli elementi che compongono l’unità paesaggistica nel suo insieme, garantendo l’armonizzazione dell’intervento con le caratteristiche storiche, tipologiche e fisiche dell’ambiente costruito e i caratteri dell’ambiente naturale nel quale il progetto s’inserisce.*

*Dallo scambio tra l’osservatore e l’immagine di un luogo nasce la sensazione del comfort o del disagio; questa esperienza multisensoriale è la percezione del luogo e dell’ambiente che ha la popolazione che in quell’ambiente vive e di cui fruisce. A tale proposito, la Convenzione europea del Paesaggio siglata a Firenze nell’ottobre del 2000, definisce come “Paesaggio” una “determinata parte di territorio, così com’è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall’azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni”.*

*La percezione può essere studiata utilizzando parametri qualitativi, come possono essere quelli cognitivi (memoria, storia, conoscenza, significati), e attraverso l’analisi degli aspetti fisico-spaziali (orientamento morfologia, clima, etc.) riferiti allo stato dei luoghi.*

*La definizione della percezione, così come descritta, conduce all’individuazione dei fattori ambientali e delle problematiche rilevanti per un determinato luogo, che saranno assunti come input progettuali di un intervento teso al rispetto della qualità o degli elementi di qualità di un determinato contesto.<sup>1</sup>*

## EFFETTI SULLA SALUTE

Vedi *Analisi del sito*.

## INDICAZIONI

Dallo scambio tra l’osservatore e l’immagine di un luogo nasce la sensazione del comfort o del disagio; questa esperienza multisensoriale è la percezione del luogo e dell’ambiente che ha la popolazione che quell’ambiente vive e fruisce. A tale proposito, la Convenzione europea del Paesaggio siglata a Firenze nell’ottobre del 2000, definisce come “Paesaggio” una “determinata parte di territorio, così com’è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall’azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni”.

La percezione può essere studiata utilizzando parametri qualitativi, come possono essere quelli cognitivi (memoria, storia, conoscenza, significati), e attraverso l’analisi degli aspetti fisico-spaziali (orientamento morfologia, clima etc.) riferiti allo stato dei luoghi.

La definizione della percezione, così come descritta, conduce all’individuazione dei fattori ambientali e delle problematiche rilevanti per un determinato luogo, che saranno assunti come input progettuali di un intervento teso al rispetto della qualità o degli elementi di qualità di un determinato contesto.

Le caratteristiche morfologiche-costruttive e cromatico-materiche dell’intervento nel suo complesso devono dimostrare un buon adattamento all’ambiente (urbano, rurale o collinare) in cui si inseriscono, attraverso l’adozione di:

- Configurazioni compositive connesse alle caratteristiche riconosciute del luogo;
- Caratteristiche spaziali planivolumetriche connesse o coerenti con la tipologia degli edifici circostanti e/o con le forme del paesaggio naturale o con la caratterizzazione funzionale dell’intervento;
- Caratteri architettonici compatibili e coerenti con le regole “compositive” proprie del contesto;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Misure per l'eliminazione dei possibili effetti negativi dell'inserimento di nuove costruzioni in contesti naturalistici, tramite il controllo dell'impatto visivo-percettivo;
- L'articolazione funzionale degli spazi e degli edifici deve garantire, compatibilmente con le disponibilità dell'area d'intervento:
  - Visuali qualificate;
  - Buoni livelli di privacy (zone riparate) rispetto ai differenti ambiti funzionali;
  - Sicurezza personale e collettiva nell'area d'intervento nelle 24 ore etc.;
  - Orientamento spazio-temporale che consenta l'identificazione percettiva degli ingressi, delle soglie (punti di passaggi tra diversi ambienti o microclimi), della sosta e delle funzioni.

## RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- L 14/06 "Ratifica ed esecuzione della Convenzione europea sul paesaggio, fatta a Firenze il 20 ottobre 2000";
- D.Lgs. 42/04 "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art.10 della L 137/02" e s.m.i.;
- Censimento nazionale degli alberi monumentali;
- LRT 65/2014 "Norme per il governo del territorio";
- DPGRT 2/R/2007 "Regolamento di attuazione dell' art. 37, c. 3, della legge regionale 3 gennaio 2005 n.1 (Norme per il governo del territorio) - Disposizioni per la tutela e valorizzazione degli insediamenti";
- Piano di indirizzo territoriale (PIT) con valenza di piano paesaggistico;
- Piano Ambientale ed Energetico della Regione Toscana (PAER);
- Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (PTC);
- Piano Strutturale Comunale (PS);
- Regolamento Urbanistico comunale (RU);
- UNI 11277 "Sostenibilità in Edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione".

## SPAZI VERDI E CONTROLLO DEL MICROCLIMA

*L'area verde è una porzione di suolo sulla quale vengono coltivati organismi vegetali sia arborei, sia arbustivi, sia erbacei formanti prati stabili. Nel tessuto urbano hanno un ruolo importante per mitigare gli impatti dell'ambiente costruito sul clima e migliorare le condizioni ecologico-climatiche delle città: incrementano il contenuto di umidità nell'aria, abbassano la temperatura nei periodi più caldi, producono ossigeno e assorbono CO<sub>2</sub>, attenuano il rumore e consentono il mantenimento della biodiversità locale.*

*Le superfici filtranti e drenanti costituiscono il principale sistema di reinserimento delle acque meteoriche nel ciclo naturale delle acque, consentendo minori sprechi e un minor afflusso di reflui ai sistemi di depurazione.*

*L'effetto positivo sul microclima è diventato particolarmente importante a seguito delle modificazioni del clima e delle elevate temperature estive che si raggiungono nelle città, dove, in mancanza di verde, la media delle temperature minime invernali è più alta di 5° e le massime estive sono più alte di 1-3° rispetto alla campagna.*

*Queste alterazioni climatiche comportano inevitabilmente un aumento della domanda di energia per il condizionamento estivo degli ambienti interni, oltre che condizioni di marcato discomfort negli spazi esterni. Il fenomeno è noto come "isole urbana di calore" (Urban Heat Island, UHI), cioè cappe termiche che sovrastano l'area urbana modificandone la temperatura media e che*





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*influenzano le abitudini ecologiche della fauna e della flora cittadina (comprese anche quelle dell'uomo).*

*L'isola urbana di calore deriva principalmente dalle caratteristiche delle diverse superfici (suolo, asfalto, cemento, bitume etc.), e in particolare dalla loro percentuale di albedo (potere riflettente) e dalla capacità termica dei materiali. A queste specifiche caratteristiche dell'insediamento urbano si aggiungono altre condizioni che contribuiscono ad aumentare la temperatura dell'aria, quali:*

- La cappa d'inquinanti presenti nel primo strato di 200-300 metri di atmosfera. Tale cappa è principalmente provocata dalle emissioni dei mezzi di trasporto, delle ciminiere industriali e degli impianti di riscaldamento e, riscaldata dal sole (componente ultravioletta), accentua le condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico ed ozono (fumigazione);*
- Il calore artificiale dovuto agli impianti di riscaldamento, al traffico cittadino e ai gas combustibili ed incombustibili, che determinano un "piccolo ma significativo effetto serra urbano", da non sottovalutare;*
- La sproporzione tra le superfici vegetali e le superfici pavimentate. La scarsa presenza di aree verdi e la maggioranza di superfici pavimentate compromette la capacità del suolo di assorbire radiazione solare comportando un surriscaldamento (tetti, asfalto etc.);*
- La scarsa permeabilità delle superfici opache che limita la capacità di trattenere acqua;*
- Il tipico aspetto morfologico cittadino che riduce gli scambi di calore tramite ventilazione e intrappola la radiazione solare all'interno delle strade. Strade che quindi non disperdono totalmente il calore durante la notte (effetto Canyon);*
- Attività metaboliche umane.*

*La temperatura non è l'unico parametro modificato, 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 nubi e l'aggregazione delle minuscole particelle di acqua in gocce di pioggia. Maggior condensazione significa maggior nuvolosità (5-10% annuo) e di conseguenza maggiori precipitazioni. I fenomeni temporaleschi risultano aumentati del 10-15% rispetto agli ambienti rurali a causa della maggior quantità di calore a disposizione nei moti convettivi; mentre il vento, per la presenza delle abitazioni, risulta diminuito (in condizioni di brezza) del 20-30%.<sup>1</sup>*

## EFFETTI SULLA SALUTE

*Gli effetti sulla salute attesi, in particolare quelli dovuti al progressivo riscaldamento del pianeta, sono ritenuti tra i problemi sanitari più rilevanti da affrontare nei prossimi decenni.*

*E' stato stimato che l'ondata di calore del 2003 abbia prodotto più di 70.000 morti in 12 Paesi europei, soprattutto in Francia, Germania, Spagna e Italia soprattutto tra le categorie di soggetti più vulnerabili (anziani, persone affette da malattie croniche, persone di basso livello socioeconomico o con condizioni abitative disagiate).*

*La disponibilità e la prossimità di spazi verdi nel contesto urbano sono state associate, soprattutto negli ultimi anni, a un'ampia gamma di benefici in termini di salute. Possibili meccanismi causali includono la maggiore opportunità di praticare attività fisica e ludico-ricreativa, l'azione di sollievo dallo stress quotidiano e, in generale, di promozione del benessere psicologico e delle relazioni sociali. L'azione termoregolatrice del verde, inoltre, contrasta gli effetti negativi dell'isola di calore e le piante inserite nel contesto urbano contribuiscono:*

- Alla depurazione dell'aria;*
- Alla produzione di ossigeno;*
- Alla fissazione di gas e particolato aerodisperso;*
- All'incremento del contenuto di umidità dell'aria;*



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Al controllo dell'inquinamento acustico;
- A tutelare l'ambiente naturale locale e la biodiversità urbana.

*L'ambiente urbano di contro contribuisce inevitabilmente al riscaldamento globale e alcune soluzioni individuate per contrastare l'eccessivo caldo estivo urbano (ad es. l'installazione sistematica di impianti di condizionamento) inducono un progressivo aumento degli impatti antropici: consumo di energia elettrica, aumento della temperatura esterna e dell'inquinamento, aumento di produzione di CO<sub>2</sub>. Inoltre favoriscono lo stazionamento forzato, soprattutto degli anziani e dei bambini, nelle abitazioni, limitando la facoltà di adottare comportamenti salutari, come quello di camminare all'aria aperta.*<sup>1</sup>

## INDICAZIONI

### **Riduzione effetto "isola di calore"**

Nelle città, esaminando il dato per stagioni, si evince che la media delle minime invernali è più alta di 1-2 °C e che le massime estive sono più alte di 1-3 °C rispetto a un contesto senza isola di calore. 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 riduzione della temperatura in prossimità del terreno.

In condizioni di elevata temperatura e umidità, le persone che vivono nelle città hanno un rischio maggiore di mortalità rispetto a coloro che vivono in ambiente suburbano o rurale.

Inoltre, queste alterazioni delle caratteristiche climatiche comportano inevitabilmente un aumento della domanda di energia per il condizionamento estivo degli ambienti interni, oltre che condizioni di marcato discomfort negli spazi esterni.

La temperatura non è l'unico parametro modificato, 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; funziona un po' come la pioggia artificiale che viene "prodotta" sparando nelle nubi sali di ioduro d'argento, un elemento altamente aggregante che consente, là dove il pulviscolo atmosferico è assente, alle gocce d'acqua di formarsi e cadere. Maggior condensazione significa maggior nuvolosità (5-10% annuo) e di conseguenza maggiori precipitazioni. I fenomeni temporaleschi sono aumentati del 10-15% rispetto ad ambienti rurali a causa della maggior quantità di calore a disposizione nei moti convettivi; mentre il vento, per la presenza delle abitazioni, è diminuito (in condizioni di brezza) del 20-30%. La modifica avviene a causa del maggior immagazzinamento di calore da parte delle superfici asfaltate e dei muri delle case, questo calore è restituito molto lentamente all'ambiente e quindi modifica la temperatura.

L'effetto "isola di calore" è dovuto dunque principalmente alla diversa percentuale di albedo, all'esaltata capacità termica del suolo per effetto di materiali vari (asfalto, cemento etc.), ma altre condizioni contribuiscono ad aumentare la temperatura dell'aria, come:

- La cappa di inquinanti presente in uno strato di 200-300 metri di atmosfera, provocata dall'emissione di gas dai mezzi di trasporto e dalle ciminiere delle fabbriche, che, riscaldata dal sole (componente ultravioletta) accentua le condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico ed in particolare di ozono;
- Il calore artificiale. Il topoclima urbano risente infatti, in modo più importante nei mesi invernali, della produzione di calore dovuta agli impianti di riscaldamento, al traffico cittadino, ai gas combusti ed incombusti, che determinano un "piccolo ma significativo effetto serra urbano", da non sottovalutare per le sue conseguenze sulla salute umana;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- La scarsità di alberi o comunque di copertura vegetale in genere, che permette così al suolo di assorbire più radiazione solare e di surriscaldarsi (tetti, asfalto etc.);
- La scarsa possibilità da parte del suolo urbano di trattenere acqua;
- Il tipico aspetto geometrico cittadino, con strade molto strette rispetto all'altezza degli edifici, riduce gli scambi di calore favoriti dal diverso orientamento delle strade e dalla direzione e velocità del vento. A causa di questo fenomeno, infatti, la radiazione solare rimane intrappolata all'interno delle strade e non si disperde totalmente durante la notte (effetto Canyon).

Si aggiungano poi le attività metaboliche di centinaia di migliaia/milioni di abitanti secondo le dimensioni del contesto urbano.

### *Uso del verde*

Al fine di produrre effetti positivi sul microclima attorno ai fabbricati di nuova costruzione è opportuno mitigare i picchi di temperatura estivi con un minor assorbimento dell'irraggiamento solare nello spettro dell'infrarosso aumentandone l'emissività. Il verde, oltre ad avere un valore decorativo, può produrre questi effetti positivi grazie all'evapotraspirazione e consentire l'ombreggiamento per controllare l'irraggiamento solare diretto sugli edifici e sulle superfici circostanti durante le diverse ore del giorno.

Gli elementi vegetali sono quindi caratterizzati da un basso valore di albedo, che generalmente diminuisce con l'aumentare della massa fogliare della pianta. La variazione dell'albedo delle superfici trattate a erba è invece legata all'umidità del suolo, alla percentuale di ombreggiamento del luogo di riferimento e all'angolo di incidenza della radiazione solare che può variare con la presenza di piante.

Gli effetti di un corretto uso della vegetazione possono essere diversi.

Un primo effetto è quello legato alla geometria stessa della vegetazione con lo sfruttamento dell'ombra portata dalla chioma: il fatto di poter consentire nel periodo estivo l'ombreggiamento delle pavimentazioni urbane e delle superfici degli edifici costruiti porta notevoli benefici non solo dal punto di vista psicofisico per il soggetto che si viene a trovare nelle zone d'ombra, ma anche dal punto di vista energetico. Come è facile intuire, le superfici che sono ombreggiate dalla chioma delle piante assumono temperature superficiali inferiori rispetto a quelle esposte direttamente alla radiazione solare, riducendo così le emissioni di calore in ambiente urbano e implicitamente i carichi di climatizzazione.

Come suddetto la vegetazione agisce sul microclima anche tramite il processo di evapotraspirazione, legato alla fotosintesi clorofilliana con la quale le piante sottraggono all'ambiente anidride carbonica e rilasciano acqua sotto forma di vapore.

Per tale passaggio di stato dell'acqua le piante richiedono una notevole quantità di energia che sottraggono all'ambiente circostante (per ogni grammo di acqua evaporata le piante assorbono 663 cal). Un'area di 100 m<sup>2</sup> a piante ad alto fusto può raggiungere un livello di traspirazione di 50.000 litri il giorno, sottraendo all'ambiente circostante circa 31.650.000 di calorie, altrimenti assorbite dagli edifici e rilasciate come calore. Un altro effetto microclimatico da non sottovalutare consiste nella riduzione della radiazione solare incidente su edifici ombreggiati da vegetazione.

Le modalità con cui si può intervenire sull'ambiente urbano con l'ausilio della vegetazione sono rappresentate da interventi sia sull'involucro edilizio sia sull'arredo urbano.

Le ore in cui, nella stagione estiva, l'effetto di schermatura consente maggiori risparmi, sono:

- Per superfici esposte ad Ovest: dalle 14.30 alle 19.30;
- Per superfici esposte a Est: dalle 7.30 alle 12.00;
- Per superfici esposte a Sud: dalle 9.30 alle 17.30.

Per ottenere un efficace ombreggiamento degli edifici occorre che le chiome degli alberi vengano a situarsi a una distanza dalla facciata da ombreggiare (quelle esposte a Est o Ovest o a Sud) adeguata





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

sia alla specie dell'albero sia all'altezza dell'edificio e tale da escludere interventi cesori per contenere la dimensione delle chiome stesse.

È consigliabile che anche le parti più basse delle pareti perimetrali degli edifici esposte a Est e a Ovest siano ombreggiate per mezzo di cespugli.

Anche l'uso di rampicanti sulle facciate consente buone riduzioni dell'assorbimento della radiazione solare in estate e una riduzione delle dispersioni per convezione in inverno.

### **La scelta delle specie arboree**

Nella scelta del verde sarà opportuno considerare i seguenti aspetti relativi a particolari specie arboree:

- *Specie parassitate*. Fra le specie vegetali arboree suscettibili di essere attaccate da organismi patogeni estremamente dannosi si annoverano il pino (*Pinus pinea L.*) ed il platano (*Platanus occidentalis, orientalis, acerifolia L.*). Pertanto di tali specie si consiglia un uso puntuale e limitato;
- *Specie che producono allergeni*. Sono da evitare le specie arboree che producono pollini e particolarmente quelle ad elevato contenuto allergenico, come il cipresso (*Cupressus sempervirens, Cupressus arizonica*), la betulla (*Betula spp.*), il nocciolo (*Corylus avellana L.*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), il carpino bianco (*Carpinus betulus*) e l'ontano nero (*Alnus glutinosa L.*), l'olivo (*Olea europea*) e il frassino comune (*Fraxinus excelsior L.*);
- *Specie urticanti, spinose o velenose*. L'Oleandro (*Nerium oleander L.*) e il Tasso (*Taxus baccata L.*) sono tra le specie più tossiche. Il maggiociondolo (*Laburnum anagyroides Medik.*) è un piccolo albero la cui tossicità è legata ai semi che produce, estremamente velenosi per l'uomo. Tra le specie vegetali che, possiedono peli urticanti e/o spine, si annoverano lo Spino di Giuda (*Gleditsia triacanthos L.*), la Robinia (*Robinia pseudoacacia L.*). Le alberature di Pioppo (*Populus spp.*) in forma singola o in filari, vanno realizzate ricorrendo all'impiego di individui di sesso maschile, i quali non producono il cosiddetto "pappo lanuginoso", causa di fastidi alle prime vie aeree in una percentuale elevata di persone;
- *Specie con alta emissione di BCOV*. Recenti studi hanno focalizzato l'attenzione sulla produzione biogenica di componenti organici volatili (BCOV) da parte delle piante. Si tratta di sostanze utili alla vita degli alberi in quanto associate all'attrazione degli insetti e all'allontanamento di patogeni. Nel contempo sembrano essere attive nella produzione/rimozione dell'ozono: in ambiente urbano, in presenza di forti concentrazioni di ossidi di azoto favoriscono la formazione di ozono e, pertanto, incidono negativamente sulla qualità dell'aria. Alcune piante come il tiglio e il frassino, ad una elevata capacità di assorbimento della CO<sub>2</sub> associano una bassa emissione di BCOV; altre, invece, come il liquidambar, presentano una bassa capacità fotosintetica ed un'alta emissione di BCOV;
- *Specie vegetali consigliate*. Nelle aree residenziali, scolastiche, ospedaliere e di verde pubblico attrezzato è consigliato utilizzare specie arboree, erbacee ed arbustive caratterizzate da una strategia riproduttiva prevalentemente entomofila, che producano piccole quantità di polline la cui dispersione è affidata agli insetti; specie vegetali arboree, erbacee ed arbustive che presentino ridotta idroesigenza e resistenza alle fitopatologie con conseguente riduzione dell'impiego di prodotti antiparassitari. A titolo indicativo viene riportata una lista, parziale, delle specie arboree ed arbustive che non comportano problemi rilevanti:
  - *Acer campestre*, acero campestre;
  - *Acer monspessulanum*, acero minore;
  - *Acer opalus L.*, acero opalo itálico;
  - *Acer pseudoplatanus L.*, acero montano;
  - *Arbutus unedo L.*, corbezzolo;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- *Cercis siliquastrum L.*, albero di Giuda;
- *Malus sylvestris Miller*, melo selvatico;
- *Myrtus communis L.*, mirto;
- *Populus alba L.*, pioppo bianco (esemplare maschio);
- *Populus canescens Ait.S.*, pioppo grigio (esemplare maschio);
- *Populus nigra L.*, pioppo nero (esemplare maschio);
- *Prunus avium L.*, ciliegio;
- *Salix alba L.*, salice bianco;
- *Salix fragilis L.*, salice vetrica;
- *Salix triandra L.*, salice da ceste;
- *Tilia platyfillos L.*, tiglio nostrale;
- *Ulmus minor Miller*, olmo campestre.

Per le superfici inerbiti, è consigliato l'utilizzo di specie cosiddette "macroterme" vale a dire specie che sono in grado di resistere alle alte temperature estive, alla siccità, alle fitopatie e possono essere irrigate anche con acque a elevato contenuto salino o comunque da fonti idriche alternative a quelle prelevate da falda.

Fra le specie con queste caratteristiche sono indicate:

- *Dicentra repens*;
- *Zoysia japonica*;
- *Paspalum sp.*;
- *Digitaria sp.*;
- *Pennisetum sp.*;
- *Setaria sp.*;
- *Panicum sp.*

### **Il verde pensile**

Si distingue in due principali tipologie di inverdimento: quello estensivo e quello intensivo, che si differenziano per costi di costruzione, oneri di manutenzione e prestazioni globali.

Gli *inverdimenti estensivi* ("tetti verdi") sono realizzati con tipologia di vegetazione specializzata, a sviluppo contenuto, e sono più leggeri; non sono realizzati come superfici fruibili ma con lo scopo di ottenere prestazioni economiche ed ecologiche.

Si crea un inverdimento composto di specie termofile, abbastanza resistenti all'aridità che, dopo il primo o secondo anno dall'impianto, richiedono manutenzione ridotta (normalmente sono sufficienti 1 o 2 interventi l'anno).

Questi "prati aridi" sono di solito strutturati in modo che l'approvvigionamento idrico sia soddisfatto, nella misura maggiore possibile, attraverso processi naturali; questo avviene facilmente soprattutto dove il clima locale consente, nel periodo estivo, la frequente formazione di rugiada dalla quale la vegetazione trae la necessaria alimentazione idrica.

In ogni caso gli inverdimenti estensivi necessitano, nei primi mesi dall'impianto, di un'irrigazione di avviamento; il modico investimento necessario per dotare le superfici di un semplice impianto di irrigazione leggero di soccorso, si ripaga sicuramente in termini di abbattimento dei costi di manutenzione e con la possibilità di poter ottenere sempre, anche in anni di forte carenza idrica, una prestazione ottimale da parte della copertura a verde pensile.

La vegetazione impiegata è costituita da piante erbacee a sviluppo contenuto in altezza che richiedono ridotta manutenzione e con caratteristiche di veloce radicamento e copertura, resistenza alla siccità e al gelo, buona autorigenerazione.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Lo spessore delle stratificazioni è normalmente ridotto (minore di 15 cm), e il substrato impiegato è costituito prevalentemente da componenti minerali; il peso, definito in condizioni di massima saturazione idrica, è compreso tra i 90 e i 150 Kg/ m<sup>2</sup>.

Gli *inverdimenti estensivi* sono compatibili anche con coperture prive di parapetti e sono quindi utilizzati particolarmente su grandi tetti (a es. capannoni industriali), in sostituzione delle usuali coperture in ghiaia o altri materiali inerti.

Gli *inverdimenti intensivi* sono invece veri e propri giardini sul tetto, utilizzabili a tutti gli effetti come tali; anche la loro manutenzione sarà analoga (sfalci, irrigazioni, diserbi, concimazioni etc.); pertanto in questi casi è spesso previsto un impianto di irrigazione.

Gli oneri di manutenzione di queste tipologie d'inverdimento sono, di conseguenza, più elevati, così come i costi e i pesi.

Questo tipo di verde viene di solito impiegato per abbellire o rendere fruibile qualsiasi tipo di superficie pensile (tetti, terrazze, garage, parcheggi interrati etc.), impiegando un'ampia gamma di tipi di vegetazione: tappeti erbosi, erbacee perenni, cespugli, sino ad alberi di varie dimensioni.

Lo spessore delle stratificazioni è superiore a cm 15 (di solito attorno a 40–50 cm), e il substrato impiegato è costituito da una miscela bilanciata di componenti minerali e organici; il peso, definito in condizioni di massima saturazione idrica, è in media attorno ai 350 Kg/ m<sup>2</sup>.

Nella realizzazione di tetti verdi sarà fondamentale la verifica della stabilità delle strutture deputate a sostenere tali interventi, e la realizzazione “a regola d'arte” degli strati drenanti e di impermeabilizzazione sottostanti alla parte verde in senso stretto. La progettazione di questi sistemi dovrà prevedere un attento studio integrato delle parti biotiche (opere a verde) con quelle inerti, comprese le successive opere accessorie per la manutenzione (es. impianto di irrigazione e di raccolta e smaltimento delle acque), le attrezzature e gli arredi mobili (a es. pannelli solari).

Sarà opportuno acquisire le specifiche e i criteri riguardanti la composizione di tutti gli elementi o strati primari (portante, di tenuta, di protezione dall'azione delle radici, drenanti, filtranti, d'accumulo idrico, strati colturali e di vegetazione etc.) e secondari (strato di barriera a vapore, strato termoisolante, strato di pendenza, di protezione, di zavorramento, strato antierosione, impianti d'irrigazione etc.) e, per ogni singolo elemento o strato, i materiali utilizzati.

La classificazione del grado di manutenzione del sistema verde individua alcune categorie:

- Bassa manutenzione (sistemi estensivi): quando gli interventi si limitano ai controlli degli elementi del sistema;
- Media e alta manutenzione (sistemi intensivi): quando gli interventi manutentivi oltre a comprendere i controlli degli elementi del sistema e dello strato di vegetazione, già previsti per il sistema estensivo, includono tutte le attività agronomiche necessarie alla corretta gestione delle aree verdi.

Qualora si impieghi una copertura a verde, sarà necessario determinare l'utilizzo dell'area: volendo realizzare uno spazio dedicato allo svolgimento di un'attività all'aperto, bisognerà valutare correttamente l'usura dello strato di vegetazione, i carichi che dovrà sopportare e il conseguente grado di manutenzione necessario; in altri casi si potrà realizzare un elemento solamente estetico, che garantisca il miglioramento della qualità di percezione visiva degli insediamenti e del paesaggio.

Dovendo garantire alcune prestazioni ambientali interne dell'edificio, bisognerà dare importanza al progetto della copertura, in particolar modo per quanto riguarda le prestazioni termiche.

Al fine di variare le condizioni di contesto ambientale esterne all'edificio, si valuterà la capacità della copertura a verde di assorbire polveri e di contribuire sia alla regimazione idrica sia alla mitigazione della temperatura.

Le tecniche per rinverdire pareti verticali artificiali sono atte a consentire lo sviluppo ascensionale di piante rampicanti (es. vite del Canada) direttamente sul substrato in tempi abbastanza brevi (due



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

anni circa), oppure favorire la salita di specie come edere o falso gelsomino, attraverso l'installazione di grandi pannelli grigliati in legno o in ferro zincato.

L'uso combinato di tetti e pareti verdi, oltre a realizzare zone verdi, può costituire un valido sistema per la mitigazione e il miglior inserimento ambientale di aree industriali o artigianali; analoghe soluzioni si rivelano molto efficaci per grandi centri-uffici e centri commerciali.

L'uso del verde in copertura porta dei vantaggi anche per quanto riguarda le prestazioni dell'edificio. Un tetto con presenza di verde comporta una riduzione delle perdite di calore e una diminuzione del fabbisogno energetico rispetto allo stesso tetto senza vegetazione. I tetti verdi, inoltre, favoriscono il fissaggio delle polveri sottili che sono sottratte all'atmosfera grazie alla vegetazione che eleva l'umidità dell'aria e riduce la velocità del vento; assorbono le emissioni nel campo di frequenza della rete telefonica mobile cellulare e delle ricetrasmittenti; consentono il risparmio nei futuri costi di manutenzione (l'impermeabilizzazione ha una maggiore durata perché è protetta dai raggi UV, dagli influssi delle intemperie e dagli sbalzi termici estremi).

Per un corretto funzionamento della copertura nel tempo è necessario che i collaudi previsti assicurino che gli interventi edili e agronomici rispondano alle prescrizioni di progetto; più ci si discosta dalle condizioni ottimali di crescita di una specie vegetale, più sarà necessario apportare energia al sistema in fase manutentiva.

Infine, per un corretto utilizzo di questa tecnologia, deve essere garantito l'accesso in sicurezza per la manutenzione.

È sconsigliata la piantagione di alberi a ridosso della costruzione che assumano, per loro caratteristiche biologiche, dimensioni della chioma e dell'apparato radicale tali da dover intervenire nel tempo con interventi cesori per contenerne le dimensioni, innescando così processi patologici a carico dei tessuti a funzione meccanica, che ne riducono la stabilità fisica determinando anche rischi per l'incolumità delle persone e danni alle cose. Nelle esposizioni Sud/Sud-Ovest è indicato l'utilizzo di specie decidue.

### ***Aree attorno al sedime del fabbricato per la creazione di acque ludiche***

La superficie di acqua interessata per il calcolo è quella in vista e all'aperto ed è convenzionalmente data dal perimetro formato dalla superficie d'acqua nel contenitore o alveo in situazione tipo, moltiplicata per un fattore pari a 10:

$S(m^2) = P (ml) \times 10 (ml) > 1/3 \text{ Sup. scoperta del sito.}$

### **RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI**

- DPGRT 2/R/2007 "Regolamento di attuazione dell' art. 37, c. 3, della LRT 1/05 «Norme per il governo del territorio». Disposizioni per la tutela e valorizzazione degli insediamenti";
- DM del 30 ottobre 2007 "Lotta obbligatoria contro la Processionaria del pino";
- DM del 17 aprile 1998 "Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano *Ceratocystis fimbriata*";
- UNI EN 1176 "Attrezzature e superfici per aree da gioco";
- UNI EN 1177 "Rivestimenti di superfici di aree da gioco per l'attenuazione dell'impatto. Determinazione dell'altezza di caduta critica";
- UNI 11123 "Guida alla progettazione dei parchi e delle aree da gioco all'aperto";
- UNI 11235 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde".



## **ORIENTAMENTO DEGLI EDIFICI E DEGLI AMBIENTI INTERNI, ILLUMINAZIONE NATURALE E VISIONE ESTERNA**

*Il luogo in cui si costruisce un edificio è un importante elemento progettuale: l'orientamento rispetto al percorso del sole e alla direzione del vento sono fattori di cui tener conto per sfruttare al meglio le risorse naturali e assicurare una vita sana all'interno dell'edificio.*

*La radiazione solare rappresenta la principale fonte naturale di luce e calore capace di assolvere numerose funzioni fondamentali per il benessere in ambiente confinato. Per tale motivo la considerazione e la valutazione della penetrazione dei raggi negli ambienti indoor e dei suoi effetti sui fruitori è sempre stata uno dei principali elementi dell'architettura tradizionale. La funzione dei venti nel miglioramento del microclima degli edifici e di un insediamento 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 perché contribuisce a ridurre il tasso di 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.*

*Tenere conto dell'orientamento dell'edificio rispetto al percorso del sole in fase di progettazione consente di massimizzare lo sfruttamento della radiazione solare, risparmiando fino al 50% dell'energia impiegata per il riscaldamento e/o il raffrescamento dello stesso edificio, con conseguenti benefici in termini ambientali e di riduzione del costo delle bollette energetiche.*

*È importante massimizzare l'accesso della radiazione solare nell'insediamento durante la stagione invernale 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 e i luoghi aperti di fruizione, ridurre le dispersioni di calore degli edifici e favorire una corretta ventilazione degli spazi aperti.*

*La forma stessa degli edifici, oltre che dell'insediamento può essere utilizzata per esaltare questi effetti. L'energia solare utile raccolta può essere massimizzata con:*

- La scelta di un orientamento e di una inclinazione favorevoli;*
- L'installazione o la realizzazione di riflettori solari;*
- L'eliminazione delle ombre portate compatibilmente con la necessità di controllare il guadagno solare durante la stagione estiva.*

*Il rispetto delle suddette condizioni, inoltre, comporta notevoli benefici per la salute fisica e psichica in quanto viene utilizzata correttamente la luce naturale per l'illuminazione interna degli edifici.<sup>1</sup>*

### **EFFETTI SULLA SALUTE**

*L'illuminazione naturale e il soleggiamento hanno grandissima importanza ai fini igienico-sanitari. È noto, infatti, che la radiazione solare - grazie alla componente infrarossa e ultravioletta - svolge, accanto all'effetto termico e luminoso, sia un'efficace azione antibatterica, che in determinate condizioni si traduce in una vera e propria azione battericida, sia un'importante azione sull'organismo umano dal punto di vista fisiologico, terapeutico e psicologico. Di fondamentale importanza è l'effetto stimolante su molte funzioni del ricambio, quali la formazione della vitamina D, la pigmentazione della pelle o quello terapeutico coadiuvante in stati tubercolari, anemie, rachitismo, linfatismo.*

*La luce naturale è inoltre di fondamentale importanza per il benessere visivo. La vista, responsabile del più alto numero di sensazioni e stimoli percettivi che immagazziniamo dall'esterno, è il senso su cui si fa più affidamento nella lettura del mondo e che maggiormente*





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*influenza l'essere umano attraverso il sistema nervoso centrale. In particolare, infatti, la luce naturale:*

- *Varia secondo una periodicità doppia, giornaliera e stagionale e secondo le condizioni meteorologiche. Questa dinamicità fa sì che i rapporti di ombra e luce siano soggetti a cambiamenti molteplici;*
- *Indica la scansione del tempo: la luce naturale ci permette di seguire il ritmo delle variazioni del tempo esterno;*
- *Incrementa il rendimento della percezione del colore;*
- *Consente di risparmiare energia: l'impiego di luce naturale influenza positivamente il bilancio energetico degli edifici, in particolare quelli con utilizzo prevalentemente diurno.*

*Di acquisizione più recente è infine la scoperta dell'interazione fra luce naturale e salute mediata da un terzo tipo di fotorecettori nella retina denominati ipRGCs (intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells), corrispondenti a un piccolo sottogruppo di cellule gangliari retiniche che non elaborano informazioni visive bensì trasportano stimoli attivati dalla luce in grado di sincronizzare i ritmi circadiani (regolando l'ormone melatonina responsabile, insieme al cortisolo, dei ritmi sonno veglia) e tenere traccia delle modificazioni stagionali.*

*Alcuni possibili effetti negativi di un'insufficiente illuminazione naturale possono essere: rachitismo, osteoporosi, indebolimento del sistema immunitario, malinconia, alterata produzione di ormoni (melatonina, cortisolo etc.), alterazione ritmi circadiani e del sonno, depressione invernale (SAD). Il SAD (Seasonal Affective Disorder) è un disturbo affettivo stagionale, in cui le persone che hanno un normale livello di salute mentale per la maggior parte dell'anno avvertono sintomi depressivi in inverno o estate. Tale disturbo interessa il 2-4% della popolazione.*

*Un'esposizione non corretta all'illuminazione indoor può inoltre influire negativamente sulla prestazione lavorativa e sulle condizioni fisiche e psicologiche dell'utente.<sup>1</sup>*

## INDICAZIONI

Il luogo in cui si costruisce un edificio è un importante elemento progettuale: l'orientamento rispetto al percorso del sole e alla direzione del vento sono fattori di cui tener conto per sfruttare al meglio le risorse naturali e assicurare una vita sana all'interno dell'edificio.

La funzione dei venti nel miglioramento del microclima degli edifici e di un insediamento 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.

Tenere conto dell'orientamento dell'edificio rispetto al percorso del sole in fase di progettazione consente di massimizzare lo sfruttamento della radiazione solare, risparmiando il 50% dell'energia impiegata per il riscaldamento e/o il raffrescamento dello stesso edificio, con conseguenti benefici in termini ambientali e di riduzione del costo delle bollette energetiche.

È importante massimizzare l'accesso della radiazione solare nell'insediamento durante la stagione invernale, 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 e i luoghi aperti di fruizione, ridurre le dispersioni di calore degli edifici e favorire una corretta ventilazione degli spazi aperti.

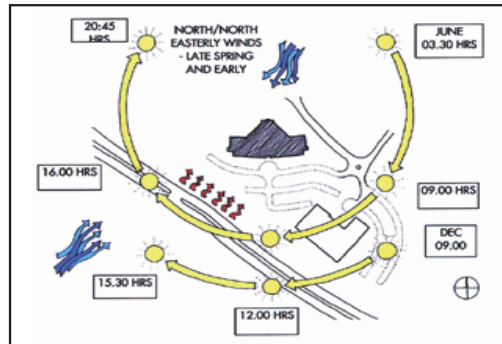
La forma stessa degli edifici, oltre che dell'insediamento può essere utilizzata per esaltare questi effetti. L'energia solare utile raccolta può essere massimizzata con:

- La scelta di un orientamento e di una inclinazione favorevoli;
- L'installazione o la realizzazione di riflettori solari;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- L'eliminazione delle ombre portate compatibilmente con la necessità di controllare il guadagno solare durante la stagione estiva.



*Corretto orientamento dell'edificio rispetto al percorso del sole e alla direzione del vento*

### **Orientamento del corpo di fabbrica**

Sono da ricercare l'orientamento dei corpi di fabbrica e la disposizione reciproca degli edifici abitativi che minimizzino la domanda totale di energia, nel rispetto delle condizioni di comfort termico e luminoso.

La domanda di energia connessa all'utilizzo di un edificio abitativo è influenzata da molteplici fattori, oltre che dall'orientamento del corpo di fabbrica, tra cui:

- Ostruzioni urbane, ovvero distanza dagli altri edifici vicini;
- Percentuale di superfici vetrate;
- Coibentazione e massa termica, ovvero, a parità di tecnologia costruttiva (ad es. telaio in cemento armato e solai in latero-cemento), entità e posizione dell'isolante (interno, esterno in intercapedine).

### **Radiazione solare diretta**

Le superfici che godono di un maggiore soleggiamento invernale (quindi quelle orientate da Sud-Ovest a Sud-Est) si possono proteggere più facilmente in estate, poiché l'altezza solare nelle ore centrali della giornata è maggiore. Per le facciate verticali, inoltre, in estate l'orientamento a Sud è quello che riceve una minore radiazione solare, ad esempio, per una località situata a una latitudine di 45° Nord, una facciata a Sud riceve globalmente 1624 W/m<sup>2</sup> (11 MJ/m<sup>2</sup> giorno), mentre una facciata orientata a Ovest o a Est riceve globalmente 2570 W/m<sup>2</sup> (17 MJ/m<sup>2</sup> giorno). Lo scopo è di facilitare lo sfruttamento passivo dell'energia solare, in altre parole senza l'utilizzo di sistemi meccanici di trasformazione dell'energia radiante solare, e di usare il sole come fonte gratuita di energia.

Questo significa principalmente lasciar entrare la radiazione solare durante l'inverno ed escluderla durante l'estate. D'inverno, quando il sole è basso nel cielo, i raggi penetrano nelle aperture della facciata Sud e si convertono in calore. Durante le ore di luce il calore è immagazzinato nella massa termica presente nel pavimento, nel soffitto e nei muri. Il calore trattenuto nella massa termica continuerà a irradiare nello spazio interno anche dopo il tramonto.

### **Orientamento e inclinazione**

La scelta di un orientamento e di un'inclinazione favorevoli è il sistema più importante per ottimizzare il guadagno solare.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

In generale, nella stagione invernale, la quantità maggiore di energia solare è raccolta da una superficie inclinata rivolta a Sud. Ciò non è più vero quando, per esempio, c'è più sole il mattino del pomeriggio o viceversa e questa asimmetria può essere causata da nubi o ombre.

La quantità di energia solare utilizzata dipenderà poi dall'accumulo termico e dal modello di domanda del calore, e ciò può influenzare la scelta dell'orientamento ottimale. Se la domanda di calore nel mattino è più bassa che nel pomeriggio, un orientamento verso Sud-Ovest può essere più vantaggioso.

Se il piano del collettore non è rivolto esattamente a Sud, la quantità di energia utile raccolta si riduce, anche se solo leggermente fino a un angolo di 30° verso Est o Ovest. In questo caso, però, l'efficacia di uno schermo solare può venire drasticamente ridotta ed è quindi possibile che sia proprio lo schermo, invece del guadagno solare, a vincolare la scelta dell'orientamento per la stagione invernale.

La figura riportata mostra che in inverno su una superficie verticale rivolta a Sud cade la maggiore quantità di energia solare. Al contrario, in estate maggiore energia cade su una superficie verticale rivolta a Est oppure Ovest. Ciò ha l'effetto di ridurre i problemi del surriscaldamento per una superficie vetrata rivolta a Sud. L'inclinazione più corrente è quella verticale, sia per considerazioni spaziali sia per motivi pratici quali la pulizia dei vetri, lo scarico di acqua condensata etc. Inoltre, un isolamento mobile o uno schermo solare sono normalmente più facili da fissare su una superficie verticale. Poiché molteplici sono gli aspetti da considerare nella determinazione dell'inclinazione ottimale, non può essere data una singola soluzione generale.

La riduzione della pendenza rispetto a una superficie verticale rivolta a Sud comporta:

- Una maggiore quantità di energia solare raccolta durante la stagione del riscaldamento (l'inclinazione alla quale si riceve il massimo di energia, aumenta con l'aumentare della latitudine);
- Una maggiore perdita di radiazione termica verso l'atmosfera: il piano vedrà una più ampia sezione fredda della volta celeste;
- Maggiori problemi di surriscaldamento nell'edificio, specialmente in estate;
- Condizioni sfavorevoli per l'applicazione di uno schermo solare orizzontale.

### **Riflettori solari**

L'irraggiamento solare verso un'apertura può essere aumentato posizionando un riflettore di fronte alla parete vetrata. I riflettori possono essere superfici metalliche, possibilmente protette da un materiale trasparente; altre possibilità sono fornite dall'acqua e da superfici di colore chiaro. La riflessione può essere sia speculare sia diffusa. Le superfici metalliche lucidate danno una riflettanza principalmente speculare, mentre la maggior parte delle altre superfici dà una riflettanza diffusa. Può essere necessario modificare l'angolo di un riflettore metallico per massimizzare il guadagno solare utile durante la stagione invernale, benché ciò possa causare problemi di abbagliamento. L'energia riflessa da un riflettore a diffusione è minore rispetto a quella riflessa da un riflettore con superficie metallica a causa della diversa riflettanza. La tab. 1 fornisce la riflettanza speculare di diversi materiali. Nella tab. 2 è indicata la riflettanza superficiale dell'acqua; questa è massima quando il sole è basso rispetto all'orizzonte, ma non supera il 35% e si riduce alla presenza di onde. Quando il sole è alto rispetto all'orizzonte, la riflettanza scende al 2% perché la maggior parte della radiazione è trasmessa nell'acqua.

**Tabella 1** Riflettanza speculare di diverse superfici

Alluminio lucidato	0.95
Vernice bianca	0.87
Vernice all'alluminio	0.70
Vernice giallo canarino	0.70





**Tabella 2** Riflettanza superficiale dell'acqua per diversi angoli di incidenza e con un indice di rifrazione  $n=1.333$

Angolo di incidenza	Riflettanza
0	0.02
45	0.03
60	0.06
75	0.21
80	0.35

### ***Orientamento ambienti interni***

All'interno della fase di definizione morfologica e distributiva (o "metaprogetto") sono stabiliti il quadro delle esigenze e lo schema organizzativo delle attività dell'utente. Da queste si procede all'individuazione dei requisiti e all'elaborazione delle "stanze virtuali" in cui applicare le strategie di controllo ambientale. L'accorpamento di queste stanze virtuali determina la forma dell'edificio, che rappresenta un potente elemento di controllo delle sue prestazioni energetiche. I parametri utili a definire la forma e la funzione potenziali e ideali di un edificio in funzione dell'orientamento sono:

- La modalità di captazione delle superfici esposte;
- La distribuzione degli elementi spaziali.

Le modalità di captazione del soleggiamento e della ventilazione delle superfici esposte sono funzionali ad alcuni parametri dimensionali dell'edificio:

- Forma della pianta;
- Orientamento della pianta;
- Compattezza dell'edificio;
- Elevazione dell'edificio.

Gli elementi spaziali, le "stanze virtuali", hanno differenti necessità di orientamento rispetto al soleggiamento e alla ventilazione in funzione delle attività identificate in fase metaprogettuale. L'analisi delle esigenze consente di determinare, in fase di metaprogetto, quali requisiti le unità spaziali dovranno essere in grado di soddisfare.

L'analisi dell'esposizione solare può essere effettuata in base alla latitudine attraverso una serie di diagrammi, ad esempio producendo le carte solari stereografiche, con le quali è possibile determinare il soleggiamento nell'arco di un giorno per tutti i mesi dell'anno. Da queste elaborazioni e dalla loro combinazione con quelle relative al clima della zona durante l'anno, si possono determinare molte componenti dell'edificio, come ad esempio la posizione delle finestre e la loro ampiezza, la disposizione planimetrica delle varie funzioni e la larghezza degli oggetti delle facciate, da calibrare in maniera da permettere al sole di entrare all'interno dell'edificio in inverno e non in estate.

### ***Illuminazione naturale***

Per le pavimentazioni esterne le soluzioni più adatte all'ottimizzazione degli apporti solari sono: il colore chiaro per favorire il riverbero, soprattutto sotto le finestre; finestre più alte che larghe per catturare una maggior illuminazione.

Le strategie da considerare per favorire il passaggio e la captazione della luce naturale sono:

- Vetrate verticali;
- Abbaini o lucernari;
- Guide di luce.

La profondità dei portici, degli sporti e degli aggetti deve evitare l'irraggiamento diretto delle pareti a Sud-Ovest in estate.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

I lucernari sono un mezzo estremamente efficace per l'illuminazione naturale degli ultimi piani degli edifici, anche per le parti centrali lontane dalle pareti perimetrali.

Per evitare un aumento del carico termico, i lucernari orizzontali dovrebbero essere dotati di specifici accorgimenti e preferibilmente essere posizionati a Nord, in modo da impedire l'accesso alla radiazione diretta durante l'estate e dirigere verso l'interno la radiazione luminosa in inverno.

Andrebbero comunque preferiti lucernari con apertura a vetrata verticale o quasi verticale.

Al fine di favorire l'utilizzo dell'illuminazione naturale, è opportuno adottare accorgimenti che possano guidare verso il basso e l'interno la luce che entra nei pozzi centrali degli edifici, o la creazione di condotti di luce nelle zone interne degli edifici più massicci.

Tra le soluzioni volte a favorire l'utilizzo della luce naturale, sono ammesse anche quelle che si avvalgono di sistemi di trasporto e diffusione della luce naturale attraverso specifici accorgimenti architettonici e tecnologici, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti illuminotecnici (fattore di luce diurna compatibile con le attività svolte). Le parti trasparenti delle pareti perimetrali esterne devono essere dotate di dispositivi che ne consentano la schermatura e l'oscuramento.

La formula per il calcolo del FLDm è la seguente:

$$FLDm = t * A * \epsilon * \psi / S * (1 - r_m)$$

t = coefficiente di trasparenza del vetro

A = area della superficie trasparente della finestra (m<sup>2</sup>)

$\epsilon$  = fattore finestra inteso come rapporto tra illuminamento della finestra e radianza del cielo

$\psi$  = coefficiente che tiene conto dell'arretramento del piano della finestra rispetto al filo esterno della facciata

r<sub>m</sub> = coefficiente medio di riflessione luminosa delle superfici interne

S = area delle superfici interne che delimitano lo spazio (m<sup>2</sup>)

### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- Circolare LLPP 22 Maggio 1967 n. 3151;
- D.Lgs. 192/05 "Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico degli edifici" e s.m.i.;
- D.Lgs. 192/05 "Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico degli edifici" (allegati C e I) e s.m.i.;
- DM del 5 luglio 1975 "Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896 relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico sanitari principali dei locali d'abitazione";
- DM dicembre 1997 "Requisiti acustici passivi degli edifici";
- DPR 59/09 "Regolamento di attuazione dell'art. 4, c. 1, lettere a) e b) del D.Lgs. 192/05, concernente «Attuazione della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia»";
- UNI 10840 del 2007, "Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale";
- UNI EN 12464-1 del 2004. "Luce e illuminazione - Illuminazione dei luoghi di lavoro - Parte 1: Luoghi di lavoro interni";
- UNI EN 13561 e UNI EN 13659 Chiusure oscuranti e Tende esterne: requisiti prestazionali compresa la sicurezza;
- UNI EN 14501 Benessere termico e visivo caratteristiche prestazionali e classificazione;
- LRT 65/2014 "Norme per il governo del territorio";



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- DPGRT 2/R/2007 "Regolamento di attuazione dell' art. 37, c. 3, della legge regionale 3 gennaio 2005 n.1 (Norme per il governo del territorio) - Disposizioni per la tutela e valorizzazione degli insediamenti";
- Piano di indirizzo territoriale (PIT) con valenza di piano paesaggistico;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTC);
- Piano Strutturale Comunale (PS);
- Regolamento Locale d'Igiene (RLI);
- UNI EN ISO 9488 "Energia solare. Vocabolario";
- UNI EN ISO 15927-1 "Prestazione termoigrometrica degli edifici. Calcolo e presentazione dei dati climatici. Medie mensili dei singoli elementi metereologici";
- UNI 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici";
- UNI 8477-1 "Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta";
- CM 3151/67 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici";
- "Linee Guida per l'edilizia sostenibile in Toscana", Giunta Regione Toscana, 2006.

## CAPO II RIDUZIONE INQUINAMENTO

### RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Le principali fonti di inquinamento dell'aria ambiente sono: il traffico veicolare, le emissioni industriali, i sistemi di riscaldamento e raffreddamento domestici. Tendenzialmente nelle aree urbane con alta densità abitative e alti volumi di traffico si registrano superamenti dei limiti, sia come medie annuali sia come medie giornaliere, soprattutto per quanto riguarda il particolato fine (PM 10), 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 a 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 è stata rivolta all'impatto sulla salute dell'esposizione al materiale particellare atmosferico in ambiente urbano, che dipende sia dalla dimensione delle particelle, sia dal contenuto organico e inorganico; l'interesse della ricerca, e successivamente della legislazione, si è incentrato verso le particelle PM10 e PM2,5.

Vari Paesi e l'Unione Europea hanno adottato valori limite che tengono conto solo in parte dello stato delle conoscenze scientifiche e in particolare delle indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO), infatti, in considerazione anche di altri fattori (ambientali, orografici, economici, di situazioni pregresse, di fattibilità tecnica etc.) hanno individuato limiti con valore legislativo che, in alcuni casi, non coincidono -sia come valori che come tempistica di applicazione- con le indicazioni del WHO.

**Tabella 1** Valori limite dell'UE recepiti in Italia con il DLgs 155/2010 smi e valori guida OMS per il PM10 e PM2,5

Inquinanti	Direttiva 2008/50/CE DLgs 155/2010 smi	Linee guida OMS Global update 2006
<i>PM10</i>	<i>Valore limite 2010</i>	<i>Valore guida</i>
<i>Media annuale</i>	<i>40 µg/m3</i>	<i>20 µg/m3</i>
<i>Media giornaliera</i>	<i>50 µg/m3</i>	<i>25 µg/m3</i>



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

<i>n. superamenti valore limite giornaliero</i>	35	3
<i>PM 2,5</i>	<i>Entrata in vigore 2015</i>	
<i>Media annuale</i>	20 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>

Data l'elevata correlazione tra i diversi inquinanti presenti nell'atmosfera, il PM10 può essere impiegato come indicatore di altri agenti inquinanti, quali ad esempio CO, NOX e le particelle a più piccola granulometria, che del resto lo costituiscono.

I dati disponibili per le emissioni in atmosfera sono attualmente forniti dall'inventario IRSE (Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione). Tali dati comprendono, per ciascun inquinante, tutte le sorgenti, sia antropiche sia naturali. Il numero di anni trascorsi dal rilevamento IRSE può comportare differenze notevoli fra i dati stimati IRSE e la situazione reale attuale.

La qualità dell'aria in Toscana è controllata tramite un sistema di monitoraggio composto di reti provinciali pubbliche e da reti private. La gestione operativa delle stazioni pubbliche, la raccolta e la validazione dei dati sono demandate al Centro Operativo Provinciale (COP), presente in ogni Dipartimento provinciale ARPAT. Alle reti provinciali pubbliche si aggiungono reti private, realizzate in prossimità di poli industriali e gestite dagli industriali stessi o dai dipartimenti ARPAT. I dati dell'inventario IRSE sono disponibili, a richiesta sia dei privati sia della PA, presso la struttura ARPAT- Centro regionale per la tutela della qualità dell'aria (CRTQA) - Dipartimento di Livorno (sito web: [http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete\\_monitoraggio/struttura/regionale](http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete_monitoraggio/struttura/regionale), e-mail: [urp@arpat.toscana.it](mailto:urp@arpat.toscana.it)).

Il bollettino della qualità dell'aria è consultabile sul sito: <http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/>.

### EFFETTI SULLA SALUTE

Secondo l'OMS è ormai acclarato un collegamento causale tra l'esposizione all'inquinamento dell'aria e i seguenti effetti sulla salute.

A breve termine, per ogni incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM10 si hanno eccessi di mortalità per qualsiasi causa e per cause cardio-polmonari ed eccessi di ricoveri per cause cardiache e respiratorie. A lungo termine per ogni incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM2,5 è stato osservato un aumento del rischio del 6% per mortalità per qualsiasi causa, del 9% per cause cardio-polmonari e del 14% per cancro del polmone.

L'incremento di mortalità per cause cardio-vascolari è legato a patologie sia ischemiche (infarto miocardico) sia non ischemiche come aritmie, scompenso o arresto cardiaco.

L'associazione tra esposizioni di lunga durata ed effetti sulla salute, è osservata anche per valori più bassi di concentrazioni annuali di 20 µg/m<sup>3</sup> del PM2,5 e di 30 µg/m<sup>3</sup> del PM10 (WHO 2006).

Gli studi epidemiologici non sono stati in grado di identificare un valore soglia, sotto al quale non si verificano effetti su mortalità e morbosità ed è probabile che vi sia un ampio range di suscettibilità, tanto che alcuni soggetti possono essere a rischio anche alle esposizioni più basse, rilevate (WHO, 2004).

Effetti avversi sulla salute umana sono stati documentati anche per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), sia per esposizioni intense e di breve durata che per esposizioni di lunga durata e di bassa intensità.

Il decremento della funzione polmonare nei bambini è dimostrato più chiaramente per valori medi annuali di 50-75 µg/m<sup>3</sup> e non c'è evidenza di un chiaro effetto dose-risposta.

In studi epidemiologici più recenti il NO<sub>2</sub> è stato associato a danni alla salute anche per concentrazioni medie annuali in un range di valori che includono 40 µg/m<sup>3</sup> con incrementi pari al 40% del rischio di tumore del polmone in esposti a NO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> a valori > 30 µg/m<sup>3</sup>, (Nyberg,



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

2003; Nafstad, 2003). Tant'è che l'OMS a seguito di queste ulteriori evidenze ha raccomandato valori più bassi possibile.

Riguardo all'ozono (O<sub>3</sub>) sono documentati effetti avversi sulla salute come incrementi della mortalità (0.2-0.6%) per aumenti di 10 µg/m<sup>3</sup> di ozono di qualsiasi durata e incrementi dei ricoveri per gli stessi aumenti della durata di 8 ore.

L'esposizione cronica è associata a riduzione della crescita della funzionalità respiratoria nell'infanzia ed effetti cronici sull'apparato respiratorio. L'OMS individua dei valori cautelativi per la salute pubblica pari a 100 µg/m<sup>3</sup> per un massimo di 8 ore al giorno per un adulto, sottolineando la differente suscettibilità della popolazione all'O<sub>3</sub> e la possibilità che effetti sulla salute si manifestino anche a livelli più bassi.

## INDICAZIONI

Tra i criteri localizzativi, rientra la localizzazione degli spazi aperti sopra vento rispetto alle sorgenti inquinanti e lontani dai "canali" di scorrimento degli inquinanti (edifici orientati parallelamente alle correnti d'aria dominanti) e la disposizione degli edifici e degli elementi d'arredo degli spazi esterni tale da favorire l'allontanamento degli inquinanti, anziché il loro ristagno. Queste strategie sono evidentemente percorribili solo nell'ambito di grandi lottizzazioni con ampia disponibilità di spazio, dove è possibile orientare i fabbricati secondo le esigenze di protezione dalle fonti di inquinamento.

Di minore efficacia, anche se spesso rappresenta l'unica strategia percorribile per la limitatezza del sito d'intervento, è l'utilizzo delle aree perimetrali del sito come protezione dall'inquinamento, ad esempio creando rimodellamenti morfologici del terreno a ridosso delle aree critiche, con introduzione di elementi naturali/artificiali con funzione di barriera ai flussi d'aria trasportanti sostanze inquinanti.

Le sopra esposte strategie possono essere integrate con sistemi di schermatura dei flussi d'aria che si prevede possano trasportare sostanze inquinanti, realizzati con fasce vegetali disposte nelle aree perimetrali del sito e composte di specie arboree e arbustive efficaci nell'assorbire le sostanze stesse. Meno efficace a questo scopo è l'utilizzazione di barriere artificiali (tipo fonoisolanti) utili, invece, per limitare la propagazione del rumore nelle zone schermate.

La vegetazione, che ha un effetto assorbente per gli inquinanti ambientali grazie all'azione fotosintetizzante, deve essere disposta in funzione di frangivento rispetto alla direzione dei venti prevalenti, in relazione alla fonte di inquinamento, con attenzione all'altezza dei materiali vegetali impiegati, alla loro specie, densità e forma. L'area schermata in cui si otterrà la riduzione dell'azione dei venti sarà in funzione dell'altezza della specie, che, agendo come barriera, ridurrà la velocità del vento nella zona sottovento per un'estensione pari a circa 20 volte l'altezza della stessa barriera. La barriera più efficace è un ostacolo con circa un terzo di vuoti nella sua densità, permeabile, composta di specie sempreverdi per circa il 50% e per il resto da specie caducifoglie.

La barriera sarà strutturata aggregando alberi con cespugli, che andranno a occupare il corpo mediano localizzato tra un albero e l'altro, con alla base un prato polifita, costituito da un maggior numero di specie leguminose per un migliore attecchimento delle essenze maggiori.

L'uso di linee d'acqua all'interno del lotto (realizzate con un meccanismo di ricircolo dell'acqua formato da tubi forati, da una vasca di accumulo, meglio se di acqua piovana, e da una pompa, magari alimentata da un piccolo pannello fotovoltaico), oltre a favorire fenomeni di raffrescamento estivo, garantisce anche pulizia e rivitalizzazione dell'aria, precedentemente rallentata dalla presenza della vegetazione.

Particolare attenzione va rivolta alla disposizione dei filari di alberi in modo da non compromettere l'attraversamento dei raggi solari in inverno e l'incremento della circolazione delle brezze estive.





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Si ricorda che la vegetazione è inefficace come schermo al rumore, salvo prevedere una vegetazione sempreverde, molto fitta (non deve far filtrare la luce) e con un'estensione di decine di metri.

### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- D.Lgs. 24 dicembre 2012 n.250: “Modifiche e integrazioni al D.Lgs. 13 agosto 2010 n. 155 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”;
- DM 1444/68 “Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'art. 17 della legge 6 agosto 1967, n. 765;
- D. Lgs.vo n. 128 del 29 giugno 2010 “Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”;
- LRT 65/14 “Norme per il governo del territorio”;
- LRT 14/07 “Istituzione del Piano Ambientale ed Energetico Regionale” e s.m.i.;
- LRT 17/16 “Nuove disposizioni in materia di VAS, VIA, AIA e di AUA in attuazione della LRT 22/15. Modifiche alla LRT 10/10 e alla LRT. 65/14;
- DPGRT 2/R/2007 “Regolamento di attuazione dell' art. 37, c. 3, della LRT 1/05 «Norme per il governo del territorio». Disposizioni per la tutela e valorizzazione degli insediamenti”.

## RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO ACUSTICO

*L'inquinamento acustico rappresenta uno dei principali problemi delle aree urbane e non solo. Al fine di predisporre interventi di riduzione del livello di rumore è necessario conoscere le “caratteristiche acustiche” della zona. In sede di progetto di un intervento edilizio, è necessario effettuare una stima del livello di rumore in ambiente esterno rappresentativo dell'andamento temporale giornaliero dei livelli di rumore in varie posizioni dell'area, mediante una campagna di misurazione e monitoraggio.*

*La valutazione di clima acustico (Legge 26 ottobre 1995 n. 447, Legge quadro sull'inquinamento acustico e LR 1 dicembre 1998 n. 89, Norme in materia di inquinamento acustico) è una ricognizione delle condizioni sonore esistenti confrontate con 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, sia caratterizzato da condizioni di rumorosità non compatibili con l'utilizzo dell'insediamento stesso.*

*Le misure e il monitoraggio devono essere eseguiti da tecnici competenti iscritti all'apposito albo regionale.*

### EFFETTI SULLA SALUTE

Un ambiente acustico sfavorevole costituisce una condizione di pregiudizio per la salute, la qualità della vita e delle relazioni.

L'esposizione al rumore, secondo le sue caratteristiche fisiche (intensità, composizione in frequenza etc.) e temporali, oltre agli effetti diretti sull'apparato uditivo, può dar luogo a tutta una serie di effetti cosiddetti extrauditivi fra i quali il disturbo del sonno e del riposo, l'interferenza con la comunicazione verbale e l'apprendimento, effetti psicofisiologici, sulla salute mentale,



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

sull'apparato cardiovascolare e sulle prestazioni, oltre al disturbo o fastidio genericamente inteso (annoyance).

### INDICAZIONI

#### **CLIMA ACUSTICO**

Al fine della riduzione dei livelli di rumorosità, si suggeriscono alcune soluzioni, non esaustive, che possono essere intraprese durante la progettazione e/o la realizzazione delle opere:

- Posizionamento dei corpi di fabbrica: occorre, nei limiti del possibile, situare l'edificio alla massima distanza dalla sorgente più disturbante e sfruttare l'effetto schermante di ostacoli naturali o artificiali (morfologia del terreno, fasce di vegetazione etc.);
- Nei lotti, negli ampliamenti e nei cambi di destinazione d'uso, distribuzione plani-volumetrica degli ambienti interni: i locali che richiedono i requisiti più stringenti di quiete (camere da letto) dovranno preferibilmente essere situati sul lato dell'edificio meno esposto al rumore esterno;
- Predisporre la morfologia dell'insediamento, in particolare nelle zone perimetrali, in modo da incrementare la protezione delle aree critiche;
- Predisporre in prossimità di sorgenti rumorose fasce vegetali composte da specie arboree e arbustive; queste, benché difficilmente efficaci se non per grosse estensioni all'abbattimento effettivo dei livelli di rumore, possono comunque contribuire ad attenuarne la percezione;
- Utilizzare barriere artificiali, con funzioni di schermatura;
- Tendere alla massima riduzione del traffico veicolare all'interno dell'area (aree di sosta e di parcheggio), limitandolo all'accesso ad aree di sosta e di parcheggio, con l'adozione di misure adeguate di mitigazione della velocità;
- Favorire la massima estensione delle zone pedonali e ciclabili;
- Disporre le aree parcheggio e le strade interne all'insediamento, percorribili dalle automobili, in modo da minimizzare l'interazione con gli spazi esterni fruibili;
- Mantenere una distanza appropriata tra le sedi viarie interne o perimetrali all'insediamento e le aree destinate ad usi ricreativi ad esso prospicienti.

#### **IMPATTO ACUSTICO**

Al fine del raggiungimento di livelli di rumorosità che rispettino i limiti normativi, si suggeriscono alcune misure correttive, non esaustive, che possono essere intraprese dai titolari delle attività rumorose:

- Localizzare attività e macchinari rumorosi e/o sfruttare l'effetto schermante di ostacoli naturali o artificiali (rilievi del terreno, recinzioni murarie, pareti non finestrate etc.), in modo da ridurre il più possibile l'impatto acustico sui recettori più vicini;
- Utilizzare barriere artificiali o schermature;
- Organizzare i flussi e le aree di manovra dei mezzi per la movimentazione dei carichi in modo da minimizzare l'interazione con gli spazi esterni fruibili dalle persone e da ridurre l'impatto sui ricettori vicini più esposti;
- Tendere alla massima riduzione del traffico veicolare all'interno dell'area, limitandolo all'accesso ad aree di sosta e di parcheggio, con l'adozione di misure adeguate di mitigazione della velocità.

Si ricorda che secondo il DPCM del 14 novembre 1997 il territorio comunale deve essere suddiviso in aree (Tab.1) cui sono assegnati, tra gli altri, limiti assoluti di immissione (Tab. 2), limiti di assoluti di emissione (Tab. 3) e valori di qualità (Tab. 4).

**Tabella 1** Classificazione del territorio comunale



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

<b>Classe I - aree particolarmente protette</b>
Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, etc.
<b>Classe II - aree prevalentemente residenziali</b>
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali.
<b>Classe III - aree di tipo misto</b>
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.
<b>Classe IV - aree di intensa attività umana</b>
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.
<b>Classe V - aree prevalentemente industriali</b>
Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
<b>Classe VI - aree esclusivamente industriali</b>
Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

**Tabella 2** Valori limite assoluti di immissione LAeq in dB(A) (dal DPCM 14/11/97)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00 – 22.00)	Notturno (22.00 – 06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

**Tabella 3** Valori limite assoluti di emissione LAeq in dB(A) (dal DPCM 14/11/97)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00 – 22.00)	Notturno (22.00 – 06.00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

**Tabella 4** Valori di qualità - LAeq in dB(A) (dal DPCM 14/11/97)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00 – 22.00)	Notturno (22.00 – 06.00)
I aree particolarmente protette	47	37
II aree prevalentemente residenziali	52	42
III aree di tipo misto	57	47
IV aree di intensa attività umana	62	52
V aree prevalentemente industriali	67	57
VI aree esclusivamente industriali	70	70

**Tabella 5** Valori guida per ambienti specifici (WHO)

AMBIENTI	EFFETTI SULLA SALUTE E VALORI GUIDA
<b>ABITAZIONI</b>	





MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- 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
- stanze da letto (ore 22 - 6)	- 30 dB LAeq e 45 dB L <sub>max</sub> - per evitare disturbi del sonno
- esterni e stanze da letto con finestre aperte (ore 22-6)	- 45 dB LAeq - per evitare disturbi del sonno
<b>SCUOLE E ASILI</b>	
- aule scolastiche durante le lezioni	- 35 dB LAeq e 0,6/s come tempo di riverbero - per evitare problemi di comprensione delle singole parole (<35 dB LAeq per i soggetti con deficit uditivo)
- sale riunioni, caffetterie, ambienti indoor	- come per le aule scolastiche e 1/s come tempo di riverbero per evitare problemi di comprensione delle singole parole
- scuole materne, in ambienti indoor (durante il riposo dei bambini)	- 30 dB LAeq e 45 dB L <sub>max</sub> - per evitare disturbi del sonno
- parchi-gioco	- 55 dB LAeq - per evitare grave fastidio nella maggior parte dei soggetti
<b>OSPEDALI</b>	
- reparti di degenza (durante la notte)	- 30 dB LAeq e 40 dB L <sub>max</sub> - per evitare disturbi del sonno
- stanze per la terapia e il riposo (durante il giorno)	- 35 dB LAeq e 45 dB L <sub>max</sub> - per evitare disturbi da stress psico-fisico
<b>PARCHI E AREE PROTETTE</b>	
	- la tranquillità di queste aree va assolutamente preservata e i livelli di fondo vanno mantenuti a livello più basso possibile

Si suggeriscono alcuni siti utili per la visualizzazione dei Piani Comunali di Classificazione Acustica oltre a quelli dei singoli comuni:

<http://sira.arpat.toscana.it/sira/fuoco.php>

<https://arpat.ifac.cnr.it/>

<http://arpat.ifac.cnr.it/webgis/map.phtml>

**REQUISITI ACUSTICI PASSIVI**

**Isolamento acustico di facciata**

Il comportamento acustico di una facciata influisce significativamente sul comfort acustico interno di un edificio e la stessa forma della facciata (presenza di balconi, porticati etc.) influenza la trasmissione del rumore.

È dunque necessario ottemperare alle prescrizioni del DPCM del 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici” in cui è individuato un indice in decibel dell’isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell’ambiente ricevente  $D_{2m,nT,W}$ .

Per ciascuna tipologia di edificio è fissato un valore limite secondo la seguente tabella.

<i>Categoria dell'edificio</i>	<i>Tipo di edificio</i>	<i>D<sub>2m,nT,W</sub></i>
D	Edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;	45
A, C	Edifici adibiti a residenza o assimilabili; edifici adibiti ad alberghi, pensioni e	40



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;	48
B, F, G	Edifici adibiti a uffici e assimilabili; Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili; edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili;	42

Nella progettazione bisogna tener presente che se si costruisce in prossimità di infrastrutture di trasporto (fascia di pertinenza di linee ferroviarie e strade), in caso di superamento dei limiti, qualora non si possano attuare interventi di risanamento acustico alla sorgente per ragioni tecniche o economiche, è possibile intervenire direttamente sull'edificio disturbato. In sostanza, se non sono raggiungibili all'esterno dell'edificio i limiti fissati dai DPR 142/04 e DPR 459/98, vi è l'obbligo di intervenire sull'isolamento acustico di facciata garantendo comunque il rispetto dei seguenti limiti:

- 35 dB(A) Leq(A) notturno per ospedali, case di cura e riposo;
- 40 dB(A) Leq(A) notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;
- 45 dB(A) Leq(A) diurno per le scuole.

I suddetti valori devono essere misurati al centro stanza, a finestre chiuse, con il microfono dello strumento di misura posto ad altezza di m 1,5 dal pavimento.

Si ricorda che, in merito a specifiche sorgenti disturbanti diverse dalle infrastrutture, il DPCM 14/11/1997 stabilisce che la differenza tra il livello di pressione sonora ambientale LA misurato con sorgente disturbante attiva, e il livello sonoro residuo LR presente nel medesimo locale (con sorgenti spente) non deve essere superiore a 5 dBA nel periodo diurno (06.00-22.00) e a 3 dBA nel periodo notturno (22.00- 06.00).

In base all'art. 4, c. 2 del decreto, il suddetto criterio differenziale non si applica nel caso in cui il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e a 25 dB(A) durante il periodo notturno, poiché in tali condizioni si ritiene che ogni effetto del rumore sia da ritenersi trascurabile.

Si fa presente che, nel caso in cui i livelli di rumore esterni in facciata dell'edificio siano particolarmente elevati e le sorgenti siano di tipologia differente dalle infrastrutture di trasporto (dell'ordine di 70 dBA in periodo diurno e di 65 dBA in periodo notturno), il rispetto dei requisiti acustici passivi può non assicurare condizioni interne conformi alla normativa di settore o comunque di adeguato comfort acustico.

È opportuno, quindi, tenere presente che in alcuni casi occorre conseguire un isolamento acustico di facciata superiore a quello previsto dalla normativa.

In via preventiva è opportuno valutare il posizionamento e l'orientamento dell'edificio in maniera che sia esposto il meno possibile all'effetto delle sorgenti sonore presenti negli spazi esterni circostanti. Quindi sono elementi da considerare la distanza dalle sorgenti sonore e l'effetto schermante dovuto a barriere naturali e/o a ostacoli artificiali.

La distribuzione interna dei locali deve essere preferibilmente eseguita situando quelli che necessitano di maggiore quiete, come le camere, lungo il lato dell'edificio meno esposto al rumore; ovviamente tale esigenza deve coniugarsi anche con quella relativa a una corretta esposizione.

L'“involucro esterno” dovrebbe essere realizzato utilizzando materiali con elevato potere fonoassorbente. Per pareti opache si consiglia di utilizzare pareti doppie con spessore differente e all'interno materiale naturale fonoassorbente.

È opportuno l'uso di serramenti (ivi compresi gli avvolgibili) e prese d'aria esterne certificate dal punto di vista acustico con un potere fonoisolante adeguato alla prestazione richiesta: ad esempio se il valore dell'isolamento di facciata deve essere di 40 dB, il potere fonoisolante del serramento non può discostarsi eccessivamente da tale valore (ad es. non può scendere sotto i 38 dB).

Bisogna evitare la presenza di ponti acustici dovuti soprattutto all'errato montaggio dei serramenti e a prese d'aria non insonorizzate.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Inoltre è conveniente adottare vetri stratificati con telai a bassa permeabilità all'aria; lo spessore minimo della camera d'aria è bene che non sia inferiore a 9 mm. Per il rispetto della prestazione acustica è necessario che almeno una delle due lastre sia in vetro stratificato di spessore almeno di 6-7 mm. Occorre tuttavia il certificato acustico del serramento. Nel caso siano previsti i cassonetti, è necessario che anch'essi siano dotati di certificato acustico.

Per il soddisfacimento dei suddetti requisiti di facciata si consiglia di considerare i seguenti aspetti:

- Per le pareti utilizzare materiali con idoneo potere fonoisolante, preferibilmente materiali naturali/eco-compatibili (ad es. fibre di legno, kenaf, lana di pecora, materiali riciclati), le cui prestazioni possono essere valutate secondo le vigenti norme di buona tecnica (UNI TR 11175; serie UNI EN 12354; UNI EN ISO 717-1; UNI EN ISO 140-5, etc.). Vedere DGRT n. 176/07;
- Per la messa in opera dei materiali attenersi alle indicazioni riportate nelle suddette norme tecniche;
- Utilizzare sempre serramenti acusticamente certificati;
- Per bocchette di ventilazione, ingressi d'aria e cassonetti per dispositivi oscuranti, considerato che sono elementi deboli della facciata per quanto riguarda la trasmissione del rumore, bisogna prestare particolare attenzione sia al tipo di dispositivo utilizzato che alla posizione, cercando di utilizzare quelli acusticamente certificati e di sfruttare localizzazioni già schermate (ad esempio da balconi o parapetti). Bisogna tenere presente che quelli non insonorizzati vanificano il potere fonoisolante.

### ***Isolamento acustico delle partizioni interne***

Il rumore, che si trasmette per via aerea tra unità abitative adiacenti, dipende da molteplici fattori tra cui: le caratteristiche costruttive delle partizioni verticali e orizzontali, il modo in cui sono stati messi in opera i vari elementi costruttivi, le caratteristiche e la tipologia delle connessioni strutturali tra i vari elementi, le modalità di realizzazione degli alloggiamenti di tubazioni, il loro percorso all'interno dei muri e l'eventuale isolamento acustico.

È necessario ottemperare alle prescrizioni del DPCM del 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" in cui è individuato un indice del potere fonoisolante apparente di partizione fra ambienti ( $R'w$ ) riferito a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

È bene ricordare che il valore del suddetto indice è riferito a prestazioni da rispettare in opera ed è quindi comprensivo delle trasmissioni laterali che riducono, di fatto, la prestazione d'isolamento del componente di partizione (orizzontale o verticale). Per ciascuna tipologia di edificio è fissato un valore limite dell'indice secondo la seguente tabella.

<b><i>Tipo di edificio</i></b>	<b><i><math>R'w</math></i></b>
Edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	55
Edifici adibiti a residenza o assimilabili; ad alberghi, pensioni e attività	50
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	50
Edifici adibiti a uffici e assimilabili; ad attività ricreative o di culto o assimilabili; Ad attività commerciali o assimilabili	50

Nel caso di unità immobiliari con destinazione d'uso diversa si applica il limite più restrittivo.

Il raggiungimento di un isolamento acustico superiore a quello previsto dalla normativa è auspicabile. Per i soli edifici scolastici è decisamente consigliato il raggiungimento dei valori aggiuntivi dell'indice di potere fonoisolante come riportati nella tabella seguente.

<b><i>Prestazioni all'interno della stessa unità</i></b>	<b><i><math>R'w</math></i></b>
Pareti interne tra aule, tra aule e corridoi, atrio altri vani di collegamento;	40



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Pareti interne tra ambienti in cui è richiesta quiete e ambienti in cui si produce rumore (pareti senza porta di comunicazione)	50
Pareti mobili	30

La rumorosità tra ambienti adiacenti può essere ridotta tenendo presente che:

1. Una distribuzione ottimale degli ambienti interni minimizza la necessità di isolamento acustico delle partizioni interne;
2. Le aree che richiedono maggiore protezione sonora (es. camere da letto) devono essere collocate il più lontano possibile dagli ambienti adiacenti più rumorosi;
3. È preferibile, quando necessario, porre le aree critiche lungo le pareti di confine;
4. È auspicabile disporre in modo adiacente agli ambienti di servizio e con la stessa destinazione d'uso.

Al fine di evitare la propagazione del rumore è necessario da un lato adottare soluzioni a elevato potere fonoisolante dotate di certificazione acustica, dall'altro assemblare i divisori (verticali e orizzontali) in modo tale da ridurre al minimo gli effetti di ponte acustico e di trasmissione sonora laterale (flanking transmission). La trasmissione laterale è, per le costruzioni correnti, dell'ordine di 3-5 dB e quindi il potere fonoisolante certificato in laboratorio deve essere aumentato all'incirca di tale ordine di grandezza per rispettare il requisito: ad esempio per ottenere un valore  $R'w = 50$  dB in opera, occorre una parete che abbia almeno un potere fonoisolante  $Rw \geq 53$  dB. Molti sono gli accorgimenti costruttivi da utilizzare per i quali si rimanda alla consultazione delle Linee Guida regionali.

Si consideri inoltre la possibilità di utilizzare materiali naturali/ecocompatibili con idoneo potere fonoassorbente (a es. fibre di legno, kenaf, lana di pecora, materiali riciclati), le cui prestazioni possono essere valutate secondo le vigenti norme di buona tecnica (UNI TR 11175; serie UNI EN 12354; UNI EN ISO 717-1; UNI EN ISO 140-5 etc.). Anche per la messa in opera dei materiali è necessario attenersi alle indicazioni riportate nelle suddette norme tecniche.

**Isolamento acustico di calpestio**

Un materiale sollecitato da un corpo che urta la sua superficie, trasmette e irradia suoni nell'ambiente circostante; classico esempio nell'edilizia è il rumore da calpestio, dove un solaio si trasforma in una sorgente di rumore verso l'ambiente sottostante.

È necessario ottemperare alle prescrizioni del DPCM 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", in cui è individuato un Livello apparente di calpestio normalizzato ( $L'n, W$ ) riferito a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Tali requisiti, quindi, non sono da verificare all'interno della medesima unità. I valori del DPCM 5/12/97 sotto forma di livelli massimi ammissibili per categoria di edificio sono i seguenti:

<i>Tipo di edificio</i>	<i>L'n, W</i>
Edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;	58
Edifici adibiti a residenza o assimilabili; edifici adibiti ad alberghi, pensioni e attività assimilabili;	63
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;	58
Edifici adibiti a uffici e assimilabili; edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili; edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili;	55

Nel caso di coesistenza di destinazioni d'uso differenti si applica il limite più cautelativo (ad



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

esempio in un edificio in cui sopra c'è un ufficio e sotto un'abitazione, il limite da rispettare sarà  $L'n, W = 55$  dB; in un edificio in cui sopra c'è un'abitazione e sotto una scuola, il limite da rispettare sarà  $L'n, W = 58$  dB etc.).

Nella valutazione dell'indice si terrà conto sia della trasmissione diretta del rumore che di quella per fiancheggiamento, essendo il parametro riferito a valori in opera.

### **Controsoffitto**

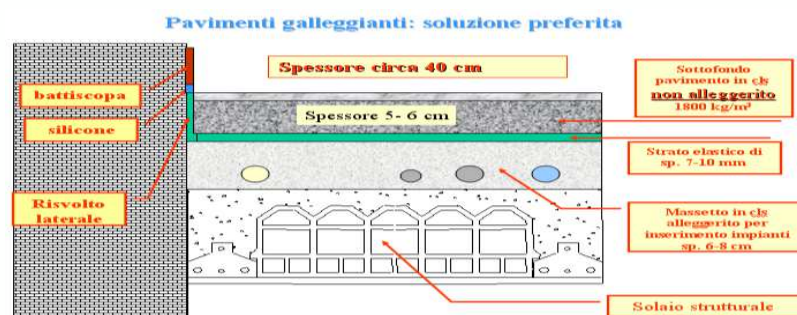
Utilizzando lo stesso principio delle doppie pareti, può essere incrementato il potere fonoisolante di un solaio di interpiano o di copertura di un ambiente, mediante la realizzazione di un controsoffitto. L'applicazione di un controsoffitto sospeso in un intervento di correzione acustica di un ambiente comporta un duplice vantaggio: aumenta l'assorbimento acustico equivalente dell'ambiente e aumenta il potere fonoisolante del solaio cui è applicato.

Per qualsiasi tipologia costruttiva (materiale poroso, pannello vibrante, risonatore) il controsoffitto, per garantire la maggior efficienza, dovrà essere sospeso rispetto al solaio mediante un sistema di pendini di tipo elastico, e dovrà essere accuratamente sigillato, sempre con materiale elastico, lungo il perimetro laterale a contatto con le pareti.

È bene ricordare che il controsoffitto non è mai sostitutivo del pavimento galleggiante a causa delle trasmissioni laterali, ma può essere finalizzato principalmente all'aumento del potere fonoisolante ai rumori aerei e, con minor efficacia, a ridurre i rumori di calpestio.

Un intervento di isolamento acustico da rumori da calpestio è associato necessariamente alla realizzazione di un pavimento galleggiante; esso si realizza inserendo un materiale elastico interposto tra la struttura portante e il massetto sul quale è applicata la finitura superficiale. In questa tipologia di intervento il materiale elastico ha il compito di smorzare la trasmissione delle vibrazioni tra i vari componenti del pacchetto.

Nella figura 1 è riportato uno schema di pavimento galleggiante.



Si raccomanda di seguire sempre le istruzioni del fornitore del materiale elastico, che peraltro certifica le prestazioni dello stesso. Ciò premesso la corretta posa in opera di un pavimento galleggiante prevede alcuni accorgimenti, quali:

- Massa superficiale del massetto soprastante lo strato elastico non inferiore a  $100-110$  kg/m<sup>2</sup>;
- Completa disgiunzione del massetto e della pavimentazione dalle strutture limitrofe, tramite l'impiego di materiale elastico; la disgiunzione può essere realizzata anche mediante lo stesso materiale elastico, opportunamente risvoltato sulle superfici verticali prima di realizzare la gettata;
- Il materiale elastico non deve permettere la penetrazione di cemento; se il materiale è costituito da fogli flessibili, quelli adiacenti devono essere montati l'uno sull'altro altrimenti le linee di giunzione devono essere nastrate; l'intonaco delle strutture verticali o il battiscopa non devono avere punti di contatto con la finitura applicata sopra massetto; gli impianti tecnologici non





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- devono diventare ponti acustici, bypassando il materiale resiliente e quindi mettendo in diretto contatto la pavimentazione con la struttura principale;
- Il risvolto suddetto deve essere attuato anche in corrispondenza delle soglie di ingresso e di accesso alle terrazze.

Normalmente, un pavimento galleggiante come quello di figura 1 soddisfa anche i requisiti di isolamento ai rumori aerei  $R'w$  del DPCM 5/12/97.

### ***Requisiti acustici passivi dei sistemi tecnici***

È necessario garantire il rispetto del DPCM del 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" in cui sono fissati i seguenti limiti per la rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici, misurati in locali diversi da quelli in cui il rumore si origina:

- 35 dB(A)  $L_{ASmax}$  con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo (tutti gli edifici);
- 25 dB(A)  $L_{Aeq}$  per i servizi a funzionamento continuo (solo edifici di categorie D e E);
- 35 dB(A)  $L_{Aeq}$  per i servizi a funzionamento continuo (per tutti gli altri edifici).

Deve essere verificata l'assenza/presenza di componenti tonali nel rumore prodotto negli impianti a funzionamento continuo con analisi spettrali per bande normalizzate di 1/3 d'ottava e/o procedere all'eliminazione di tali componenti laddove riscontrate.

È altresì necessario schermare opportunamente le sorgenti di rumore qualora si ipotizzi o sia stato verificato il superamento dei limiti.

Gli impianti tecnologici sono molto spesso causa di rumori e vibrazioni, sia all'interno sia all'esterno degli edifici. Controllare il rumore generato dagli impianti, spesso vuol dire valutare, oltre al loro funzionamento, anche l'interazione che hanno con il resto dell'edificio.

Si ricorda che i livelli sonori da rispettare si riferiscono a locali diversi da quelli in cui il rumore si origina.

Ad esempio i terminali di impianto, come bocchette e diffusori, vanno valutati limitatamente al rumore portato dal ventilatore attraverso le condotte fino al locale servito, ma non sul rumore generato dalla bocchetta stessa per effetto dell'aria che transita sulla griglia (rumore generato in ambiente).

Devono essere considerati i rumori provenienti dal servizio igienico, dalla cucina, dalla colonna di scarico condominiale etc. nei locali adiacenti.

Gli impianti di riscaldamento, di ventilazione e di condizionamento dell'aria costituiscono fonte di rumore di tipo continuo e come tali dovrebbero essere collocati in modo opportuno rispetto alle unità abitative. Tali macchinari sono spesso causa di rumori caratterizzati da componenti spettrali a bassa frequenza (tra 20 e 2000 Hz), che sono difficilmente controllabili dalle comuni strutture edilizie che presentano a tali frequenze cadute di isolamento. Peraltro le frequenze centrali (tra 500 e 2000 Hz) sono particolarmente avvertite dall'orecchio umano.

In fase progettuale è opportuno porre attenzione al posizionamento dei locali tecnici in generale e, in particolare, dei WC evitando che siano localizzati in prossimità di locali sensibili (camere, soggiorno) e che arrechino disturbo.

Di seguito si riportano alcuni accorgimenti che possono contribuire alla riduzione dei livelli sonori rilevabili in prossimità di impianti tecnologici:

1. Impiegare componenti acusticamente certificati;
2. Inserire giunti elastici e materiali elastici per la riduzione delle vibrazioni prodotte dagli impianti;
3. Dimensionare opportunamente gli impianti tecnici in modo da far funzionare gli elettroventilatori, le pompe etc. a un numero di giri ridotto;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

### 4. Desolidarizzare gli impianti dalle strutture con interposizione di strati elastici.

La rumorosità degli impianti idrosanitari può essere attenuata ricorrendo ad alcune precauzioni:

- Posizionare i wc non in adiacenza delle camere da letto;
- Collocare il WC vicino alla colonna di scarico dei flussi;
- Adottare sciacquoni “a due vie” (si assolve così anche al risparmio idrico);
- Interporre del materiale elastico tra lo scarico e le strutture murarie;
- Realizzare cavedi insonorizzati;
- Utilizzare tubazioni intrinsecamente insonorizzate.

Si deve considerare anche che le tubazioni per la distribuzione dell'acqua, sia per uso climatizzazione sia sanitario, possono risultare critiche sotto l'aspetto acustico. Per questo sarà opportuno valutare attentamente la velocità del fluido trasportato e adottare alcune misure quali: l'inserimento di giunti elastici tra le tubazioni e le apparecchiature in grado di trasmettere vibrazioni, la riduzione dei cambi di direzione, raccordi con curve a 45° per ridurre i rumori dovuti alla turbolenza del fluido in moto. Molta attenzione va posta anche alle tubazioni di scarico degli impianti sanitari, poiché tendono a trasformare le strutture in sorgenti sonore. In questo caso molta importanza ha il corretto dimensionamento in fase progettuale sia della rete di scarico sia di quella di ventilazione, lo spessore e la tipologia del materiale delle tubazioni e di copertura (normalmente cemento) e in particolar modo le sue caratteristiche di trasmissione delle vibrazioni.

Il rumore causato dall'ascensore può essere ridotto:

- Installando le macchine su una base inerziale sospesa elasticamente;
- Fonoisolando adeguatamente il vano macchine;
- Impiegando componenti certificati di alta qualità.

In particolare, questi macchinari normalmente trasmettono rumore aereo dal vano macchina o trasformano le strutture in sorgente tramite la trasmissione di vibrazioni attraverso le guide poste nel vano di scorrimento. Pertanto, occorrerà prestare attenzione innanzi tutto alle caratteristiche costruttive dei vani tecnici facendo sì che questi presentino un buon isolamento dei rumori aerei, e in seguito adottare accorgimenti finalizzati alla riduzione della trasmissione di vibrazioni.

Infine per le apparecchiature per la produzione del calore (caldaie, refrigeratori, CTA etc.), di solito installate in appositi locali o all'esterno, dovrà essere prestata attenzione agli effettivi valori di emissione sonora (con particolare riferimento ai Livelli di potenza), progettando correttamente il luogo di posizionamento al fine di evitare il rientro di rumore all'interno degli ambienti controllati o l'emissione verso altri ambienti.

Sinteticamente si riassumono gli accorgimenti tecnici che è possibile mettere in opera per conseguire le finalità richieste:

Posizione	<ul style="list-style-type: none"><li>- Posizionamento dei wc non in adiacenza alle camere da letto</li><li>- Collocamento del wc vicino alla colonna di scarico</li><li>- Interposizione di materiale elastico tra lo scarico e le strutture murarie</li><li>- Inserimento di giunti elastici tra le tubazioni e le apparecchiature in grado di trasmettere vibrazioni</li></ul>
Dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"><li>- Dimensionamento valvole e rubinetteria tenendo presente le caratteristiche di distribuzione del fluido</li><li>- Adottare sciacquoni “a due vie” (si assolve così anche al risparmio idrico)</li><li>- Dimensionamento delle tubazioni di scarico degli impianti sanitari</li><li>- Dimensionamento dello spessore e della tipologia del materiale di copertura (normalmente cemento), delle tubazioni ed in particolar modo le sue caratteristiche di trasmissione delle vibrazioni</li></ul>



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Schermatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installazione di macchine su una base inerziale sospesa elasticamente</li> <li>- Fonoisolamento del vano macchine</li> <li>- Isolamento vani per apparecchiature per la produzione del calore (caldaie, refrigeratori, CTA etc.)</li> <li>- Isolamento dei vani tecnici</li> <li>- Isolamento dei cavedi</li> <li>- Uso di tubazioni in polietilene pesante fissati alle murature con appositi collari rivestiti con materiale elastico</li> <li>- Uso di raccordi a 45° per gli scarichi</li> </ul>
-------------	---

**TEMPI DI RIVERBERO**

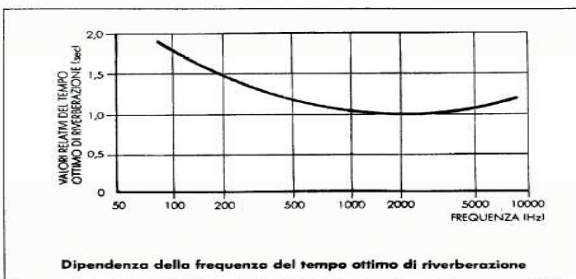
Gli elementi presenti all'interno di un ambiente chiuso (pareti, arredamenti, persone etc.) condizionano la propagazione acustica, poiché assorbono in diversa misura l'energia sonora che incide su di loro. Tale fenomeno può alterare e deteriorare la qualità del suono percepito dal ricettore, causando ad esempio il degrado della comunicazione verbale o dell'ascolto della musica. Per definire la qualità acustica di un locale è stato introdotto il tempo di riverbero, il quale indica il tempo, in secondi, necessario affinché, in un punto di un ambiente chiuso, il livello sonoro si riduca di una certa entità rispetto a quello che si ha nell'istante in cui la sorgente sonora ha finito di emettere.

La determinazione del tempo di riverbero di un ambiente, è pertanto fondamentale per valutarne le caratteristiche acustiche e decidere se intervenire sulle strutture che lo delimitano aumentandone le capacità di fonoassorbimento.

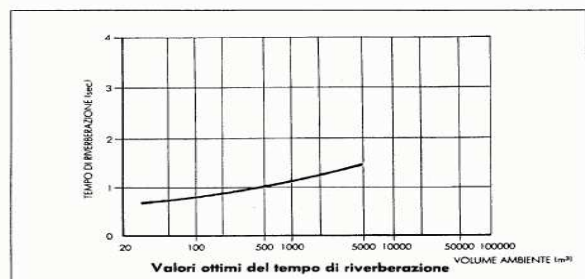
Per quanto riguarda gli ambienti scolastici, la normativa di riferimento fa capo al DM 18 settembre 1975 recante "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica da osservarsi nelle opere di edilizia scolastica", che indica i valori ottimali del tempo di riverbero sia in funzione del volume dell'aula, sia in funzione delle frequenze.

Tale decreto prevede la misura dei tempi di riverbero alle frequenze di 250, 500, 1000, 2000 Hz e il confronto con i valori del tempo di riverbero ottimale in funzione del volume delle aule (da determinare con il supporto dei grafici seguenti).

Di seguito sono riportati i diagrammi con i valori ottimali dei tempi di riverbero, in funzione del volume della sala e della destinazione d'uso.



La



presenza di persone all'interno dell'ambiente influenza il valore del tempo di riverbero, poiché determina un aumento dell'assorbimento acustico. È questo il caso di cinema, auditori e teatri, ossia di luoghi in cui l'affluenza di persone è numerosa.

In questi casi, i valori ottimali dovranno essere verificati con una capienza del locale pari a 3/4 di quella totale.

Di norma, è utilizzato il tempo di riverbero T60, cioè l'intervallo in cui l'energia sonora decresce di 60 dB dopo lo spegnimento della sorgente (lettura: 0-1 secondi; musica da camera: 1,4-2 s; grandi sale da concerto: 1,7-2,3 s).





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

In generale, per ambienti destinati all'ascolto della parola i valori ideali di T60 sono più brevi di quelli per le sale destinate all'ascolto della musica, in quanto la diffusione musicale richiede una maggiore enfaticizzazione dell'effetto spaziale.

Inoltre, è necessario considerare che a un incremento del volume dell'ambiente corrisponde un aumento del tempo di riverbero ottimale. In questo caso, è necessario compromettere lievemente l'ascolto a favore di un più elevato valore del livello sonoro.

Come già evidenziato in precedenza, a tale scopo, esistono diagrammi che consentono di determinare il tempo di riverbero ottimale in funzione del volume e della destinazione d'uso dell'ambiente.

Quando una sorgente di rumore attiva in un locale, è spenta, il livello di pressione sonora presente all'interno della stanza non si annulla istantaneamente. Questo fenomeno è causato dal fatto che le superfici delimitanti l'ambiente, riflettendo parzialmente le onde sonore ancora presenti nella stanza, generano una "coda sonora": tale fenomeno è noto con il nome di "riverbero".

Esso presenta aspetti positivi e negativi. Infatti, se un certo valore del tempo di riverbero aiuta a rinforzare il suono diretto e quindi a migliorarne l'ascolto, per contro, un valore eccessivo della coda sonora ne compromette la qualità, rendendo il suono impastato.

Ottenere valori ottimali del tempo di riverbero rappresenta il giusto compromesso tra il raggiungimento di un livello sonoro sufficiente per un'audizione senza sforzo, in tutti i punti dell'ambiente, e la riduzione del disturbo provocato da un eccesso di riverbero.

La capacità di una sala di essere più o meno riverberante dipende principalmente dalle sue dimensioni (e quindi dal suo volume) e dalla capacità delle superfici delimitanti di assorbire o no i suoni.

Poiché le superfici assorbono i suoni alle varie frequenze in maniera differente, i locali possono essere molto riverberanti a certe frequenze e poco ad altre.

Locali troppo riverberanti non sono adatti per l'ascolto del parlato, poiché la coda sonora non permette di distinguere chiaramente le sillabe che compongono le parole, ma potrebbero essere adeguati per l'ascolto di determinati tipi di musica come ad esempio la musica d'organo.

Il tempo di riverbero deve assumere pertanto dei valori idonei al tipo di destinazione d'uso dell'ambiente stesso: in genere deve essere contenuto in 1-2 secondi, ma non è detto che un tempo di riverbero particolarmente basso (ad esempio 0,5 s) sia sempre da preferire a uno più alto (come ad esempio 3 s).

Valori bassi del tempo di riverbero sono adeguati per locali con permanenza di persone, cinema e ristoranti, valori elevati invece sono adeguati per chiese e ambienti di ascolto.

Gli unici valori di riferimento definiti a livello legislativo sono quelli per l'edilizia scolastica DM 18/12/75.

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

Per quanto concerne tipologie di edilizia come quella sanitaria, quella destinata a uffici, centri commerciali, alberghi e altre tipologie di fabbricati, le norme di buona tecnica (UNI EN ISO 11690) prescrivono per ambienti di dimensioni inferiori a 500 m<sup>3</sup> valori del tempo di riverbero nell'intervallo di frequenza 1000 - 2000 Hz non superiori a 0,5 s. Per ambienti di dimensioni comprese tra 500 m<sup>3</sup> e 1000 m<sup>3</sup> i valori del tempo di riverbero nell'intervallo di frequenza 1000 - 2000 Hz non devono superare 1 s. Il rispetto di tale requisito è richiesto per consentire idonee condizioni di comfort acustico in ambienti con specifiche destinazioni d'uso, al fine di garantire l'intelligibilità della conversazione verbale senza dover ricorrere a comunicazione verbale con voce alterata, e ridurre nel frattempo l'esposizione a rumore prodotto nell'ambiente da sorgenti interne (comunicazione verbale o macchinari).

Per certe tipologie di ambienti è necessario provvedere a un'attenta progettazione sia della



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

disposizione dei posti di lavoro che della scelta dei materiali, al fine di garantire che la conversazione sia intelligibile a voce normale per le persone interessate, e, nel frattempo che questa sia non comprensibile, per le persone non partecipanti alla conversazione.

Il conseguimento di valori idonei del tempo di riverbero è generalmente ottenibile mediante trattamento acustico del soffitto con materiale fonoassorbente.

### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- Direttiva 2002/49/CE “Determinazione e gestione del rumore ambientale”;
- L 7 luglio 2009 n.88 “Disposizioni per l’adempimento di obblighi derivanti dall’appartenenza dell’Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2008”;
- L 447/95 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”;
- D.Lgs 194/05 “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”;
- DPR 459/98 “Regolamento recante norme di esecuzione dell’art. 11 della L 447/95 in materia di inquinamento acustico derivante da traico ferroviario”;
- DPR 142/04 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell’inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell’art. 11 della L 447/95”;
- DPR 227/11 “Regolamento per la semplificazione di adempimenti amministrativi in materia ambientale gravanti sulle imprese, a norma dell’articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n.78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n.122”;
- DPCM del 1 marzo 1991 “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”;
- DPCM del 14 novembre 1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”;
- DPCM del 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”;
- DM del 18 dicembre 1975 “Norme tecniche aggiornate relative all’edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica”;
- DM del 31 ottobre 1997 “Metodologia di misura del rumore aeroportuale”;
- CM 3151/67 “Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici”;
- LRT 89/98 “Norme in materia di inquinamento acustico”;
- DGRT 788/99 “Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell’art. 12, c. 2 e 3 della LRT 89/98”;
- DGRT 398/00 “Modifica e integrazione della Delib. 788/99 «Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico» e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell’art. 12, c. 2 e 3 della LRT 89/98”;
- DGRT 176/07 “Approvazione del documento di studio in materia di acustica in edilizia per l’avvio di un confronto con gli Enti Locali e per la successiva elaborazione ed adozione di un regolamento attuativo ai sensi della LRT 1/05 «Norme per il governo del territorio»”;
- DGRT 21/10/13 n.857 “Definizione criteri documentazione impatto acustico e relazione previsionale di clima acustico”
- DPGRT 08/01/14 n. 2/R Regolamento regionale di attuazione ai sensi dell’art. 2, comma 1, della LR 89/98 - Norme in materia di inquinamento acustico;
- Regolamento comunale riguardante le attività rumorose;
- UNI 9884 “Caratterizzazione acustica del territorio mediante descrizione del rumore ambientale”;
- UNI EN 1793 “Dispositivi per la riduzione del rumore da traico stradale”;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- UNI 11143 “Acustica. Metodo per la stima dell’impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti”.
- UNI EN 12354-1 “Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti”;
- UNI EN 12354-2 “Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico al calpestio tra ambienti”;
- UNI EN 12354-3 “Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall’esterno per via aerea”;
- UNI EN 12354 -4 “Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Trasmissione del rumore interno all’esterno”;
- UNI EN ISO 717-1 “Acustica. Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”;
- UNI EN ISO 140-5 “Acustica. Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell’isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate”;
- UNI 11173 “Finestre, porte e facciate continue. Criteri di scelta in base alla permeabilità all’aria, tenuta all’acqua, resistenza al vento, trasmittanza termica ed isolamento acustico”;
- UNI TR 11175 “Acustica in edilizia. Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale”.
- UNI EN ISO 9241-6 “Requisiti ergonomici per il lavoro di ufficio con videoterminali (VDT). Guida sull’ambiente di lavoro”;
- UNI EN ISO 11690 “Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario”;
- UNI 11367 “Acustica in edilizia. Classificazione acustica delle unità immobiliari. Procedura di valutazione e verifica in opera” (appendice C).

## **RIDUZIONE DELL’ESPOSIZIONE A RADIAZIONI NON IONIZZANTI A RADIO FREQUENZA (CEM-RF) E A BASSA FREQUENZA 50HZ (CEM-ELF)**

Lo sviluppo tecnologico della società ha comportato, negli ultimi anni, un aumento esponenziale delle sorgenti dei campi elettromagnetici (CEM). Il trasporto dell’energia elettrica e il suo utilizzo attraverso elettrodomestici, computer e macchinari industriali, le trasmissioni radiotelevisive, l’utilizzo di telefoni cellulari e l’uso di internet wireless hanno reso ubiquitaria l’esposizione della popolazione a svariate tipologie di campi elettromagnetici.

Parallelamente, se da una parte l’avanzamento tecnologico ha agevolato la vita quotidiana delle persone, dall’altra si è fatta sempre più sentita nella comunità scientifica la preoccupazione circa i possibili effetti dell’esposizione a lungo termine sulla salute umana, soprattutto per quanto riguarda i soggetti più sensibili agli inquinanti ambientali, come i bambini. Negli ultimi decenni sono stati effettuati numerosi studi epidemiologici con esiti contrastanti ma giudicati sufficientemente attendibili per determinare l’inclusione dei campi magnetici sia a bassa sia ad alta frequenza nel gruppo dei possibili cancerogeni (2B) da parte dell’Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC).

*Le onde elettromagnetiche sono un fenomeno fisico attraverso il quale l’energia elettromagnetica può trasferirsi da un luogo all’altro per propagazione.*

*L’insieme di tutte le possibili radiazioni elettromagnetiche definisce il cosiddetto spettro elettromagnetico che, per convenzione, è suddiviso in regioni diverse in base alla frequenza (Hertz, Hz, numero di cicli al secondo), alla lunghezza d’onda ( $\lambda$ ) o all’energia della radiazione. Sulla base*



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

di questi parametri, in grado di condizionare le interazioni tra le radiazioni e la materia, si distinguono:

- Radiazioni ionizzanti (IR), dunque onde elettromagnetiche con frequenza superiore a  $3 \times 10^{15}$  Hz, e lunghezza d'onda inferiore a 100 nm, che hanno un'energia tale da rompere i legami chimici che tengono uniti gli atomi e le molecole e quindi ionizzano la materia;
- Radiazioni non ionizzanti (NIR), onde con frequenza inferiore che non trasportano un quantitativo di energia sufficiente a produrre la rottura dei legami chimici e produrre ionizzazione.

Tra queste ultime rivestono particolare interesse per il dibattito in merito ai possibili effetti sulla salute dell'uomo:

- a) Quelle connesse alla produzione, al trasporto, alla distribuzione e all'utilizzo dell'energia elettrica, si tratta di onde elettromagnetiche a frequenza estremamente bassa (CM-ELF fino a 3 KHz) e in particolare alla frequenza di 50 Hz;
- b) Quelle connesse alle emittenti televisive, radiofoniche, della telefonia mobile, ponti radio, microonde e radar, comprese tra le radiazioni ad alta frequenza (tra 100 KHz e 300 GHz).

### RADIO FREQUENZA (CEM-RF)

#### **Valori, limiti e obiettivi di qualità previsti dall'attuale normativa**

Il primo decreto (DM 381/98) che in Italia ha affrontato il problema dell'esposizione della popolazione a RF e microonde (MO) prevede valori di 20 V/m come limite da non superare nell'intervallo di frequenza tra 3 e 3000 MegaHz, ovvero per tutti gli impianti radio-TV e per telefonia mobile, per esposizioni inferiori a 4 ore giornaliere, e di 6 V/m per esposizioni di durata superiore (valore di attenzione e obiettivo di qualità). Questa normativa, come anche la Legge Quadro 36/01, sono entrambe esplicitamente improntate al "Principio di Precauzione". Il DM 381/1998 mira, infatti, a "produrre i valori di CEM più bassi possibile, compatibilmente con la qualità del servizio svolta dal sistema stesso, al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione" (art. 4).

Tali valori costituiscono misure di cautela per la prima volta previste nel nostro ordinamento insieme a obiettivi di qualità da conseguire nella progettazione, nella realizzazione di nuovi impianti e nell'adeguamento di quelli preesistenti.

In data 8 luglio 2003 è stato emanato, in attuazione della Legge Quadro 36/2001, il DPCM sulle RF che, senza abrogare il DM 381/98, definisce i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la prevenzione degli effetti a breve termine e dei possibili effetti a lungo termine nella popolazione dovuti all'esposizione ai campi elettromagnetici. Il DPCM definisce anche le zone dove valgono gli obiettivi di qualità: zone all'aperto intensamente frequentate ivi comprese le superfici edificate ovvero attrezzate permanentemente per il soddisfacimento di bisogni sociali, sanitari e ricreativi.

Tuttavia il DPCM riprende il concetto di una "soglia massima" di valore di campo (il limite di 6 V/m) sia come limite di esposizione che come valore di attenzione e obiettivo di qualità, eludendo, di fatto, il carattere incentivante, precedentemente attribuito all'obiettivo di qualità, nel senso del perseguimento di valori più bassi possibile.

Infine il 16 settembre 2003 è entrato in vigore il Codice unico delle Comunicazioni elettroniche adottato con D.Lgs. 259/2003, dove, con gli art. 86-92, sono stabiliti i procedimenti autorizzativi relativi alle infrastrutture di comunicazione elettronica tra cui gli impianti di diffusione radiotelevisiva e le SRB.

LIMITI DI ESPOSIZIONE DAL DPCM 8/7/2003 (estratto dalla tab. 1 all.B)		
Frequenza	Intensità campo elettrico E (V/m)	Intensità campo Magnetico H (A/m)



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Per <b>f</b> comprese tra 3 e 3000 MHz (nota 1)	<b>20</b>	<b>0.05</b>
Nota1: Intervallo di frequenza dove rientrano la maggior parte delle fonti emissive per telecomunicazioni. Per frequenze diverse vedere tabella completa.		

<b>VALORI DI ATTENZIONE E DI QUALITÀ DAL DPCM 8/7/2003</b> (estratto dalle tab. 2 e 3 all.B)		
<b>Frequenza</b>	<b>Intensità campo elettrico E (V/m)</b>	<b>Intensità campo Magnetico H (A/m)</b>
Per <b>f</b> comprese tra 0,1 MHz e 300 GHz (nota 1)	<b>6</b>	<b>0.016</b>
Nota1: I valori di attenzione sono validi per tutto l'intervallo di frequenze considerato dal DPCM.		

La LRT 49/11 riporta tra le finalità: l'ordinato sviluppo e la corretta localizzazione degli impianti, la tutela della salute umana, dell'ambiente e del paesaggio. Istituisce il "programma comunale degli impianti", che è approvato e aggiornato dai comuni in base ai programmi di sviluppo delle reti e dell'esigenza di minimizzare l'esposizione della popolazione, oltre che di copertura del servizio sul territorio e definisce i criteri localizzativi.

**EFFETTI SULLA SALUTE**

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 a 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 e alcuni effetti negativi per la salute e alcuni studi condotti in laboratorio hanno evidenziato la possibilità di un danno alle cellule da parte di questo tipo di radiazioni (Eger H. et coll., 2004 Germania Agenzia Federale per la protezione da radiazioni; Kundi et al., 2004; Hardell 2005; Hardell 2006, analisi pooled). Attualmente i campi elettromagnetici a Radio Frequenza sono classificati dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) dell'OMS come "Possibili cancerogeni per l'uomo" (Gruppo 2B) per le evidenze di eccesso di rischio per il glioma, un tumore maligno del cervello associato all'utilizzo del telefono cellulare.

A oggi nessuna conclusione è possibile trarre né sui meccanismi d'azione né sulle dosi efficaci.

Dunque, in base al Principio di precauzione, è necessario non esporre in maniera indebita la popolazione e in particolare i bambini. Per quanto riguarda l'inquinamento elettromagnetico occorre distinguere gli impianti di diffusione radiotelevisiva dalle stazioni radio-base per la telefonia cellulare. Nel primo caso, gli impianti servono generalmente un'area molto vasta, con trasmettitori di grande potenza (10000-100000 W) posizionati su dei rilievi che godono di una buona vista sull'area servita.

Le stazioni radio-base per la telefonia cellulare, nonostante le dimensioni talvolta molto appariscenti, irradiano per ciascun settore potenze molto contenute che vanno dai 100 W di una stazione dual-band, ai 60 W delle nuove stazioni UMTS. Con queste potenze la zona nella quale si possono trovare nello spazio livelli di campo superiori ai valori indicati dall'attuale normativa (6 V/m), si estende per 100 metri davanti alle antenne, normalmente sopra i tetti dei palazzi vicini.

Le modalità con cui tali stazioni irradiano i campi nell'area circostante sono stimabili a priori, e con un progetto sufficientemente dettagliato è possibile garantire che i livelli di campo in tutti gli edifici circostanti, così come nelle aree occupate stabilmente da persone, siano inferiori ai limiti di legge.

La potenza emessa dalle stazioni radio-base non è costante nel tempo: cresce quando il traffico telefonico è intenso, mentre si riduce quando questo è scarso, ad esempio la notte.





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

### INDICAZIONI

Al fine di minimizzare (al di sotto dei limiti normativi) l'esposizione della popolazione a campi elettromagnetici ad alta frequenza si può procedere con diversi approcci. In particolare, tra l'altro, si può procedere mediante:

- Disposizione del fabbricato in relazione ai valori di campo presenti nell'area;
- Disposizione dei vani atta a garantire la minimizzazione dell'esposizione negli ambienti dove è prevista la permanenza prolungata di persone;
- Opere murarie e ostacoli che in genere attenuano il campo elettromagnetico ad alta frequenza;
- Adozione di schermature. Per tali opere è opportuno affidarsi a ditte specializzate che studino la soluzione più idonea allo specifico contesto e ne attestino l'effettiva efficacia in opera.

In caso di installazione/modifica/potenziamento di impianti che generano CEM-RF la minimizzazione può essere conseguita con criteri localizzativi (vedi artt. 9 e 11 della LRT 49/11) o con accorgimenti tecnici.

Si può agire ad es. aumentando l'altezza degli impianti da terra, modificando l'inclinazione o tilt (come illustrato nella figura seguente) o l'orientamento delle antenne oppure modificando la potenza dell'impianto.

#### ***Sistemi alternativi al wi-fi***

Per l'accesso ad Internet adottare sistemi alternativi al wi-fi quali la connessione via cavo o la tecnologia Powerline Communication (PLC), evitando l'utilizzo dei sistemi wireless.

##### *Il sistema via cavo*

L'accesso ad Internet via cavo è una connessione a banda larga che utilizza lo stesso cablaggio della TV via cavo. Il cavo è un dispositivo composto di più fili o fibre ottiche e rivestito da materiale isolante. Normalmente i fili sono metalli con resistività elettrica molto bassa ed hanno uno spessore che varia secondo la resistenza e della flessibilità richieste. I cavi non devono necessariamente avere un diametro grande per essere funzionali, sono piuttosto sviluppati in lunghezza, così da collegare due punti e consentire il trasferimento di energia elettrica (Cavi di energia) o informazioni (Cavi di Telecomunicazione) attraverso campi elettromagnetici.

I cavi di energia contengono un conduttore (luogo in cui è effettivamente trasmessa l'energia) e sono ricoperti di un isolante. I cavi di telecomunicazione servono per trasferire dati, suoni e immagini i quali devono essere trasformati in segnali elettrici per essere trasmessi. Tramite un trasduttore è possibile compiere questa trasformazione. Esistono due modi per agevolare la trasmissione del segnale:

- Attraverso una trasmissione analogica;
- Attraverso una trasmissione digitale.

Per utilizzare questo tipo di connessione è necessario un Account con un Provider di servizi Internet (ISP) che, nella maggior parte dei casi, fornisce tutta l'apparecchiatura necessaria alla connessione.

Le connessioni a Internet via cavo garantiscono una connessione permanente, in diretto collegamento col provider. Queste connessioni richiedono un modem che prevede:

- Una connessione coassiale (verso il cavo);
- Una connessione Ethernet (verso la scheda di rete del computer).

Solitamente la velocità raggiunta è di 10 Mbps ma, naturalmente, tale valore si abbassa al crescere del numero di utilizzatori e della distanza della sede del cliente dal fornitore di servizi. Il modem via cavo offre larghezze di banda fino a 30 Mbit / s, mentre la velocità DSL di trasmissione dei segnali digitali a banda larga ha un massimo di 10 Mbps.

##### *Il sistema di comunicazione PLC (Powerline Communication)*

La tecnologia di comunicazione Powerline consente di utilizzare la comune rete elettrica come mezzo di trasporto per la trasmissione digitale di dati e voce. Attraverso la trasmissione di segnali





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

su linee elettriche è possibile fornire al cliente finale una modalità alternativa di accesso alla banda larga.

Tale modalità di trasmissione si presenta fortemente innovativa rispetto alle tecnologie di accesso attualmente disponibili. Grazie, infatti, alla capillarità della rete elettrica la tecnologia PLC può realmente rappresentare una valida alternativa alla tradizionale linea telefonica per la connessione a banda larga dei clienti finali, tramite un utilizzo razionale delle infrastrutture esistenti.

La trasmissione dei segnali richiede di installare presso la casa dell'utente un modem di dimensioni ridotte da collegare direttamente a una delle prese elettriche della casa, da un lato, e a un personal computer o altro apparato adeguato, dall'altro. La propagazione del segnale avviene attraverso i cavi dell'impianto elettrico fino a un altro modem da collocare all'esterno dell'edificio e da qui, lungo le linee di distribuzione a bassa tensione, arriva alle cabine secondarie di trasformazione (media/bassa tensione) cui sono collegate le diverse abitazioni per l'alimentazione elettrica. Nelle cabine è infine installato un altro apparato d'interfaccia (master), che estrae il segnale dalle linee elettriche e lo immette nella rete convenzionale di telecomunicazione (e viceversa).

Inoltre, questo tipo di accesso alternativo a banda larga, consente di veicolare verso le case dei cittadini diversi servizi che possono andare dalla semplice connessione ad Internet a servizi innovativi per l'automazione della casa che permettano l'applicazione estesa dei concetti della domotica.

Questa tecnica è utilizzata da decenni, prima dell'introduzione della telefonia mobile, per trasmissioni con treni in marcia (usando le linee di potenza), per controllare apparati elettrici tramite la propria rete di alimentazione, per leggere contatori elettrici remotamente, per sistemi interfonici casalinghi etc.

Per alcuni problemi tecnici che non garantivano la qualità del servizio, questa tecnica non è stata utilizzata per l'accesso a internet nelle abitazioni ma recentemente, grazie agli sviluppi della tecnologia, questo tipo di utilizzo si sta diffondendo e oggi è possibile utilizzare le PLC con aspettative prestazionali simili a quelle fornite dal Wireless.

La powerline può essere utilizzata anche per creare connessioni a banda larga in luoghi remoti che non potrebbero essere raggiunti dal segnale wireless o cablati per ovvi motivi economici, basta che all'utente arrivi un cavo elettrico, e poiché l'Italia ha una delle reti elettriche più estese e capillari d'Europa, la PLC diventa una soluzione economicamente interessante.

Da un punto di vista radioprotezionistico, la powerline, viaggiando sugli stessi cavi elettrici, aggiunge un campo elettrico marginale rispetto a quello già presente dovuto al transito di corrente alternata e quindi l'utilizzo di questa tecnologia non crea problemi di esposizione dell'utilizzatore finale che collega il PC alla linea elettrica per ricevere energia + segnale.

### **BASSA FREQUENZA 50HZ CM-ELF**

#### ***Valori, limiti e obiettivi di qualità previsti dall'attuale normativa***

Nel caso di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza di 50 Hz generati da linee elettriche o apparecchi a loro collegati, non devono essere superati i limiti di esposizione dell'art. 3 del DPCM del 08/07/2003. Il DPCM è applicabile alla sola popolazione e considera tre limiti:

- LIMITE DI ESPOSIZIONE (100  $\mu$ T) non va mai superato;
- LIMITE DI ATTENZIONE (10  $\mu$ T) si applica agli elettrodotti esistenti, e non deve essere superato nelle aree gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate;
- LIMITE DI QUALITÀ (3  $\mu$ T), è da applicarsi per le installazioni di nuovi impianti e per le nuove costruzioni in prossimità di impianti esistenti e non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate.



I valori di attenzione/qualità si applicano in tutti quegli edifici dove si soggiorna per più di 4 ore il giorno, compresi gli insediamenti produttivi, in cui è comunque fatto salvo il rispetto dell'apposita normativa in materia di protezione dei lavoratori per l'attività professionale.

LIMITI DI ESPOSIZIONE DAL DPCM 8/7/2003		
Frequenza (Hz)	Intensità campo elettrico E (V/m)	Intensità campo Magnetico (Induzione magnetica) microTesla
50 Hz	5 kV/m	100 Limite di esposizione
50 Hz	5 kV/m	10 Limite di attenzione (si applica a situazioni esistenti)
50 Hz	5 kV/m	3 Obiettivo di qualità (si applica sui nuovi progetti)

#### LEGGE REGIONALE n. 51 del 11/8/1999

La Regione Toscana con la L 51/1999, abrogata parzialmente dalla LR 39/2005, nel disciplinare le funzioni autorizzative relative alla costruzione e all'esercizio degli elettrodotti ha inteso favorire la compatibilità di questi ultimi con lo sviluppo sostenibile, il territorio antropizzato e la protezione della popolazione, l'armonizzazione con il paesaggio, la qualità della progettazione.

Per raggiungere tale obiettivo ha dato alle Province la competenza di individuare dei corridoi infrastrutturali lungo le nuove linee elettriche.

I valori di qualità sono definiti come la riduzione al minimo livello possibile dei casi di nuova esposizione e sono garantiti dalla Regione Toscana e dalle Province che possono, altresì, escludere la previsione di future destinazioni urbanistiche relative alla permanenza di persone all'interno dei corridoi infrastrutturali. Con il regolamento attuativo (n. 9 del 20/12/2000) della legge succitata, si precisa che per le linee elettriche nuove con tensione > a 20 kV dovrà essere preso in esame un "ambito territoriale" corrispondente alla fascia di perimetro della linea o dell'impianto, corrispondente a un livello di inquinamento magnetico calcolato di 0.2 µT. Qualora in tale ambito dovessero risultare inevitabili situazioni insediative o di attività che comportino una prolungata permanenza umana (superiore a 4 ore/die), secondo le vigenti disposizioni di legge in materia, dovranno essere attuate adeguate misure di mitigazione dell'impatto elettromagnetico, attraverso utili accorgimenti tecnologici o d'impianto o di esercizio o interrimento cavi. Comunque in tali circostanze dovrà essere attuato un programma di monitoraggio per il rilevamento dei livelli di CM. La Provincia di Pisa, con il supporto dell'ARPAT, ha individuato oltre alla fascia a 3 µT, nell'ambito della quale è vietato costruire edifici con permanenza prolungata di persone, anche quella a 0.4 µT dove l'edificabilità non può essere negata, ma può essere oggetto di considerazioni particolari e condivise tra gli enti e i proprietari/costruttori/progettisti, al fine di mettere in atto soluzioni per la riduzione dei valori del campo magnetico. Si suggerisce un sito utile per la visualizzazione degli elettrodotti:

<http://www.arpat.toscana.it/datiemappe/banche-dati/webgis-agenti-fisici>

#### EFFETTI SULLA SALUTE

Da più lavori di letteratura emerge l'ipotesi di un aumento di rischio di sviluppare leucemia infantile per esposizioni residenziali superiori a 0,2-0,4 µT e, più recentemente, sono stati riportati incrementi di rischio anche per patologie dell'adulto, soprattutto neurodegenerative.

Le conclusioni della commissione scientifica dell'Unione Europea SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) del 2009 sulle esposizioni alle frequenze estremamente basse riportano che "... i pochi nuovi studi epidemiologici e su modelli animali che hanno indagato l'esposizione a ELF e il cancro non modificano la precedente



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

valutazione che i campi magnetici ELF siano un possibile cancerogeno e possano contribuire all'incremento della leucemia infantile. A oggi, studi condotti in vitro non offrono una spiegazione meccanicista di questa scoperta a livello epidemiologico. Nessun nuovo studio supporta una relazione causale tra i campi ELF e la sintomatologia auto-riferita. Nuovi studi epidemiologici indicano un possibile aumento della frequenza di malattia di Alzheimer in relazione all'esposizione a ELF. Sono comunque necessari ulteriori studi epidemiologici e di laboratorio”.

Fattori determinanti per definire e quindi ridurre l'esposizione, sono il tempo e il livello di esposizione. Pertanto l'attenzione deve essere focalizzata sui luoghi a permanenza prolungata, minimizzando il livello di esposizione.

La necessità di adottare un atteggiamento cautelativo è suggerita dalla considerazione che, com'è noto, anche un rischio molto piccolo può tradursi in danni molto significativi se l'esposizione riguarda una larga parte della popolazione.

## INDICAZIONI

Al fine della minimizzazione dell'esposizione a CM-ELF da elettrodotti negli ambienti in cui il tempo di permanenza è superiore a 4 ore/die, si può procedere con diversi approcci, in cui sono coinvolti differentemente, il progettista/costruttore, il comune e il gestore. In particolare si può procedere mediante:

- a) *Interventi sulle linee*, come a 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) *Distribuzione all'interno dell'insediamento/lotto* delle aree con permanenza prolungata di persone lontano dalle sorgenti;
- c) *Allontanamento del fabbricato* dalle linee e dagli impianti di trasformazione, poiché il campo magnetico diminuisce con la distanza;
- d) *Distribuzione interna dei vani*, con allontanamento dagli impianti dei locali dove si prevede una maggiore permanenza di persone.

N.B. - Il campo magnetico a bassa frequenza non è schermabile con opere murarie o schermi di materiale solido. Sono in fase di sperimentazione, a oggi, alcuni schermi realizzati con particolari tipi di acciai magnetizzabili che per esposizioni elevate producono significative riduzioni.

L'intensità di campo diminuisce con la distanza, per cui, secondo le correnti circolanti e il tipo di linea, è possibile individuare, l'area in prossimità dell'elettrodotto in cui si verifica il superamento del valore di 0.2  $\mu$ T. Si indicano alcune distanze per le quali è opportuna la verifica dei livelli di esposizione: 70 metri per linee a 132 kV, 80 metri per linee a 220 kV e 150 metri per linee a 380 kV.

Per quanto riguarda invece le cabine di trasformazione, campi significativi, che comunque decadono rapidamente con la distanza, si possono trovare entro la distanza di 3 metri dal perimetro della cabina o, nel caso in cui esse si trovino dislocate all'interno dei fabbricati, in prossimità della parete in adiacenza all'impianto.

Nel caso sia impossibile mettere in atto i suddetti accorgimenti a causa di limiti dovuti alla conformazione del sito, il comune potrà disporre eventuali deroghe a specifiche normative urbanistiche in vigore, in modo da dare la possibilità di procedere alla minimizzazione dell'esposizione (ad es. deroga al rispetto delle distanze minime dai confini, recupero volumetrico di immobili già esistenti con possibilità di delocalizzazione all'interno dell'insediamento), fermo



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

restando l'acquisizione del parere sanitario dell'ASL di competenza che potrà tenere conto anche della destinazione d'uso dell'edificio oggetto del progetto.

Nel caso di insediamenti produttivi i lavoratori sono equiparati alla popolazione esposta.

Nei casi in cui i lavoratori sono esposti per motivi direttamente riconducibili al tipo di lavoro svolto, dovrà essere attivata idonea procedura di valutazione del rischio ai sensi delle vigenti normative in merito alla sicurezza sul lavoro.

Al fine di minimizzare l'esposizione a campi magnetici a bassa frequenza (ELF) prodotti da sorgenti interne all'edificio, si può procedere con diversi approcci:

- Posizionare il quadro generale, i contatori e le colonne montanti all'esterno della casa e non in adiacenza a locali con permanenza prolungata di persone;
- Adottare una posa degli impianti elettrici a "stella" o ad "albero", partendo da un'unica grande scatola centrale; se l'edificio è sviluppato in lunghezza sul piano orizzontale, eseguire la distribuzione a "lisca di pesce" concentrando le dorsali nei corridoi o in locali di solo transito;
- Impiegare apparecchiature e dispositivi elettrici ed elettronici a bassa produzione di campo;
- Evitare di passare in prossimità di camere o ambienti in cui si permane per più di 4 ore al giorno (per riposo, studio o lavoro) con linee che si collegano ad elettrodomestici con grande assorbimento o che restano accesi per molto tempo (frigoriferi, lavatrici, forni, caldaie a gas etecatrici, forni, caldaie a gas, etc.) o con linee che alimentano altri edifici così da evitare campi magnetici frequenti ed intensi. Far passare tali linee lungo corridoi o locali poco utilizzati;
- Evitare di posizionare in adiacenza a camere o ambienti in cui si permane per più di 4 ore al giorno (per riposo, studio o lavoro) apparecchiature ad alto o frequente assorbimento (caldaie a gas, lavatrici, lavastoviglie, frigoriferi etc.). Rispettare almeno la distanza di 2 metri da testate dei letti o zone lettura etc.;
- Evitare di passare o installare dietro la testiera dei letti linee o strumenti collegati alla rete come trasformatori, amplificatori d'antenna o altro (anche se sono incassati nel muro il campo magnetico non viene schermato);
- Scegliere i percorsi dei cavi in modo da evitare di passare sotto i letti;
- Prestare attenzione all'installazione di lampade a basso consumo (lampade al neon) o munite di un trasformatore (ad es. lampade alogene a bassa tensione), o di qualsiasi altro strumento elettrico alimentato da trasformatori o alimentatori (radioregistratori, televisori, alimentatori del carica cellulare, della base di telefoni cordless etc.); infatti, il campo magnetico prodotto dal reattore, dal trasformatore, o dall'alimentatore, è intenso almeno fino ad un metro di distanza. Quindi in zone destinate al riposo, alla lettura, o al lavoro (in cui si permane per diverse ore, ci si riposa, o ci si concentra) tenere qualsiasi apparecchiatura che va collegata alla rete ad almeno un metro, filo compreso. Prestare attenzione anche agli ambienti immediatamente confinanti con altri in cui sono installati tali apparecchi (ad es. evitando di posizionare letti al di sopra del punto in cui sono posizionate le lampade);
- Si raccomanda un'accurata messa a terra di tutti i circuiti e di tutti gli apparecchi elettrici, nonché l'uso di interruttori a due poli;
- È vantaggioso mantenere i conduttori di un circuito il più possibile vicini l'uno all'altro o usare cavi coassiali. Intrecciando opportunamente i fili (cordatura), i campi magnetici alternati di entrambi i fili si riducono sensibilmente (di circa il 40%);
- Si auspica una posa razionale dei cavi elettrici curando che i conduttori di ritorno siano affiancati alle fasi di andata alla minima distanza possibile;
- L'impianto di terra deve assolvere anche allo scopo di veicolare all'esterno il campo elettrico "catturato" dalle nostre schermature;



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Tutti gli schermi, sia la grafite delle scatole, sia le calze dei cavi schermati, non vanno mai collegati al conduttore di protezione dell'impianto, ma devono avere un loro conduttore indipendente che li interconnetta fino al nodo equipotenziale e quindi sino al dispersore esterno;
- Sarebbe altresì consigliabile portare la linea di schermo direttamente all'esterno fino ad un proprio dispersore, il quale non dovrà essere interconnesso al dispersore della linea di protezione;
- Nella realizzazione dei dispersori è necessario raggiungere valori di resistenza molto bassi, dell'ordine di pochi Ohm, possibilmente meno di 10, tenendo presente che, con il passare del tempo, l'ossidazione porterà ad un innalzamento del valore e quindi ad un decadimento dell'impianto di terra. Un buon sistema è il collegamento dell'impianto di terra alle strutture di ferro delle fondazioni che sono un ottimo dispersore, sia per le dimensioni notevoli sia di solito hanno, sia perché, essendo immerse nel cemento, non sono sottoposte a processi di ossidazione e quindi non alterano il valore di resistenza nel tempo;
- Scegliere i percorsi delle tubazioni, se possibile, con andamento sull'asse Nord/Sud;
- Porre molta attenzione alla verticalità dell'impianto: un punto luce a soffitto potrebbe venire a trovarsi sotto ad un letto posto al piano superiore; se non è possibile evitare ciò, eseguire la linea dall'interruttore al punto luce in cavo schermato. È comunque preferibile l'adozione di punti luce a parete;
- Polarizzare tutte le prese mettendo la fase in alto o in basso, ma sempre nella stessa posizione;
- Posare punti presa e punti luce in numero strettamente necessario;
- Prevedere la posa di corrugati vuoti per espansioni future;
- Privilegiare l'infilaggio delle linee in normale filo unipolare previa cordatura (arroccarli un poco fra di loro in modo da abbattere in parte il campo magnetico);
- Utilizzare tubi e canalizzazioni metalliche per impianti a posa esterna e la guaina metallica a spirale flessibile ricoperta di gomma per posa ad incasso;
- Collegare bene a terra tutte le masse metalliche presenti nella casa, tubi di acqua, gas.

Si riportano di seguito alcuni livelli di esposizione ai campi elettrici e magnetici prodotti nell'utilizzo di apparecchi di largo uso o circuiti elettrici.

Apparecchio elettrico	Campo magnetico a 3 cm di distanza ( $\mu\text{T}$ )	Campo magnetico a 30 cm di distanza ( $\mu\text{T}$ )	Campo magnetico a 1 m di distanza ( $\mu\text{T}$ )	Campo elettrico a 30 cm di distanza (V/m)
Asciugacapelli	6 - 2000	0.01 - 7	0.01 - 0.03	80
Rasoio elettrico	15 - 1500	0.08 - 9	0.01 - 0.03	30
Aspirapolvere	200 - 800	2 - 20	0.13 - 2	50 (a 10 m)
Lampada a fluorescenza	40 - 400	0.5 - 2	0.02 - 0.25	50 (a 50 m)
Forno a microonde	73 - 200	4 - 8	0.25 - 0.6	-
Forno elettrico	1 - 50	0.15 - 0.5	0.01 - 0.04	8
Lavatrice	0.8 - 50	0.15 - 3	0.01 - 0.15	100 (sui comandi)
TV a colori	2.5 - 50	2	0.01 - 0.15	60
Ferro da stiro	8 - 30	0.03	0.01 - 0.03	60 (a 10 cm)
Lavastoviglie	3.5 - 20	0.6 - 3	0.07 - 0.3	-
Computer	0.5 - 30	<0.01	-	15-25 (a 50 cm)
Cavo nella parete	-	0.01	-	10 (a 50 cm)
Interruttore	30 (a 10 cm)	-	-	50 (a 10 cm)
Lampadina (100W)	3	0.05	-	60 (a 10 cm) 5 (a 50 cm)

Fonte: Ufficio Federale per la Sicurezza delle Radiazioni, Germania 1999 (in grassetto è indicata la distanza tipica di funzionamento).





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- Direttiva 2004/40/CE “Esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici”;
- L 17/12/2012, n. 221 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese
- L 36/2001” Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- L 66/2001 "Conversione in legge, con modificazioni, del DL 5/2001, recante «Disposizioni urgenti per il differimento di termini in materia di trasmissioni radiotelevisive analogiche e digitali, nonché per il risanamento di impianti radiotelevisivi»”;
- DPCM 08 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti”;
- DPCM del 08 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 Ghz”;
- D.M. 29/05/2008 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica”;
- D.M. 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- DM del 10 settembre 1998, n. 381 “Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana” e relative linee guida applicative;
- DM del 16 gennaio 1991 “Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne”;
- DM del 29 maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- D.Lgs. 259/2003 “Codice delle comunicazioni elettroniche”;
- LRT 51/1999 “Disposizioni in materia di linee elettriche ed impianti elettrici”;
- LRT 39/2005 “Disposizioni in materia di energia”;
- LRT 49/2011 “Disciplina in materia di impianti di radiocomunicazione”;
- LRT 54/2000 “Disciplina in materia di impianti di radiocomunicazione”;
- DGRT 795/2003 “Modalità relative alla presentazione da parte dei gestori degli impianti per telefonia mobile delle dichiarazioni ai sensi del c. 2, lettera e) dell’art. 4 della LRT 54/2000 «Disciplina in materia di impianti di radiocomunicazione». Catasto regionale degli impianti per telefonia mobile”;
- RRT del 20/12/2000 "Regolamento di attuazione della LRT 51/1999 in materia di linee elettriche ed impianti elettrici”;
- CEI 211-6 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”;
- CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”;
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 100kHz–300 GHz con riferimento all'esposizione umana”;
- CEI 211-10 “Guida alla realizzazione di una stazione radio base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza”.





## RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE AGLI AGENTI FISICI E CHIMICI INDOOR

L'inquinamento dell'aria negli ambienti confinati rappresenta un problema importante per la sanità pubblica, con implicazioni sociali ed economiche. Il fenomeno è rilevante per la prolungata permanenza della popolazione negli ambienti interni e per la maggiore esposizione di soggetti più suscettibili quali bambini, anziani e persone già affette da patologie croniche (malattie cardiache, respiratorie, asma bronchiale, allergie). Gli studi scientifici di questi ultimi decenni hanno messo in luce che alcuni inquinanti interni sono in grado di contribuire all'aumento d'incidenza di varie patologie acute e croniche, dall'irritazione o disturbi dell'apparato sensoriale fino ai tumori maligni. Le principali cause di inquinamento chimico indoor sono:

### **Radon**

*Una delle fonti più significative di radiazioni ionizzanti per quanto riguarda l'esposizione negli ambienti di vita è costituita dal gas Radon, un gas inodore, incolore, emettitore di particelle  $\alpha$ . Tale gas, appartenente alla famiglia dei gas nobili, è generato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre (principalmente lave, tufi vulcanici, graniti) e deriva dal decadimento nucleare del radioisotopo Radio 226 (Ra226), originato a sua volta per decadimenti successivi dall'uranio 238 (U238). Il Radon contenuto nel sottosuolo e in alcuni materiali edili, può dunque infiltrarsi negli ambienti confinati e ristagnare nelle aree basamentali dell'edificio raggiungendo anche concentrazioni preoccupanti (36). Poiché si tratta di un gas inerte, si può muovere liberamente attraverso materiale poroso come il terreno o i frammenti di roccia.*

*Il gas Radon solitamente penetra negli edifici:*

- *Dal suolo tramite meccanismi di depressione: la causa principale della presenza del Radon all'interno degli edifici è la depressione che si viene a creare tra i locali abitati ed il suolo. Questa depressione è indotta, in primo luogo, dalla differenza di temperatura tra l'edificio ed il suolo nonché da aperture (camini, finestre, lucernari) o da impianti di aspirazione (cucine, bagni). Gli effetti di questa depressione si traducono nell'aspirazione dell'aria dal suolo e quindi del Radon contenuto;*
- *Dal suolo tramite meccanismi di infiltrazione: essa può verificarsi in corrispondenza di: crepe e giunti non sigillati, fori di passaggio cavi o tubazioni; pozzetti ed aperture di controllo; aperture nelle pareti della cantina, camini, montacarichi; pavimenti naturali in terra battuta, ghiaia o ciottoli; componenti permeabili (solai in legno, etc);*
- *Dall'edificio stesso a causa dell'utilizzo di materiali contenenti gas Radon, qualora essi derivino da attività estrattiva di rocce vulcaniche;*
- *Mediante l'acqua potabile, in quanto il gas radioattivo è moderatamente solubile in essa. Mentre le concentrazioni di Radon nelle acque di superficie sono molto basse, di solito ben al di sotto di 1 Bq/l, le concentrazioni nelle acque freatiche variano da 1 a 50 Bq/l per acque provenienti da falde acquifere di rocce sedimentarie, fino a 10-300 Bq/l nel caso di pozzi e da 100 Bq/l a 50000 Bq/l per falde acquifere di roccia cristallina (37, 38, 39). Il Radon presente nell'approvvigionamento idrico per uso domestico può causare un'esposizione umana attraverso l'ingerimento e l'inalazione anche se di norma nell'acqua potabile, grazie ai trattamenti e al processo di trasporto, viene favorito l'allontanamento del Radon per scambio con l'aria.*

### **Composti Organici Volatili (COV)**

Composti chimici a base di carbonio che sono classificati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) in 3 gruppi (molto volatili, volatili, semivolatili).



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Tra i materiali edili i COV sono rilasciati in misura maggiore dai prodotti di finitura (rivestimenti, pitture e vernici, impregnanti, primer, vetrificanti) e da quelli per la posa, per esempio, adesivi (copolimeri acrilici, eteri di cellulosa, vinilici) e sigillanti (gomme butiliche, siliconi), riempitivi per fughe (epossidici, poliuretanic, siliconici, copolimeri acrilici). Il rilascio di COV può essere condizionato dalla temperatura e dall'umidità dell'aria: in presenza di alta umidità e di elevata temperatura, i processi di emissione sono più rilevanti. Frequenti ricambi d'aria negli ambienti interni, invece, favoriscono la diluizione degli inquinanti. Anche la superficie dei materiali gioca un ruolo importante: le superfici ruvide tendono a favorire un maggior rilascio degli inquinanti rispetto alle superfici lisce; le prime, inoltre, assorbono gli inquinanti presenti nell'aria per rilasciarli in un secondo momento.

**Fibre artificiali vetrose e organiche** - Una caratteristica delle fibre artificiali, che le differenzia dalle fibre minerali naturali, consiste nell'impossibilità di separarsi longitudinalmente in fibrille di più piccolo diametro. Esse si spezzano solo trasversalmente producendo frammenti più corti, di conseguenza i diametri delle fibre, alle quali possono essere esposti gli utilizzatori, dipendono solo dalla distribuzione dimensionale dei diametri nel manufatto originale. Il loro impiego varia dall'isolamento termico e acustico al rinforzo per pavimenti, pannelli etc.:

- Le MMVF (Man Made Vitreous Fibers) sono materiali inorganici fibrosi con struttura molecolare amorfa (vetrosa, cioè non cristallina) prodotti a partire da vetro, rocce, scorie, ossidi inorganici lavorati con particolari modalità e altri tipi di minerali. Sono prodotte come lana (una massa di fibre intricate e discontinue di vari diametro e lunghezza) e comprendono: la lana di vetro, di scoria e di roccia, le fibre ceramiche e altre fibre. Sono resistenti alla trazione ed efficaci a varie temperature e per questo sono largamente utilizzate come isolanti termici; hanno una bassa resistenza all'impatto e all'abrasione. Le fibre ceramiche, che sono prodotte attraverso processi chimici a temperature elevate, hanno un'estrema resistenza ad alte temperature, hanno bassa conducibilità termica, elettrica ed acustica. Le MMVF possono essere prodotte anche come filamenti: le fibre di vetro a filamento continuo sono prodotte per fusione in filiere e successiva trazione, il diverso tenore di silice ne condiziona le proprietà tecniche e di conseguenza le applicazioni e gli utilizzi, principalmente per usi elettrici e di materiali di rinforzo per plastica e cemento;
- Le fibre artificiali organiche MMOF (Man Made Organic Fibers), sono polimeri rappresentati da lunghi filati orientati nella stessa direzione da processi di stiramento, ottenuti dalla sintesi di prodotti chimici che trovano interessanti applicazioni di tipo industriale. Le MMOF si suddividono in fibre aramidiche, poliacriliche, poliammidiche, poliolefiniche e poliviniliche. La classe maggiormente studiata è quella delle fibre aramidiche in particolare le fibre paraaramidiche di dimensioni respirabili note come Respirable-sized Fiber-shaped Particulates (RFP).

## EFFETTI SULLA SALUTE

Il **radon** è classificato dalla IARC-OMS come Cancerogeno certo per l'uomo (Gruppo 1). Studi recenti hanno dimostrato che l'esposizione al radon nelle abitazioni aumenta in modo statisticamente significativo il rischio di tumore polmonare e che tale aumento è proporzionale al livello di esposizione. In particolare, si stima che a ogni incremento di 100 Bq/m<sup>3</sup> di concentrazione media di radon corrisponde un incremento del rischio del 16% circa, l'eccesso di rischio di verifica anche per esposizioni prolungate a concentrazioni medio-basse, cioè anche per concentrazioni che non superano i 200 Bq/m<sup>3</sup>. Pertanto sono giustificati anche interventi finalizzati alla riduzione delle concentrazioni di Radon medio-basse.

I **COV costituiscono una classe d'inquinanti che presentano caratteristiche intrinseche molto differenti e impatti di vario tipo in relazione a persistenza ambientale, tossicità, soglia olfattiva etc.**



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*I COV possono promuovere una vasta gamma di fenomeni ed effetti che vanno dal disagio sensoriale fino a gravi alterazioni dello stato di salute. Ad alte concentrazioni, riscontrabili solo in particolari ambienti lavorativi, si possono manifestare effetti a carico di numerosi organi o apparati, in particolare a carico del sistema nervoso centrale. Alcuni COV sono riconosciuti, infine, cancerogeni per l'uomo (benzene, formaldeide) o per l'animale (tetracloroetilene, tetracloruro di carbonio, tricloroetilene, cloroformio, ecc.). L'esposizione a formaldeide può indurre sintomi quali l'irritazione delle mucose o l'irritazione delle vie aeree, anche a basse concentrazioni. La formaldeide è fortemente sospettata di essere uno degli agenti maggiormente implicati nella Sick Building Syndrome, tanto da essere utilizzata come unità di riferimento per esprimere la contaminazione di un ambiente indoor da una miscela di sostanze non risolubili.<sup>1</sup>*

La tossicità di un **materiale fibroso** dipende dalla dimensione e dalla biopersistenza, pertanto le fibre respirabili (diametro  $<3 \mu\text{m}$ , lunghezza  $>5 \mu\text{m}$ , rapporto lunghezza/diametro  $>3$ ) e quelle più durevoli sono le più pericolose. Oltre che dalla lunghezza, la "biopersistenza" è determinata anche dalla composizione chimica. I potenziali effetti nocivi hanno indotto l'industria a produrre fibre meno biopersistenti incrementando il contenuto in ossidi alcalini o borati nelle lane di vetro, sostituendo allumina e incrementando la silice nelle fibre di nuova generazione (AES).

La IARC, nell'ambito del programma di rivalutazione dei rischi cancerogeni legati alle lane minerali, ha deciso che le lane minerali sono da considerarsi non classificabili come cancerogene, mentre ha classificato le fibre ceramiche nel gruppo delle possibili cancerogene (vol. 81 monografia 2002). La IARC nel rapporto n. 3/001 del 2003 ha classificato anche le MMOF come non cancerogene, eccetto le aramidiche per le quali ha espresso la priorità di rivalutazione. L'OMS nel 2005 ha classificato le para-aramidiche a "media pericolosità" poiché capaci di rilasciare fibre respirabili (vol. 81 monografia 2002) (47).

## INDICAZIONI

### **Radon**

In caso di valori di *radon* elevati (oltre  $1000 \text{ Bq/m}^3$ ) è necessario sigillare le vie d'ingresso, anche se i risultati della sigillatura sono spesso incerti e da soli insufficienti a risolvere il problema. Le tecniche di isolamento devono essere abbinata alle cosiddette tecniche d'abbattimento attive (che prevedono l'ausilio di un ventilatore). Per una corretta scelta e progettazione dell'intervento di bonifica è necessario individuare la sorgente o fonte d'ingresso prevalente, tener conto della tipologia edilizia, delle caratteristiche dell'edificio e del terreno, dell'uso degli ambienti da mitigare. Una delle strategie di intervento migliori per efficacia/costo consiste nell'introduzione in tutti i nuovi edifici (e non solo quelli situati in zone a maggiore presenza di radon) di semplici accorgimenti costruttivi che riducano l'ingresso del radon (ad esempio tramite la posa di una membrana impermeabile al radon) e che facilitino e rendano più efficace l'eventuale successiva installazione, se necessaria, di sistemi attivi di riduzione del radon. L'introduzione di tali accorgimenti in fase di costruzione ha un costo generalmente limitato ed ha in genere un effetto positivo anche in relazione all'isolamento dall'umidità del terreno. L'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 2010 ha redatto delle linee guida con le raccomandazioni sul Radon, fissando come livello di riferimento per esposizioni a lungo termine  $100 \text{ Bq/m}^3$  medi annui.

### **COV**

*È necessario evitare l'utilizzo indoor di materiali che, in termini di superficie esposta, tipologia di superficie (liscia o ruvida) e grado di contatto con l'occupante, possano aumentare l'esposizione a COV. Pertanto occorre scegliere materiali di finitura le cui emissioni siano state sottoposte a controlli o in possesso di certificazione per ridurre al minimo o eliminare il contributo di COV, come previsto dalle normative vigenti (DPR 246/93)<sup>1</sup> o dal regolamento 305/2011.*

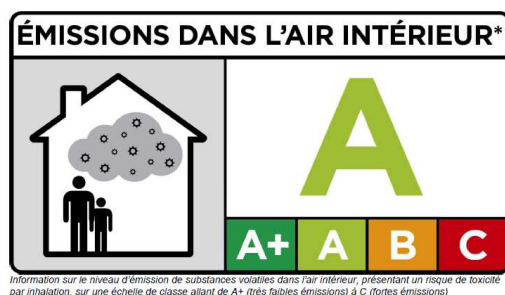


MANUALE DI APPROFONDIMENTO

La posa dei prodotti è un momento critico che può influire notevolmente sia sull'emissione diretta, sia su quella indiretta. Per esempio, se s'impiegano prodotti a base sintetica, è consigliabile condizionare il prodotto prima dell'installazione: questo significa evitare che il prodotto sia sigillato in confezioni stagne fino all'arrivo in cantiere, immagazzinarlo e trasportarlo in luoghi ventilati, così che al momento della posa in opera non entri in contatto con altri materiali assorbenti e non rilasci una buona quantità di COV prima che gli spazi siano occupati dagli abitanti. E' altrettanto importante, tutte le volte che sia possibile, preferire modalità di posa a secco.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel 2010 ha elaborato per la Regione Europea le Linee guida per la qualità dell'aria indoor, relative a un certo numero di inquinanti, spesso presenti in ambienti confinati per i quali le conoscenze scientifiche relative agli effetti sull'uomo sono state giudicate sufficientemente salde. Le sostanze considerate sono alcuni COV quali: benzene, formaldeide, tricloroetilene, tetracloroetilene e naftaline (inserite nella famiglia COV), biossido di azoto, idrocarburi policiclici aromatici (soprattutto benzo[a]pirene), monossido di carbonio e radon. Alcuni valori derivano dalle normative di Paesi che hanno legiferato in materia. In Francia ad es. per i materiali da costruzione nuovi immessi (non ancora per quelli già presenti prima del 1 gennaio sul loro mercato) la normativa rende obbligatorie, dal 1 gennaio 2012, alcune prescrizioni relative all'etichettatura, in base alle loro emissioni di sostanze organiche volatili nell'aria degli ambienti interni sono obbligatorie.

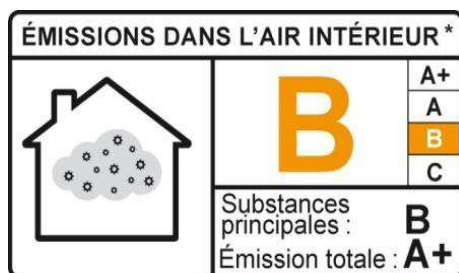
La classificazione finale del prodotto è determinata in base al "peggiore valore" rilevato nelle emissioni delle sostanze poste a riferimento, dove la Classe A+ indica il livello di emissione più basso e la C il livello più elevato.



**Tabella 2** Valori di riferimento normativa francese (JORF n°0111 du 13 mai 2011 page 8284) texte n° 15

Classes	C	B	A	A+
Formaldéhyde	>120	<120	<60	<10
Acétaldéhyde	>400	<400	<300	<200
Toluène	>600	<600	>450	>300
Tétrachloroéthylène	>500	<500	<350	<250
Xylène	>400	<400	<300	<200
1,2,4-Triméthylbenzène	>2000	<2000	<1500	<1000
1,4-Dichlorobenzène	>120	<120	<90	<60
Ethylbenzène	>1500	<1500	<1000	<750
2-Butoxyéthanol	>2000	<2000	<1500	<1000
Styrène	>500	<500	<350	<250
COVT	>2000	<2000	<1500	<1000





### **Fibre vetrose (MMVF) e organiche (MMOF)**

*Sono particelle che presentano una forma allungata con un rapporto lunghezza/diametro superiore a 3. Le MMVF sono materiali inorganici fibrosi con struttura molecolare amorfa (vetrosa, cioè non cristallina) prodotti a partire da vetro, rocce, scorie, ossidi inorganici lavorati con particolari modalità e altri tipi di minerali. Le MMOF sono polimeri rappresentati da lunghi filati orientati nella stessa direzione da processi di stiramento, ottenuti dalla sintesi di prodotti chimici. Le fibre artificiali sono materiali sostitutivi dell'amianto e devono soddisfare integralmente i requisiti previsti nel DM del 12/02/1997.*

*In caso sia necessario adoperarle, le fibre vetrose (MMVF) e organiche (MMOF) vanno confinate all'interno di involucri chiusi.*

### **RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI**

- Regolamento (UE) N. 305 del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE;
- Regolamento CE 1272/08 "relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006";
- Direttiva 2001/95/CE del parlamento europeo e del consiglio del 3 dicembre 2001 relativa alla sicurezza generale dei prodotti;
- The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Bonn, 2010;
- D.Lgs. 163/2006 "Codice dei contratti pubblici relativi ai lavori, e servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE e s.m.i.;
- DPR 246/1993 "Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106 CEE relativa ai prodotti da costruzione";
- DM del 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni";
- Accordo 20 settembre 2001 tra il Ministero della Salute, le Regioni e le Province autonome sul documento concernente "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati";
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 617/2009 "Istruzione per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni'"
- Guida tecnica Radiation Protection 112 su "Radiological Protection principles concerning the natural radioactivity of building materials" della Commissione Europea, 1999.

### **Radon:**

- Direttiva 2013/59/EURATOM in corso di recepimento.
- Raccomandazione UE 90/143/EURATOM "Tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi".





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- D.Lgs n.28 15 febbraio 2016 Attuazione della Direttiva 2013/51/EURATOM del Consiglio, del 22 ottobre 2013, che stabilisce requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano.
- D.Lgs. 241/2000 “Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti”.
- DGRT 1243/2005 “Indagine conoscitiva sulla concentrazione del gas radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro in Toscana”.
- Raccomandazione del Sottocomitato Scientifico del Progetto CCM “Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in ITALIA” 2008.
- Guidelines for indoor air quality: Selected pollutants, WHO, 2010.
- Guida tecnica Radiation Protection 112 su “Radiological Protection principles concerning the natural radioactivity of building materials” della Commissione Europea, 1999.

### COV:

- Direttiva 2010/79/UE “Adeguamento al progresso tecnico dell'allegato III della direttiva 2004/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili”;
- Regolamento CE 1272/08 “relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006”;
- Regolamento UE 305/2011 “che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE”;
- JORF n°0111 du 13 mai 2011 page 8284.
- D.Lgs. 161/2006 attuazione della direttiva 2004/42/CE per la limitazione delle emissioni di composti organici volatili conseguenti all'uso di solventi in talune pitture e vernici, nonché in prodotti per la carrozzeria”. (allegato I,II,II) e s.m.i.;
- DPR 246/1993 “Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106/CE relativa ai prodotti da costruzione”;
- DM del 10 ottobre 2008 “ Dichiarazione di conformità sul contenuto di formaldeide in semilavorati e prodotti finiti a base legno“;
- Guide lines for indoor air quality: Selected pollutants, WHO, 2010;
- Rapporti ISTISAN 13/4 *Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente indoor*;
- ASHRAE Standard 62-1999 “Ventilation for acceptable indoor air quality”.

### Fibre:

- Intesa, ai sensi dell'art.8, comma 6 della legge 5 giugno 2013, n.131, tra il Governo, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano sul documento recante “Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizione e le misure di prevenzione per la tutela della salute, 25 marzo 2015.
- Regolamento CE 1272/08 “relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006”;
- D.Lgs. 81/2008 “Attuazione dell'art. 1 della L 123/2007 in materia di tutela della salute e della sicurezza in luoghi di lavoro” e s.m.i.;
- DM del 12/02/1997 “Criteri per l'omologazione dei prodotti sostitutivi dell'amianto”;
- DM del 18 ottobre 2006 “Modifiche alla direttiva 76/769/CEE, relativa alle restrizioni in materia di immissione sul mercato di taluni preparati pericolosi”;





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Circolare Ministeriale 4/2000 "Disposizioni relative alla classificazione ed etichettatura di sostanze pericolose (fibre artificiali vetrose)";
- Rapporti ISTISAN 15/5 *Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente indoor.*

## RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE A FIBRE LIBERE DI AMIANTO

È possibile trovare l'amianto, più comunemente, nell'edilizia civile e industriale:

- Sotto forma friabile:
  - Materiale spruzzato per il rivestimento (ad es. di strutture metalliche, travature) per aumentare la resistenza al fuoco;
  - Materiale fonoassorbente e termoisolante (caldaie, canalizzazioni) in intonaci spruzzati e/o applicati a cazzuola;
- Sotto forma compatta:
  - Nelle coperture in lastre ondulate, nelle pareti dei prefabbricati in lastre piane, in tubazioni e serbatoi, nelle canne fumarie etc.;
  - L'amianto è inglobato nel cemento per formare il cemento-amianto (eternit);
  - Nei pavimenti costituiti da vinil-amianto in cui è mescolato a polimeri.

## EFFETTI SULLA SALUTE

L'amianto è il più potente cancerogeno ambientale conosciuto; nei prossimi anni è atteso un incremento del numero dei casi di tumore e di altre patologie dell'apparato respiratorio correlati all'esposizione ad amianto (asbestosi, carcinoma polmonare, mesoteliomi).

I rischi per la salute derivano principalmente dall'inalazione di fibre libere ma allo stato attuale non è possibile escludere effetti negativi derivanti anche dall'ingestione delle stesse.

## INDICAZIONI

### *Valutazione del rischio*

Al proprietario dell'immobile in cui sono presenti MCA compete la valutazione del rischio di rilascio di fibre.

Per la valutazione della potenziale esposizione a fibre di amianto all'interno degli edifici sono utilizzabili questi criteri:

- L'esame dei MCA, al fine di valutare le condizioni di manutenzione e stimare il pericolo di un rilascio di fibre libere nell'ambiente. La misura della concentrazione delle fibre di amianto aerodisperse all'interno dell'edificio (monitoraggio ambientale);
- Indicazioni circa l'eventuale possibilità che l'amianto possa deteriorarsi o essere danneggiato nel corso delle normali attività.

In base agli elementi raccolti per la valutazione, possono delinearsi diversi tipi di situazione nei quali i MCA:

- Sono integri e non suscettibili di danneggiamento, poiché difficilmente accessibili e/o protetti, allora si attua il Programma di Controllo e Manutenzione;
- Sono integri, ma suscettibili di danneggiamento, in quanto esposti a fattori di deterioramento (vibrazioni, correnti d'aria, facile accessibilità), in questo caso si adottano provvedimenti per evitare il danneggiamento e si prevede un intervento di bonifica a medio termine oltre all'attuazione di un programma di controllo;



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Sono danneggiati su un'area inferiore al 10% (in seguito ad infiltrazioni di acqua o degrado spontaneo), qui esiste il pericolo di rilascio di fibre e, oltre a prevedere un intervento di bonifica a medio termine e all'attuazione di un programma di controllo, si deve intanto restaurare la parte lesa;
- Sono danneggiati estesamente. In questo caso esiste pericolo di rilascio di fibre e deve essere previsto un intervento di bonifica.

Nella tabella seguente è riportata una sintesi delle diverse necessità di intervento.

<b>Valutazione del rischio: quadro di sintesi delle possibili necessità di intervento</b>
Materiali contenenti amianto non suscettibili di danneggiamento: PROGRAMMA DI MANUTENZIONE E CONTROLLO
Materiali contenenti amianto suscettibili di danneggiamento: INTERVENTO DI BONIFICA PROGRAMMA DI MANUTENZIONE E CONTROLLO
Materiali contenenti amianto danneggiati e area danneggiata non estesa: INTERVENTO DI BONIFICA PROGRAMMA DI MANUTENZIONE E CONTROLLO
Materiali contenenti amianto danneggiati e area danneggiata estesa: PIANO DI LAVORO RIMOZIONE

La Regione Toscana ha approvato l'indice di valutazione delle coperture esterne in cemento-amianto con Delibera 102/97. L'indice, riportato nella tabella di seguito, può essere usato come strumento per la valutazione del rischio di rilascio di fibre nell'ambiente.

<b>INDICE DI VALUTAZIONE DELLE COPERTURE ESTERNE IN CEMENTO AMIANTO</b>	
A = STATO DI CONSERVAZIONE (si osserva con una lente d'ingrandimento) si assegna il valore:	1- se fasci visibili di fibre sono inglobati quasi completamente 2- se fasci visibili di fibre sono inglobati solo parzialmente 3- se fasci visibili di fibre non sono inglobati e facilmente asportabili con pinzette
B = PRESENZA DI CREPE si assegna il valore:	1- se assenti 2- se rare 3- se <u>numerose</u>
C = TIPO DI AMIANTO si assegna il valore:	1- se solo crisotilo 4- se anfibolo o miscela di anfibolo (la crocidolite con lente, l'amosite va determinata analiticamente)
D = FRIABILITÀ (necessaria una pinza da meccanici la prova va eseguita con tempo asciutto) si	1- se un angolo flesso con le pinze si rompe nettamente con un suono secco 2- se la rottura è facile, sfrangiata, con un suono sordo
E = RILASCIO SUPERFICIALE si assegna il valore:	1- se sfregando la superficie con un guanto di lattice non sono rilasciate particelle 2- se sfregando la superficie con un guanto di lattice sono rilasciate particelle
F = ACCESSIBILITÀ si assegna il valore:	1- se la copertura non è accessibile 2- se vi è necessità di accesso per eventuali servitù (TV, condizionamento, aspiratori, ecc.) 3- se <u>facilmente accessibile</u>
G = STRUTTURA DI SOSTEGNO si assegna il valore:	1- se la copertura è appoggiata su solaio portante 4 - se la copertura è appoggiata su travetti
H = DISTANZA DA FINESTRE si assegna il valore:	1- se la copertura è distante da finestre o terrazze 4- se vi sono finestre e/o terrazze prospicienti e attigue



MANUALE DI APPROFONDIMENTO

I = FREQUENZA DI ACCESSO si assegna il valore:	1- se non vi è mai accesso alla copertura 2- se vi si accede qualche volta 3- se vi si accede spesso
V = VETUSTA' (anni) si assegna il valore:	1- se < 5 2- da 5 a 10 3- da 11 a 30 4- se > 30

$INDICE\ DI\ VALUTAZIONE = (A+B+C+D+E+F+G+H+I) \times V$																		
(		+		+		+		+		+		+		+	)	x	=	
Secondo il punteggio ottenuto, la Delibera fornisce dei suggerimenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Da 10 a 26 si lascia come e dov'è</li> <li>• Da 27 a 54 si incapsula con prodotti resistenti all'acqua</li> <li>• Da 55 e oltre si rimuove</li> </ul>																		

Si ricorda che in caso di punteggio da 10 a 26 qualora si decida di lasciare i materiali in situ, occorre comunque continuare il monitoraggio delle condizioni di manutenzione nel tempo e avere una specifica procedura operativa in caso di lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria e in generale per qualsiasi operazione di accesso (se trattasi di edificio pubblico o aperto al pubblico è necessario mantenere aggiornato il Programma di Controllo e Manutenzione).

In caso di punteggio da 27 a 54 si può fare l'incapsulamento ma occorre dimostrare la fattibilità di questo intervento e tener conto che a volte è preferibile la rimozione in tempi medi piuttosto che ricorrere ad altri metodi di bonifica provvisori.

Se gli edifici sono pubblici o aperti al pubblico la valutazione delle condizioni di manutenzione assume la definizione di Programma di Controllo e Manutenzione ai sensi dell'art. 4 del DM 6 settembre 1994.

**Programma di Controllo e Manutenzione**

In caso di edifici pubblici o aperti al pubblico è necessario mettere in atto un Programma di Controllo e Manutenzione al fine di ridurre al minimo l'esposizione degli occupanti indipendentemente dai tempi e dai modi previsti per un eventuale intervento di bonifica.

Un programma di controllo e manutenzione sono costituiti da una serie di misure di natura tecnica, ma soprattutto organizzativa e procedurale, e di informazione, atte a tenere sotto controllo i potenziali fattori di deterioramento e di danneggiamento attraverso la verifica periodica delle condizioni dei materiali e attraverso il corretto comportamento di tutti gli occupanti dell'edificio.

Gli obiettivi del programma sono:

- Mantenere in buone condizioni i materiali contenenti amianto;
- Prevenire il rilascio e la dispersione secondaria di fibre;
- Intervenire correttamente quando si verifichi un rilascio;
- Verificare periodicamente le condizioni dei materiali contenenti amianto.

Il proprietario dell'immobile e/o il responsabile dell'attività nell'edificio dovrà:

- Designare una figura responsabile con compiti di controllo e coordinamento di tutte le attività manutentive che possono interessare i materiali di amianto;
- Tenere un'adeguata documentazione da cui risulti l'ubicazione dei materiali contenenti amianto. Sulle installazioni soggette a frequenti interventi manutentivi (ad es. caldaia e tubazioni) dovranno essere poste avvertenze allo scopo di evitare che l'amianto venga inavvertitamente disturbato;
- Garantire il rispetto di efficaci misure di sicurezza durante le attività di pulizia, gli interventi manutentivi e in occasione di qualsiasi evento che possa causare un disturbo dei materiali di amianto. A tal fine dovrà essere predisposta una specifica procedura di autorizzazione per le



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

attività di manutenzione e di tutti gli interventi effettuati dovrà essere tenuta una documentazione verificabile;

- Fornire una corretta informazione agli occupanti dell'edificio sulla presenza di amianto nello stabile, sui rischi potenziali e sui comportamenti da adottare.

*Nel caso in cui l'amianto sia in matrice friabile*, occorre provvedere a far ispezionare l'edificio almeno una volta l'anno, da personale in grado di valutare le condizioni dei materiali, redigendo un dettagliato rapporto corredato di documentazione fotografica. Copia del rapporto dovrà essere trasmessa all'ASL competente, la quale può prescrivere di effettuare un monitoraggio ambientale periodico delle fibre aerodisperse all'interno dell'edificio.

*Nel caso in cui l'amianto sia in matrice compatta* è sempre obbligatoria la predisposizione del piano di controllo e manutenzione, ma le misure di sicurezza da adottare sono di gran lunga meno impegnative. In particolare non sono obbligatori l'ispezione annuale e il relativo rapporto da inviare all'ASL. Non sono necessarie specifiche cautele nelle attività di pulizia e devono essere adottate misure di prevenzione solo in caso di interventi manutentivi che interessano intenzionalmente i materiali di amianto. Devono essere in ogni modo garantite misure organizzative atte a evitare il danneggiamento dei materiali e deve essere assicurata l'informazione agli occupanti.

### ***Interventi di bonifica***

I *possibili metodi di bonifica* ai sensi del DM 6 settembre 1994 sono:

- **Rimozione**. Le operazioni devono essere condotte salvaguardando l'integrità del materiale in tutte le fasi dell'intervento. Comporta la produzione di notevoli quantità di rifiuti contenenti amianto che devono essere correttamente smaltiti. Comporta la necessità di installare una nuova copertura in sostituzione del materiale rimosso;
- **Incapsulamento**. Consiste nell'applicazione di prodotti impregnanti, che penetrano nel materiale legando le fibre di amianto fra loro e con la matrice cementizia, e prodotti ricoprenti, che formano una spessa membrana sulla superficie del manufatto. I ricoprenti possono essere convenientemente additivati con sostanze che ne accrescono la resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi UV e con pigmenti (DM 20 agosto 1999);
- **Confinamento**. Consiste in un intervento di confinamento realizzato installando una nuova copertura al di sopra di quella in amianto-cemento, che viene lasciata in sede quando la struttura portante sia idonea a sopportare un carico permanente aggiuntivo.

La *scelta del metodo* deve essere fatta secondo criteri specifici, in particolare:

- L'Incapsulamento non può essere eseguito:
  - Nel caso di materiali molto friabili o che presentano scarsa coesione interna o adesione al substrato, poiché l'incapsulante aumenta il peso strutturale aggravando la tendenza del materiale a sfaldarsi o a staccarsi dal substrato;
  - Nel caso di materiali friabili di spessore elevato (maggiore di 2 cm), nei quali il trattamento non penetra molto in profondità e non riesce quindi a restituire l'adesione al supporto sottostante;
  - Nel caso di infiltrazioni di acqua: il trattamento impermeabilizza il materiale così che si possono formare internamente raccolte di acqua che appesantiscono il rivestimento e ne disciolgono i leganti, determinando il distacco;
  - Nel caso di materiali facilmente accessibili, in quanto il trattamento forma una pellicola di protezione scarsamente resistente agli urti. Non dovrebbe essere mai eseguito su superfici che non siano almeno a 3 metri di altezza, in aree soggette a frequenti interventi di manutenzione o su superfici, a qualsiasi altezza, che possano essere danneggiate da attrezzi (es. soffitti delle palestre);



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Nel caso di installazioni soggette a vibrazioni (aeroporti, locali con macchinari pesanti etc.): le vibrazioni determinano il rilascio di fibre anche se il materiale è stato incapsulato;
- Il Confinamento non può essere eseguito:
  - Se prima non è eseguito il calcolo delle portate dei sovraccarichi accidentali previsti per la relativa struttura.

### ***Metodi a confronto, suggerimenti utili***

La rimozione è sempre il sistema più raccomandato perché risolve il problema in maniera definitiva.

Gli altri metodi (incapsulamento e confinamento) non risolvono il problema e comportano l'attivazione del Programma di Manutenzione e Controllo o comunque la valutazione periodica delle condizioni di manutenzione. Inoltre non eliminano il problema dello smaltimento finale di MCA che alla fine andrà in ogni modo effettuato e, in più, pongono la necessità dello smaltimento di altri materiali pericolosi (incapsulanti).

L'incapsulamento, qualora richieda la pulizia del supporto, causa un rischio di rilascio di fibre nell'ambiente. Il fatto di dover preparare il supporto per l'esecuzione della bonifica comporta la presentazione del Piano di Lavoro ex art. 256 D.Lgs. 81/2008, così come previsto dal Decreto Ministeriale del 20/08/1999, da parte della ditta esecutrice.

Da un punto di vista Ambientale e Igenico-Sanitario con l'incapsulamento si immettono nell'ambiente ulteriori sostanze inquinanti pericolose per la salute.

Tutti i metodi di bonifica alternativi alla rimozione presentano a breve termine costi minori. A lungo termine il costo aumenta per la necessità di programmi di manutenzione, controlli periodici, successivi interventi per mantenere l'efficacia e l'integrità del trattamento. Si ricorda che tutti gli interventi di bonifica devono essere eseguiti da ditte iscritte all'Albo nazionale gestori ambientali cat.10 come previsto dall'art. 212 comma 5 del D.Lgs. 152/2006.

### ***Piano di lavoro***

In caso di interventi di rimozione o demolizione di materiali contenenti amianto da edifici, strutture, apparecchi e impianti, e dai mezzi di trasporto e nei casi di incapsulamento con pulizia del supporto il datore di lavoro della ditta incaricata deve predisporre un Piano di lavoro, come previsto dall'art. 256 del D.Lgs. 81/2008.

Detto Piano deve prevedere le misure necessarie per garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori e la protezione dell'ambiente esterno. Il Piano di lavoro, in particolare deve prevedere:

- La rimozione dell'amianto ovvero dei materiali contenenti amianto prima dell'applicazione delle tecniche di demolizione;
- La fornitura ai lavoratori di appositi mezzi individuali di protezione;
- Adeguate misure per la protezione e la decontaminazione del personale incaricato dei lavori;
- Adeguate misure per la protezione dei terzi e per la raccolta e lo smaltimento dei materiali;
- Natura dei lavori, data di inizio e loro durata presumibile;
- Luogo ove i lavori verranno effettuati;
- Tecniche lavorative per attuare quanto previsto;
- Natura dell'amianto contenuto nei materiali di coibentazione nel caso di demolizioni;
- Caratteristiche delle attrezzature e dispositivi che si intendono utilizzare per garantire la protezione degli addetti e di terzi;

Copia del piano di lavoro deve essere inviata all'Azienda USL di competenza almeno trenta giorni prima dell'inizio dei lavori. Se entro tale periodo l'Azienda USL non formula richiesta di integrazioni o di modifica del piano o non rilascia prescrizioni operative, il datore di lavoro può iniziare i lavori.





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

### ***Chi può fare il lavoro di rimozione dell'amianto***

#### LE IMPRESE

La ditta che esegue la rimozione di materiali contenenti amianto è soggetta alla presentazione preventiva di un piano di lavoro all'ASL competente, come già detto al capitolo precedente (art. 256 D.Lgs. 81/2008).

La ditta che esegue interventi di bonifica di materiali contenenti amianto mediante incapsulamento deve presentare il suddetto piano di lavoro, nel caso in cui sia effettuata la pulizia preliminare della superficie da trattare (D.M. 20 Agosto 1999).

La ditta che esegue bonifica di materiali contenenti amianto mediante confinamento o sopracopertura, deve presentare il suddetto piano di lavoro nei casi in cui si rendano necessari interventi che comportano asportazione di materiale contenente amianto o comunque dispersione di fibre, (ad esempio fori per il fissaggio della sopracopertura).

#### I CITTADINI

Solo in caso di amianto sotto forma compatta (lastre di eternit, cassoni per l'acqua etc.) la rimozione dei MCA può essere effettuata anche dai cittadini.

I cittadini (solo proprietari) possono rimuovere in proprio piccole quantità di materiali in cemento amianto a condizione che gli stessi siano compatti e integri.

Non possono essere rimossi dal cittadino MCA laddove si rendano necessari interventi che possano in qualunque modo comportare liberazione di fibre libere di amianto nell'ambiente.

I MCA compatti se incendiati diventano friabili e pericolosi, quindi in questo caso non possono più essere rimossi dal cittadino.

Si ricorda che l'esposizione di terzi (eventualmente coinvolti nelle operazioni di rimozione o cittadini residenti nelle vicinanze) comporta responsabilità penali.

È opportuno che il cittadino che intende rimuovere l'amianto in proprio contatti preventivamente il Dipartimento di Prevenzione dell'ASL per avere utili informazioni.

In ogni caso la rimozione di MCA può essere fatta solo nelle suddette condizioni e con le seguenti precauzioni:

#### ***Per rimuovere le lastre***

- Proteggersi con mascherina facciale con filtro assoluto, tuta integrale usa e getta e guanti;
- Delimitare l'area di lavoro ed impedire l'accesso ad altri;
- Evitare di rompere o di tagliare le lastre. Le lastre vanno smontate svitando i perni, sollevandole ed adagiandole in un telo di plastica resistente che sarà stato predisposto in precedenza a terra, stando attenti affinché gli angoli non danneggino il telo;
- Evitare al massimo la dispersione di fibre nell'ambiente (bagnando le lastre o irrorandole con acqua e colle viniliche);
- Apporre la segnaletica che indica la presenza di amianto;
- Contattare una ditta per lo smaltimento e facendosi rilasciare la documentazione;
- Rimanere in attesa della certificazione di avvenuto smaltimento.

Si ricorda che le lastre di eternit non sono affatto resistenti al peso e che il rischio di caduta è molto elevato, pertanto non ci si può camminare sopra, quindi si richiede la massima attenzione per fare il lavoro in sicurezza.

L'ASL competente per il territorio può compiere dei controlli.

È vietato il trasporto in proprio dei materiali pericolosi come l'amianto, per cui per questa operazione bisogna rivolgersi a una ditta specializzata.

Il cittadino deve acquisire la certificazione dell'avvenuto smaltimento e conservarla per esibirla in caso di controlli.





## RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

### Protezione dei lavoratori:

- D.Lgs 81/2008 “Attuazione dell’art. 1 della L 123/2007 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e s.m.i.

### Prevenzione/Riduzione inquinamento ambientale:

- D.Lgs. 152/2006 “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- DPR del 8 agosto 1994 “Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ed alle province autonome di Trento e di Bolzano per l’adozione di piani di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell’ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall’amianto”;
- DCRT 102/1997 “Piano di protezione dell’ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall’amianto”;
- Circolare Regionale Assessorato alla Sanità del 7 dicembre 1993 n. 42 “Rimozione di coperture in cemento-amianto”.

### Decreti applicativi della L 257/1992:

- DM del 6 settembre 1994 “Normative e metodologie tecniche di applicazione dell’art. 6, c. 3, e dell’art. 12, c. 2, della L 257/1992 relativa alla cessazione dell’impiego dell’amianto”;
- DM del 26 ottobre 1995 “Normative e metodologie tecniche per la valutazione del rischio, il controllo, la manutenzione e la bonifica dei materiali contenenti amianto nei mezzi rotabili”;
- DM del 14 maggio 1996 “Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l’amianto previsti dall’art. 5, c. 1, lettera f), della L 257/1992, recante «Norme riguardanti la cessazione dell’impiego dell’amianto»”;
- DM del 20 agosto 1999 “Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l’amianto previsti dall’art. 5, c. 1, lettera f), della L 257/1992, recante «Norme riguardanti la cessazione dell’impiego dell’amianto»”;
- DM del 25 luglio 2001 “Rettifica al DM del 20 agosto 1999, concernente «Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l’amianto previsti dall’art. 5, c. 1, lettera f), della L 257/1992, recante «Norme riguardanti la cessazione dell’impiego dell’amianto»»”;

## CAPO III ENERGIA E COMFORT

### EFFICIENZA ENERGETICA DELL’INVOLUCRO

*Negli ultimi decenni, il conseguimento di alcuni standard di comfort dell’ambiente abitato ha comportato una continua crescita dei consumi di energia. Consumi perlopiù soddisfatti tramite sistemi di produzione di energia che producono elevati impatti sull’ambiente con effetti diretti e indiretti sull’uomo, anche di particolare entità (basti pensare all’inquinamento atmosferico).*

*In Italia, la ripartizione degli impieghi finali di energia primaria per settore evidenzia che il settore residenziale delle costruzioni assorbe circa il 42% del consumo finale di energia e produce circa il 35% delle emissioni di gas serra nelle fasi di utilizzo. Tale situazione esige l’adozione immediata e urgente di strategie sinergiche orientate all’efficientamento energetico anche in ambito*



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

residenziale.

*Gli elevati impatti antropici si devono in particolare a due condizioni contingenti:*

- *L'elevata domanda di energia da parte degli edifici residenziali (che rappresenta l'inefficienza dell'involucro e il non utilizzo di tecnologie sostenibili);*
- *L'inefficienza nella produzione, trasformazione e distribuzione dell'energia necessaria a soddisfare l'elevata domanda.*

*Entrambi gli aspetti sono, infatti, prioritari per la definizione del bilancio energetico dell'edificio e per la determinazione della relativa efficienza. Con un'attenta progettazione dell'edificio e con il ricorso alle fonti rinnovabili si potrebbe addirittura arrivare alla realizzazione di edifici Zero Energy (edifici che consumano un'esigua –se non nulla– quantità di energia per espletare il complesso delle funzioni e delle esigenze per cui sono destinati).*

*In Italia i documenti che riassumono le caratteristiche energetiche di un edificio sono l'Attestato di Prestazione Energetica (APE) e l'Attestato di Qualificazione Energetica (AQE). Con il Decreto 63/2013 l'attestato di certificazione energetica (ACE) è stato, infatti, sostituito dall'Attestato di Prestazione Energetica (APE) che attribuisce una classe di performance energetica in funzione non solo del consumo invernale, ma anche sulla stima del consumo energetico estivo, rendendo lo strumento più esaustivo. Tali attestati (obbligatori per la nuova realizzazione e in caso di compravendite o locazione), contengono, infatti, preziose informazioni circa il consumo energetico invernale, estivo, la produzione di energia da fonti rinnovabili etc.*

*Il sistema di Prestazione Energetica, attraverso un calcolo previsto dalla procedura di riferimento nazionale e regionale, stima il consumo energetico invernale ed estivo in base al quale attribuisce una classe di performance (A+, A, B, C, D, E, F, G), riportata poi nell'Attestato di Prestazione Energetica (APE). Lo stesso sistema calcola anche altri parametri come la quantità di energia prodotta da fonte rinnovabile.*

*Questo sistema di valutazione dei consumi è tuttavia teorico, e non fornisce informazioni sui reali consumi o sulle modifiche degli stessi al variare dei comportamenti individuali.<sup>1</sup>*

## EFFETTI SULLA SALUTE

La realizzazione di ambienti indoor che richiedono un ampio uso di energia (per il riscaldamento, il raffrescamento o l'illuminazione) contribuisce sensibilmente ad aumentare la domanda globale di energia e conseguentemente tutti gli impatti legati alla sua produzione (qualità dell'aria, cambiamenti climatici etc.). La cattiva qualità dell'aria, in particolare, è correlata all'aumento della mortalità soprattutto per cause respiratorie e cardiovascolari, e all'aumento dell'incidenza di tumore al polmone anche in soggetti non fumatori e per valori di esposizione al di sotto dei limiti previsti dall'attuale normativa europea di qualità dell'aria (per quanto riguarda il PM10 e il PM2,5).

I cambiamenti climatici hanno ricadute dirette sull'ambiente e sulla salute umana e sono stati descritti come la più grande minaccia globale nei confronti della salute del 21° secolo: accentueranno su scala planetaria le diseguaglianze di salute, ripercuotendosi soprattutto sulle comunità più deprivate che contribuiscono alla loro genesi in maniera marginale.

## INDICAZIONI

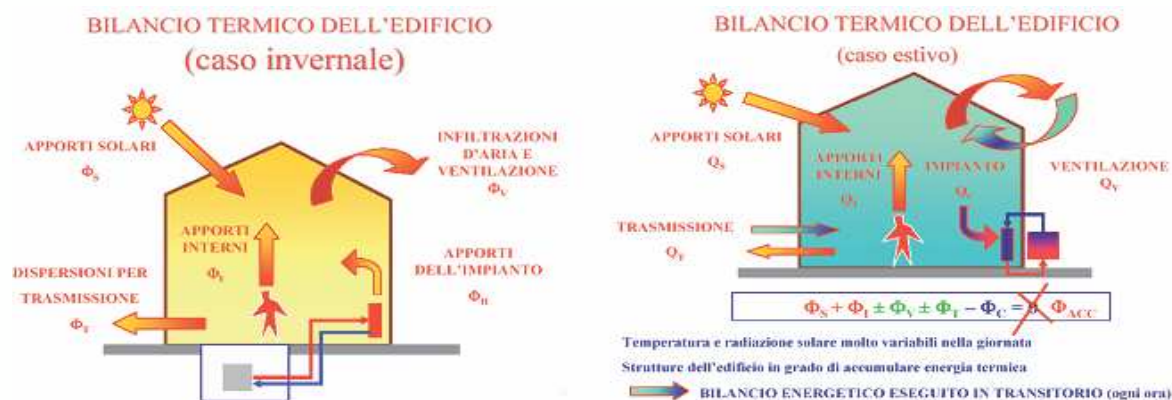
Esistono strategie passive (che non richiedono l'utilizzo di energia) in grado di limitare la domanda di energia garantendo, al contempo, elevati standard di comfort. Il loro utilizzo limita la domanda di energia e conseguentemente il rischio di danno alla salute e all'ambiente. Il settore edilizio presenta un potenziale notevole per quanto riguarda i consumi energetici, che, a livello europeo potrebbero ridursi dell'11% comportando una ridotta dipendenza dalle importazioni, un minor impatto sul clima, sostanziali benefici economici con incremento dei posti di lavoro e promozione dello



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

sviluppo locale.

La valutazione delle prestazioni energetiche di un edificio consente di definire il bilancio energetico dell'edificio, individuare i fattori di maggiore spreco e gli interventi di riqualificazione tecnologica.



Il bilancio energetico dell'edificio ai fini della valutazione del fabbisogno di energia per il riscaldamento o il raffrescamento prevede il calcolo:

- Delle perdite di calore per trasmissione attraverso l'involucro opaco e trasparente nel periodo invernale e del surriscaldamento estivo mediante valutazione dei guadagni provenienti dall'esterno;
- Delle perdite di calore attraverso le pareti verticali opache, i soffitti e/o pavimenti verso locali non riscaldati o a temperatura fissa nel periodo invernale e del surriscaldamento estivo mediante valutazione dei guadagni provenienti dall'esterno;
- Delle perdite di calore per ventilazione (naturale e meccanica) nel periodo invernale e del possibile surriscaldamento nel periodo estivo;
- Degli apporti termici solari nel periodo invernale e del loro controllo o mitigazione nel periodo estivo;
- Degli apporti termici interni dovuti alla presenza di persone e apparecchiature nel periodo invernale e il controllo di tali apporti nel periodo estivo con tecniche di smaltimento;
- Del calore prodotto dall'impianto di riscaldamento o estratto con impianto di condizionamento.

L'influenza dei fenomeni dinamici deve essere valutata attraverso opportuni modelli di simulazione per edifici di nuova costruzione del settore terziario con Volumetria superiore a 10000 m<sup>3</sup>.

I fattori che influenzano la prestazione energetica si distinguono fondamentalmente in proprietà dell'involucro edilizio e rendimento degli impianti. L'adozione di materiali e sistemi adeguati consente di ridurre i consumi energetici per climatizzare un edificio e contemporaneamente migliorare il benessere al suo interno.

Nella progettazione e realizzazione degli edifici si dovrà prendere in considerazione quanto segue:

- Per quanto riguarda i componenti di involucro opachi è raccomandabile definire una strategia complessiva di isolamento termico che riduca il fabbisogno di energia utile ( $Q_h$ ) nei limiti previsti nei punti precedenti e al contempo garantisca esso stesso una buona protezione estiva col minimo ricorso ad energie per la climatizzazione;
- Al fine di limitare il consumo di energia primaria per la climatizzazione invernale ed estiva è opportuno utilizzare materiali con elevate prestazioni di isolamento termico, salvo motivati impedimenti tecnici.

Tipologie di intervento possibili:



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Aumentare la capacità isolante degli elementi strutturali;
- Inserire materiali isolanti aggiuntivi. Scegliere il materiale isolante ed il relativo spessore, tenendo conto delle caratteristiche di conduttività termica, permeabilità al vapore e compatibilità ambientale (in termini di emissioni di prodotti volatili e fibre, possibilità di smaltimento etc.);
- Si raccomanda l'impiego di isolanti costituiti da materie prime rinnovabili o riciclabili come ad esempio la fibra di legno, il sughero, la fibra di cellulosa, il lino, la lana di pecora, il legno-cemento. L'uso di materiali a base di legno, caratterizzati da elevata igroscopicità e permeabilità, assieme ad un ottimo isolamento e ad una buona inerzia termica, rende l'interno dell'edificio traspirante e salubre, attenuando le escursioni termoigrometriche e migliorando la qualità dell'aria;
- Intervenire sullo spessore e sul peso delle varie parti;
- Nel comportamento termico estivo l'involucro riveste un ruolo importante. In un'ottica di ottimizzazione delle risorse gli interventi prioritari sono:
  - Controllo dell'irraggiamento solare. L'impiego di sistemi per la schermatura della radiazione solare può avere un effetto rilevante sul carico termico e sul comfort termico. Questi sistemi consentono di evitare il surriscaldamento dell'aria negli ambienti interni senza penalizzare il contributo delle vetrate alla componente naturale dell'illuminazione;
  - Adozione di sistemi di ventilazione naturale, in particolare sistemi efficaci di ventilazione notturna, o ventilazione meccanica con recupero di calore ad alto rendimento;
  - Utilizzo di materiali a elevata capacità termica e di isolamento, che garantiscano elevati valori di smorzamento termico e di sfasamento termico. L'uso di materiali pesanti (elevato spessore, densità, capacità specifica) e con buone proprietà di isolamento garantisce generalmente una buona inerzia termica (Sfasamento/Fattore di attenuazione) in condizioni estive e invernali;
- Per prevenire i fenomeni di condensazione all'interno dei locali e negli elementi strutturali è necessario mantenere in ogni strato dell'involucro la pressione parziale del vapore acqueo a valori inferiori alla pressione di saturazione adottando i seguenti accorgimenti:
  - Nella progettazione dell'involucro posizionare strati impermeabili al passaggio del vapore sul lato interno e strati permeabili sul lato esterno, in modo da ridurre l'ingresso di umidità dall'interno e consentirne l'uscita verso l'esterno;
  - Posizionare lo strato isolante sempre all'esterno. Nel caso in cui sia necessario posizionare lo strato isolante internamente è necessario fare sempre la verifica ai sensi della norma UNI EN ISO 13788/2013 e adottare con motivate e dimostrate giustificazioni, soluzioni adeguate nella scelta dei materiali e della loro stratigrafia;
  - La realizzazione di un vespaio o solaio rialzato areato consente una buona traspirazione e quindi un buon controllo dell'umidità nella struttura e all'interno dei locali. Grazie al distacco dalle fondazioni e dal terreno, l'isolamento termico è uniforme e l'aerazione contribuisce a difendere l'abitazione da eventuali presenze di gas radon. La creazione dell'intercapedine allunga la vita media dei materiali che compongono il solaio ed è indispensabile per la conservazione di solai realizzati interamente in legno;
- Evitare i ponti termici ponendo particolare attenzione alla continuità dell'isolamento termico riferito a tutto l'organismo edilizio. Le prestazioni devono essere valutate a ponti termici corretti. Il ponte termico è corretto quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente. La riduzione dei ponti termici può ridurre il calore disperso attraverso le pareti fino al 40%.

### Isolamento delle pareti e dei tetti



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

A parità di trasmittanza termica, la posizione dell'isolante influenza in modo significativo il comportamento dell'insieme della parete o del tetto.

### Isolamento esterno

L'isolamento dall'ESTERNO (punto 1 della figura A) è la soluzione più efficace per isolare bene un edificio, perché consente al calore prodotto all'interno di rimanere più a lungo nella struttura dell'edificio e, in estate, ne previene l'eccessivo riscaldamento da parte del sole. È consigliato per ambienti riscaldati in continuo con interruzione notturna (il calore accumulato durante il funzionamento dell'impianto è rilasciato nelle ore notturne, col riscaldamento spento). Inoltre questa soluzione elimina completamente i ponti termici causati dalle travi e dai solai. Metodologie più diffuse: SISTEMA A "CAPPOTTO" e FACCIATA VENTILATA. Risparmio energetico: 20-25% su murature piene, 10-15% su muratura con intercapedine.

### Isolamento interno

L'isolamento dall'INTERNO (punto 2 della figura A) è una tecnica poco costosa con una insignificante diminuzione di spazio abitabile. È consigliabile per ambienti riscaldati saltuariamente e/o rapidamente (uffici, seconde case, in generale edifici con impianti termoautonomi). Metodologie più diffuse: CONTROPARETE PREACCOPPIATA, CONTROPARETE SU STRUTTURA METALLICA. Risparmio energetico: 20-25% su murature piene, 10-15% su muratura con intercapedine.

### Isolamento in intercapedine

L'isolamento in INTERCAPEDINE (punto 3 della figura A) è solitamente costituito dall'inserimento dell'isolante nell'intercapedine fra il tamponamento esterno e la muratura a vista interna. È la tipologia di isolamento più utilizzata nelle nuove costruzioni poiché la spesa è modesta e l'intervento è conveniente, anche se richiede particolari interventi di isolamento su pilastri e solette per ridurre la dispersione termica attraverso questi ponti termici. Metodologie più diffuse: INTERCAPEDINE CON PANNELLI A FACCIAVISTA e INTERCAPEDINE CON LATERIZI A FACCIAVISTA. Risparmio energetico: 20-25%.

### Coperture

Il tetto è un elemento fondamentale della costruzione, perché è la parte più esposta e sollecitata dalle escursioni termiche e dalle precipitazioni meteoriche, pertanto una copertura, specialmente se sotto i locali abitabili, deve essere dotata di un isolamento termico più efficace di quello dei muri perimetrali.

Nella progettazione e costruzione di un tetto, particolare cura deve essere posta alla stratigrafia dei materiali che lo compongono.

### Tetto piano

Vi sono varie soluzioni fra cui è possibile citare "isolamento in intradosso" (punto 4 della figura B), "isolamento in estradosso" (punto 1 della figura B), soluzione di un tetto "verde" ad alta resistenza e inerzia termica (Sfasamento/Fattore di attenuazione) complessiva. Risparmio energetico: 15-20%.

### Tetto a falde

Vi sono varie soluzioni fra cui è possibile citare "isolamento in estradosso", "isolamento in intradosso" (punto 3 della figura B), "isolamento in estradosso solaio contro-tetto non praticabile" (punto 2 della figura B). Risparmio energetico: 10-20%.

Nel caso in cui la copertura sia a falda e a diretto contatto con un ambiente abitato, è opportuno scegliere una copertura di tipo ventilato o equivalente.





### Tetto ventilato

Il tetto ventilato prevede l'adozione di una o due camere di aerazione; questo tetto indicato per zone climatiche difficili, come per esempio le zone montagnose o i versanti in ombra delle valli profonde, risponde energeticamente a condizioni igro-termiche estreme e può essere abbinato a strati di isolamento di diverso spessore e strati di isolamento fonoassorbente.

A causa del maggior impiego di materiale è più oneroso rispetto al tetto areato, ma garantisce un maggior comfort interno nei mesi estivi.

### Isolamento di solai su locali non riscaldati

Gli appartamenti situati sopra porticati, cantine e garage disperdono una quantità importante del loro calore attraverso il pavimento essendo a diretto contatto con l'ambiente esterno più freddo. Per evitare questi inconvenienti basta isolare il soffitto dei locali non riscaldati e dei porticati. Risparmio energetico: 5-15%.

Nella strategia complessiva di isolamento porre particolare attenzione anche a queste parti disperdenti, prevedendo un adeguato isolamento.

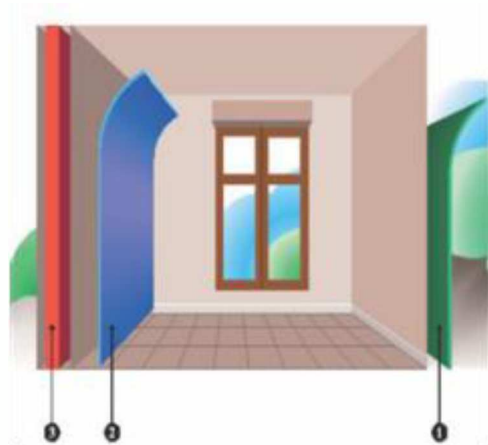


figura A



figura B

### **RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI**

- D.Lgs. 115/2008 “Attuazione della Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE” e s.m.i.;
- D.Lgs. 192/2005 “Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico degli edifici” e s.m.i.;
- Decreto 26 giugno 2015 recante “Metodologie di calcolo delle Prestazioni energetiche e la Definizione delle Prescrizioni e dei Requisiti minimi degli edifici”;
- DM 25 luglio 2011 “Adozione dei criteri minimi ambientali da inserire nei bandi di gara della Pubblica amministrazione per l'acquisto di prodotti e servizi nei settori della ristorazione collettiva e fornitura di derrate alimentari e serramenti esterni”;
- DM del 11 marzo 2008 “Attuazione dell'art. 1, c. 24, lettera a), L 244/2007, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'art. 1 della L 296/2006”, come modificato dal DM del 26 gennaio 2010;
- DM del 26 giugno 2009 “Linee Guida nazionali per la Certificazione energetica degli edifici”;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Decreto 26 giugno 2015 recante “Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”;
- L 10/1991 “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”;
- Decreto 26 giugno 2015 recante “Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell’applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici”;
- DM del 27 luglio 2005 “Norma concernente il regolamento d’attuazione della L 10/1991 recante «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»”;
- DPGR 17/R/2010 “Regolamento di attuazione dell’art. 23 della legge regionale 24 febbraio 2005 n. 39 (Disposizioni in materia di energia) Disciplina della certificazione energetica degli edifici. Attestato di certificazione energetica”;
- LR 39/2005 “Disposizioni in materia di energia”;
- Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio;
- DM del 27 luglio 2005 “Norma concernente il regolamento d’attuazione della L 10/1991 recante «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»”;
- DPGR 17/R/2010 “Regolamento di attuazione dell’art. 23 sexies della legge regionale 24 febbraio 2005 n. 39 (Disposizioni in materia di energia) Disciplina della certificazione energetica degli edifici. Attestato di certificazione energetica”;
- UNI EN ISO 6946 “Componenti ed elementi per l’edilizia. Resistenza e trasmittanza termica. Metodo di calcolo”;
- UNI EN ISO 10077-1 “Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità”;
- UNI EN ISO 10077-2 “Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 2: Metodo numerico per i telai”;
- UNI 10351 “Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà termoigrometriche - Procedura per la scelta dei valori di progetto”;
- UNI EN 1745 “Muratura e prodotti per muratura - Metodi per determinare le proprietà termiche”;
- UNI 10375 “Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti”;
- UNI EN 13370 “Prestazione termica degli edifici. Trasferimento di calore attraverso il terreno. Metodi di calcolo”;
- UNI EN ISO 13790/2008 “Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento”;
- UNI EN ISO 13786 “Prestazione termica dei componenti per edilizia. Caratteristiche termiche dinamiche. Metodi di calcolo”;
- UNI EN ISO 13789 “Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo”;
- UNI 10349 “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici”;
- UNI EN ISO 10211 “Ponti termici in edilizia. Flussi termici e temperature superficiali. Calcoli dettagliati”;
- UNI EN ISO 14683 “Ponti termici in edilizia. Coefficiente di trasmissione termica lineica. Metodi semplificati e valori di riferimento”;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- UNI EN ISO 13788-2003:2013 “Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l’umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale- Metodo di calcolo”;
- UNI EN 673 “Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo”;
- UNI 11235/2007:2015 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”;
- UNI 10339 “Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura”;
- UNI EN ISO 10456 “Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto”;
- UNI TS 11300/1-2-3-4 “Prestazioni Energetiche degli Edifici. - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale”;
- UNI TS 11300/2 “Prestazioni Energetiche degli Edifici. - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali”.

## EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI IMPIANTI

### *Impianti ad alto rendimento*

Una caldaia è essenzialmente composta di un bruciatore, da una camera di combustione e da un involucro di materiale isolante protetto da una lamiera. L’energia contenuta nel combustibile è trasferita in parte al fluido termo-vettore e in parte è dispersa con i gas di scarico e dal corpo stesso della caldaia. In una caldaia ad alto rendimento oltre il 90% dell’energia contenuta nel combustibile è trasferita al fluido termo-vettore. Le caldaie possono essere classificate, secondo la loro efficienza energetica, in 4 classi di rendimento, utilizzando, come simbolo, da una a quattro stelle. La scelta della potenza e del tipo di caldaia da installare dipende dalle caratteristiche dell’edificio, dall’ubicazione e dalla sua destinazione d’uso. Se si considera l’intera stagione di riscaldamento, l’efficienza di una caldaia tradizionale globale non è elevata, cioè il suo rendimento stagionale è basso. Le caldaie ad alto rendimento permettono di mantenere una buona efficienza anche nelle stagioni intermedie.

Nelle caldaie convenzionali i fumi escono a una temperatura così alta che potrebbero far bollire l’acqua senza difficoltà ed è necessario che abbiano una temperatura altrettanto alta al fine di poter salire nel camino.

La caldaia a condensazione sfrutta il calore ancora contenuto nei fumi, per mezzo di soluzioni tecniche che consentono di recuperare il “calore latente” contenuto nel vapor d’acqua prodotto nella combustione, e il loro calore residuo. I fumi diventano così “freddi” al punto che è possibile utilizzare una tubazione di plastica come canna fumaria per la loro evacuazione. Con temperature di 50/30°C fra andata e ritorno il rendimento arriva al 107% mentre con temperature di 80/60°C si mantiene al 100%. Una caldaia a condensazione permette risparmi di combustibile pari o addirittura superiori al 30%. A parità di potenza, una caldaia a condensazione costa il doppio di una convenzionale, ma a parità di volume riscaldato è sufficiente una a condensazione di potenza minore, sia per il maggior rendimento sia per la minor temperatura di funzionamento.

Per pompa di calore si intende la macchina, il dispositivo o l’impianto che trasferisce calore dall’ambiente naturale (dall’aria, dall’acqua o dalla terra) verso l’edificio invertendo il flusso di calore in maniera che esso passi da una minore a una maggiore temperatura. Nel caso di pompe di calore reversibili, esso può anche trasferire calore dall’edificio all’ambiente naturale.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Le principali sorgenti fredde sfruttabili sono:

- Aria: esterna al locale dove è installata la pompa di calore oppure estratta dal locale stesso;
- Acqua: di falda, di fiume, di lago quando questa è presente in prossimità dei locali da riscaldare e a profondità ridotta, o accumulata in serbatoi e riscaldata dal sole
- Terreno nel quale vengono inserite delle apposite tubazioni per lo scambio termico.

L'aria o l'acqua da riscaldare sono detti "pozzo caldo". La pompa di calore cede al pozzo caldo sia il calore prelevato dalla sorgente fredda che l'energia fornita per far funzionare la macchina.

La pompa di calore può essere utilizzata sia per climatizzare gli ambienti sia per riscaldare l'acqua sanitaria (la temperatura dell'acqua prodotta non supera i 55°C).

L'efficienza di una pompa di calore, nel funzionamento a freddo è misurata dall'Indice di Efficienza Elettrica EER (Energy Efficiency Ratio), mentre nel funzionamento a caldo è misurata dal Coefficiente di Resa COP (Coefficient Of Performance) che è il rapporto tra l'energia prodotta (calore ceduto all'ambiente da riscaldare) e l'energia elettrica consumata per far funzionare la macchina. Per le pompe di calore a gas esiste un indicatore di efficienza specifico: il GUE (Gas Utilization Efficiency), che è il rapporto tra l'energia prodotta (calore ceduto all'ambiente da riscaldare) e il potere calorifico inferiore del combustibile (gas metano o GPL) utilizzato dal bruciatore per far funzionare la macchina. La normativa italiana, probabilmente per ragioni di semplificazione, applica il parametro del COP indistintamente alle pompe di calore elettriche e a quelle a gas.

Pompe di calore elettriche: Hanno valori di EER e COP molto variabili in base a taglia e sorgente fredda, per macchine aria-acqua, il COP può variare tra 3 e 4 mentre l'EER tra 2,5 e 3,5. Questo significa, in una macchina con COP pari a 3 che per un kWh di energia elettrica consumato, la pompa di calore cederà 3kWh d'energia termica all'ambiente da riscaldare; uno di questi è fornito dall'energia elettrica consumata e gli altri due sono prelevati dall'ambiente esterno. Tenendo conto che l'energia prelevata dall'ambiente esterno è gratuita, e che l'energia elettrica è prodotta, mediamente, con un rendimento del 46%, possiamo affermare che il rendimento complessivo della pompa di calore è compreso tra 138% e 183%.

L'EER e il COP saranno tanto maggiori quanto minore è la differenza di temperatura tra l'ambiente da riscaldare e la sorgente di calore. Essi hanno valori prossimi a 3 quando è utilizzata aria esterna a temperature non inferiori ai 7°C. Sotto i 2°C, le prestazioni della pompa di calore decadono significativamente.

Pompe di calore a gas: Hanno valori di GUE (equivalente del COP per questa tecnologia) compresi indicativamente tra 1,3 e 1,6. Essendo riferito al potere calorifico del gas metano, il GUE è direttamente confrontabile con l'efficienza (espressa in termini percentuali) delle caldaie a gas. Quindi una pompa di calore a gas con GUE pari a 1,52 equivale a una caldaia con efficienza (ipotetica) del 152%. Nel raffrescamento le macchine più efficienti hanno valori di GUE (equivalente all'EER) di norma superiori a 0,6.

Alcune macchine sono dotate di inverter, un dispositivo elettronico che permette di modulare la potenza erogata dalla macchina in maniera proporzionale all'effettiva richiesta di "freddo" o di "caldo", diminuendo il numero di giri del compressore. Rispetto a un normale condizionatore, quello dotato di inverter consuma circa il 30% di energia elettrica in meno e consente di mantenere costante la temperatura dell'ambiente con scostamenti dello 0,5°C rispetto a quella impostata, contro i 2°C delle macchine tradizionali on/off.

Le pompe di calore non dovranno contenere fluidi refrigeranti pericolosi per lo strato di ozono.

Nel caso di ristrutturazioni e di sostituzioni dell'impianto di riscaldamento, conviene prendere in considerazione l'installazione di una pompa di calore, con funzioni di riscaldamento supplementare, coadiuvante del riscaldamento tradizionale (caldaie a gasolio, a gas o a legna ed anche un caminetto



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

ad aria calda). Nei climi temperati le pompe di calore riescono a diminuire la quantità di energia spesa per il riscaldamento fino al 30-40%

I principali vantaggi derivanti dall'utilizzo della pompa di calore e dallo sfruttamento dell'energia geotermica sono legati agli aspetti economici, ecologici e di sicurezza dell'impianto. Il risparmio è di circa il 60% - 70% rispetto ai comuni combustibili, mentre per quanto concerne l'aspetto ecologico si possono eliminare sia le emissioni sia gli odori.

### ***Regolazione locale della temperatura***

La rete di distribuzione di un impianto di riscaldamento è costituita essenzialmente dall'insieme delle tubazioni di mandata e di ritorno che collegano la caldaia agli elementi riscaldanti. Generalmente, negli impianti di riscaldamento di edifici civili, l'acqua calda (tra i cinquanta e i 90°C) partendo dalla caldaia, percorre le tubazioni di mandata, riscalda i radiatori, e quindi l'ambiente, e ritorna a temperatura più fredda alla caldaia stessa.

*La regolazione locale della temperatura* ha lo scopo di ridurre i consumi energetici per il riscaldamento, evitando inutili surriscaldamenti dei locali e consentendo di sfruttare gli apporti termici gratuiti (radiazione solare, presenza di persone o apparecchiature etc.).

I sistemi di regolazione locale della temperatura producono un maggiore risparmio energetico se installati in aree caratterizzate da utenze omogenee.

I sistemi di regolazione della temperatura dell'aria da utilizzare sono:

### ***Valvola termostatica***

È un dispositivo automatico di regolazione della temperatura ambiente, che non ha bisogno di alimentazione esterna (a es. pile o corrente elettrica) per funzionare e agisce direttamente sulla valvola del radiatore, aprendo o chiudendo la stessa in funzione del reale fabbisogno termico dell'ambiente. Il compito della testina TERMOSTATICA è di misurare la temperatura ambiente e di compararla con quella impostata in modo da correggere l'apporto di calore del radiatore variando l'apertura della valvola. La temperatura ambiente agisce su un sensore costituito da un soffiutto metallico contenente liquido e il suo vapor saturo o un solido (es. cera). Questa miscela sensibile alla più piccola variazione di temperatura provoca una deformazione del soffiutto che a sua volta determina una variazione dell'apertura della valvola: un aumento di temperatura provoca una dilatazione del sensore e quindi una chiusura della valvola.

Con le valvole termostatiche si può regolare la temperatura di ogni singolo ambiente: a ogni radiatore, al posto della valvola manuale, si può applicare una valvola termostatica per regolare automaticamente l'afflusso di acqua calda, in base alla temperatura scelta e impostata su un'apposita manopola graduata. La valvola si chiude a mano a mano che la temperatura nell'ambiente, misurata da un sensore incorporato, si avvicina a quella desiderata, consentendo di dirottare ulteriore acqua calda verso gli altri radiatori, ancora aperti.

Sono disponibili valvole con sensori termostatici a base di sostanze solide o liquide, in generale quelli a base di sostanze liquide presentano tempi di riposta più rapidi.

### ***Termostato e Cronotermostato***

Gli impianti individuali, di solito, sono provvisti di un programmatore che accende e spegne la caldaia in base alla temperatura scelta, alla temperatura ambiente e a orari prefissati.

### ***Controlli evoluti tramite Building Automation***

Si tratta di una tecnologia assodata in campo industriale e grande terziario e sempre più diffusa nelle civili abitazioni e nelle piccole attività, i Building Management Systems introducono logiche di regolazione avanzate che possono legare il funzionamento dei terminali alla presenza di persone nel singolo locale o legare il funzionamento dell'impianto di condizionamento al controllo luci o





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

all'automazione dei sistemi oscuranti. La gestione dei generatori tramite centraline intelligenti consente di controllarne gli orari di partenza, le logiche di parzializzazione e i set-point di funzionamento secondo logiche evolute che consentono risparmi energetici consistenti che possono arrivare anche al 48%.

La norma europea CEN-EN15232 definisce i metodi per la valutazione del risparmio energetico conseguibile in edifici dove siano impiegate tecnologie di gestione e controllo automatico degli impianti tecnologici e dell'impianto elettrico. La norma EN15232 è utilizzabile sia per la progettazione di nuovi edifici, sia per la verifica di edifici esistenti.

### ***Sistemi a bassa temperatura***

I terminali di un impianto di riscaldamento sono i dispositivi che distribuiscono calore agli ambienti. I terminali, che sono l'elemento finale dell'impianto termico, sono fondamentali nel determinare i livelli di comfort e di efficienza energetica di un edificio.

I terminali di riscaldamento maggiormente diffusi sono: radiatori, pannelli radianti e ventilconvettori.

I radiatori, nella forma dei classici termosifoni, sono i terminali più comuni; sono, infatti, economici, semplici da installare e lavorano con caldaie tradizionali che producono acqua ad alta temperatura (60–80°C).

I radiatori tradizionali possono essere abbinati a caldaia a condensazione adottando alcuni accorgimenti: è necessario dotare la caldaia di una sonda di rilevazione della temperatura esterna, collegata a una centralina di controllo della temperatura dell'acqua. È inoltre opportuno verificare l'esistenza di un buon isolamento termico dell'involucro dell'edificio e scegliere radiatori più grandi (maggiore superficie di scambio termico).

I pannelli radianti a bassa temperatura sono costituiti da serpentine in materiale plastico nelle quali circola acqua a una temperatura tra i 30–45°C, incorporate nello strato di intonaco che riveste pareti e soffitti o nel sottofondo dei pavimenti. Il trasferimento di calore è per irraggiamento, le superfici riscaldate dalle serpentine irradiano persone e cose e scaldano molto meno l'aria. Si ottiene così un comfort termico migliore con pareti calde (25–30°C) e aria più fresca (16–18°C circa). Questi sistemi, abbinati a caldaie a condensazione e/o a impianti solari termici e/o a pompe di calore, consentono di ottenere un notevole risparmio di energia. L'intervento può comportare la riduzione dell'altezza abitabile. Facendo circolare acqua fredda (14–16°C) possono essere utilizzati anche per il raffrescamento degli ambienti.

I ventilconvettori (fan-coil), sono essenzialmente costituiti da un ventilatore elettrico, un filtro dell'aria, una batteria di cambio termico (tubi in cui circola acqua a temperatura 40–50°C per il riscaldamento o eventualmente fredda per il raffrescamento), un termostato. Il ventilconvettore preleva aria dal locale da riscaldare/raffrescare e la filtra. Attraverso lo scambiatore acqua/aria l'aria è poi riscaldata/raffreddata e immessa nell'ambiente alla temperatura impostata mediante il ventilatore. Questo consente di scaldare molto velocemente ambienti anche di grandi dimensioni e favorisce inoltre un ricircolo dell'aria.

Per il riscaldamento richiedono acqua a temperatura inferiore rispetto ai radiatori ma comunque più alta in confronto a quella richiesta dai pannelli radianti. Questi sistemi abbinati a generatori di calore caratterizzati da elevata efficienza e da temperature di lavoro medio-basse (caldaie a condensazione e/o a impianti solari termici e/o a pompe di calore), consentono di ottenere un significativo risparmio di energia.

Contabilizzazione dei consumi e termoregolazione negli impianti centralizzati

È possibile installare valvole termostatiche motorizzate sui radiatori e un interruttore orario (timer). Collegando elettricamente le valvole al timer è possibile aprire o chiudere i radiatori in base agli orari scelti. La regolazione delle valvole termostatiche assicurerà poi il raggiungimento della



temperatura desiderata. La lettura dei consumi può essere centralizzata.

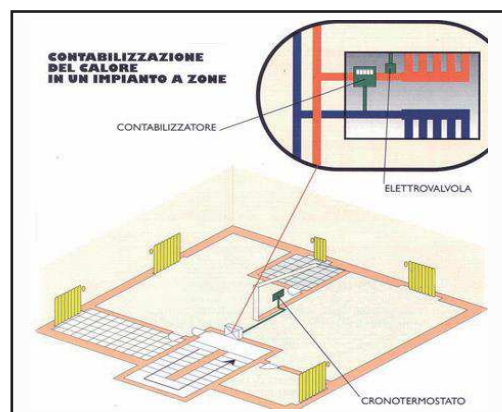
### ***Impianti a zone (a distribuzione orizzontale)***

Gli impianti a zone sono realizzati in modo che a ogni zona dell'edificio, a ogni piano o a ogni singolo appartamento sia dedicata una parte della rete di distribuzione. Con questo tipo di impianto è possibile gestire in maniera diversificata le varie zone, non riscaldando, ad esempio, quelle che in un dato periodo, non sono occupate.

Tale tipologia impiantistica è consigliabile in tutti gli edifici nuovi o nelle ristrutturazioni, laddove esistono zone con diverse utilizzazioni come, ad esempio, nel caso di edifici destinati in parte a uffici o negozi e in parte a residenze. Negli impianti a zone, basta installare un solo contabilizzatore di calore per ogni unità immobiliare.

Grazie ad un cronotermostato (collegato a un'elettrovalvola sulla tubazione di mandata dell'acqua calda all'appartamento), si può gestire autonomamente il calore. In genere, sia l'elettrovalvola sia il contabilizzatore sono installati in una cassetta di distribuzione posta sul pianerottolo (da dove partono e arrivano i tubi di mandata e di ritorno).

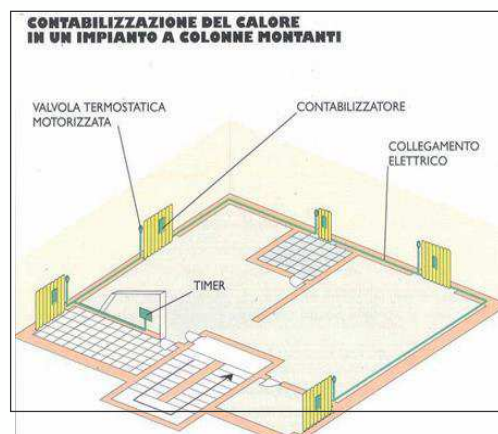
I contabilizzatori calcolano il calore consumato nell'appartamento misurando la portata e la temperatura dell'acqua di mandata e la temperatura di quella di ritorno (contabilizzatori entalpici).



### ***Impianti a colonne montanti (a distribuzione verticale)***

Gli impianti a colonne montanti sono costituiti da un anello, formato da una tubazione di mandata e una di ritorno, che percorre la base dell'edificio. Dall'anello si dipartono delle colonne montanti che alimentano i vari radiatori posti sulla stessa verticale ai vari piani dell'edificio.

Fino a pochi anni fa tale tipologia era molto diffusa perché consentiva di realizzare economie in fase di costruzione, difficilmente però permette di ottimizzare la gestione dell'impianto specialmente quando si hanno diverse utilizzazioni delle varie zone dell'edificio.





## RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- D.Lgs. 192/2005 “Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico degli edifici” e s.m.i.;
- DPR 660/1996 “Regolamento per l’attuazione della direttiva 92/42/CEE concernente i requisiti di rendimento delle nuove caldaie ad acqua calda, alimentate con combustibili liquidi o gassosi”. (Allegato VI);
- DM del 19 febbraio 2007 “Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell’art. 7 del D.Lgs. 387/2003”. come modificato dal DM del 6 agosto 2009;
- DM del 22 gennaio 2008 “Regolamento concernente l’attuazione dell’art. 11 – quaterdecies, c. 13, lettera a) della L 248/2005, recante «Riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione dell’impianti all’interno degli edifici»”;
- DPGRT 17/R/2010 “Regolamento di attuazione dell’art. 23 sexies della LRT 39/2005 “Disposizioni in materia di energia”. Disciplina della certificazione energetica degli edifici. Attestato di certificazione energetica”;
- Norma Europea CEN EN15232 “Prestazione energetica degli edifici – Incidenza dell’automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici”;
- Decreto 26 giugno 2015 recante “Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”;
- UNI EN 1264-1 “Riscaldamento a pavimento. Impianti e componenti”;
- UNI EN 1264-2 “Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture. Riscaldamento a pavimento: metodi per la determinazione della potenza termica mediante metodi di calcolo e prove”;
- UNI EN 1264-3 “Riscaldamento a pavimento. Impianti e componenti. Dimensionamento”;
- UNI EN 1264-4 “Riscaldamento a pavimento. Impianti e componenti. Installazione”;
- UNI EN 1264-5 Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture. Superfici per il riscaldamento e il raffrescamento integrate nei pavimenti, nei soffitti e nelle pareti - Determinazione della potenza termica”;
- UNI EN 15316 “Impianti di riscaldamento degli edifici. Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell’impianto”;
- UNI 10200 “Impianti di riscaldamento centralizzati. Ripartizione delle spese di riscaldamento”;
- UNI EN 835 “Ripartitori dei costi di riscaldamento per la determinazione del consumo dei radiatori. Apparecchiature basate sul principio di evaporazione, senza l’ausilio di energia elettrica”;
- UNI EN 834 “Ripartitori dei costi di riscaldamento per la determinazione del consumo dei radiatori”;
- Piano di Zonizzazione acustica comunale;
- Regolamento comunale sulle attività rumorose;
- UNI CIG 7129 “Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione. Progettazione, installazione, manutenzione”;
- D.Lgs. 115/2008 “Efficienza degli usi finali dell’energia e i servizi energetici”;
- D.Lgs. 192/2005 “Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico degli edifici” e s.m.i.;
- D.Lgs. 28/2011 “Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE”;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- D.Lgs. 387/2003 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”;
- DL 311/2006 “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell’edilizia”;
- DM 10/2010 “Linee guida per l’autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili”;
- DM 19/2007 “Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell’art. 7 del D.Lgs. 387/2003”;
- DM 28 luglio 2005 “Criteri per l’incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare”;
- DM 37/2008 “Regolamento per il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici”;
- DPR 380/2001 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia” e s.m.i.;
- DPR 412/1993 “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, c. 4, della L 10/1991”;
- DPR 59/2009 “Regolamento di attuazione dell’art. 4, c. 1, lettere a) e b) del D.Lgs. 192/2005, concernente «Attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia»”;
- L 10/1991 “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”;
- L 239/2004 “Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia”;
- L 896/1986 “Disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche”;
- Regolamento (UE) N. 305 del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE.

## VENTILAZIONE NATURALE E SISTEMI DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

*La qualità dell’aria interna - Indoor Air Quality (IAQ) - costituisce il primo requisito qualitativo di benessere e sicurezza che un ambiente indoor deve possedere. Risulta pertanto determinante adottare nella progettazione tutti gli accorgimenti atti a eliminare o a impedire la formazione di agenti inquinanti indoor. Una progettazione che segua i criteri del risparmio energetico e dell’uso razionale dell’energia, come attualmente avviene, ha imposto l’adozione di edifici poco permeabili all’aria e con ridotte portate di ventilazione naturale propriamente detta (o infiltrazioni), causando quindi un aumento delle concentrazioni di sostanze inquinanti sviluppate all’interno degli ambienti. Per tale motivo è importante valutare con più attenzione la sinergia tra questi due requisiti (ricambi d’aria e risparmio energetico), che talvolta richiedono soluzioni tecnologiche antitetiche. Le normative tecniche sono in continua evoluzione e talvolta anche in contraddizione tra di loro. Per quanto riguarda il criterio IAQ e ricambi d’aria, sembrano tutte confermare che i ricambi d’aria siano fondamentali per limitare l’inquinamento indoor, la viziatura dell’aria e la formazione di muffe, ma forniscono valori di ricambi d’aria minimi discordanti. Alcune normative tecniche, come ad esempio UNI TS 11300-1, utilizzano, per le residenze di nuova realizzazione un tasso convenzionale di rinnovo dell’aria pari a 0,3 vol/h in assenza di VMC (Ventilazione Meccanica Controllata), mentre la più recente UNI EN 15251-2008 propone valori di ventilazione addirittura superiori a 0,5 vol/h nei momenti di occupazione degli ambienti (0,7 vol/h per la categoria I, 0,6 vol/h per la categoria II, 0,5 vol/h per la categoria III) e specifica che non ha senso una*





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*dichiarazione di efficienza energetica senza una dichiarazione relativa alla qualità dell'ambiente interno.*

*Inoltre, tutte le normative internazionali sul risparmio energetico regolamentano la ventilazione (intesa come VMC) ma non l'aerazione (intesa come l'apertura delle finestre) anche nel caso di edifici residenziali. Non incentivano quindi l'utilizzo di sistemi di ventilazione naturale (né propriamente detti né sussidiari) in quanto penalizzanti rispetto alla Certificazione energetica. Tuttavia tali sistemi risultano fondamentali per il benessere, soprattutto nei nostri climi, dove nel periodo estivo servono per dissipare il calore della struttura e garantire il comfort indoor. Nel caso della VMC applicata al terziario, la norma di riferimento è la UNI EN 13779 che, superando l'approccio prescrittivo della norma UNI 10339 che imponeva portate minime di ricambio (pur rimanendo utile riferimento per il dimensionamento), impone il raggiungimento di livelli minimi di qualità dell'aria interna indipendentemente dalla strategia adottata per raggiungerli. Un aspetto importante del controllo della qualità dell'aria indoor è il livello dell'inquinamento outdoor; in ambiente urbano, senza adeguati sistemi filtranti è impossibile garantire sufficienti livelli della qualità dell'aria indoor; la norma definisce, infatti, il livello di filtrazione minimo in base al livello di inquinamento esterno definito dall'ODA (qualità dell'aria esterna rappresentata da 4 classi) e il richiesto livello di IDA (qualità dell'aria interna, anch'essa definita da 4 classi).<sup>1</sup>*

### **EFFETTI SULLA SALUTE**

*L'inquinamento indoor, definito dal Ministero dell'Ambiente nel 1991 come: "presenza in ambienti confinati di inquinamenti chimici, fisici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità", rappresenta uno dei fattori di rischio più rilevanti degli ultimi decenni.*

*I principali inquinanti che si possono rinvenire negli edifici sono di natura chimica (composti organici volatili, monossido di carbonio, anidride carbonica, biossido di azoto, formaldeide, ozono etc.), fisica (radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, fibre, polveri, rumore etc.) e biologica (virus, batteri, spore fungine, acari, alghe, peli e prodotti della desquamazione cutanea, frammenti di insetti). Molti di essi sono spesso presenti negli ambienti indoor e, talvolta, in concentrazioni pericolose per esposizioni di lunga durata, perciò i ricambi d'aria di un locale assumono particolare importanza per la tutela della salute.<sup>1</sup>*

Gli inquinanti presenti negli ambienti interni possono essere causa di una vasta gamma di manifestazioni che vanno dalla sensazione di malessere e di disagio, fino a patologie anche gravi e che solitamente sono suddivise in due gruppi, secondo considerazioni di ordine epidemiologico, eziopatogenetico, clinico, diagnostico e prognostico. Al primo gruppo appartiene la cosiddetta Sindrome da Edificio Malato (o Sick Building Syndrome), caratterizzata da una sintomatologia di modesta entità, aspecifica e polimorfa (cefalea, sonnolenza, irritazione oculare e cutanea, irritazione della gola, tosse etc.) strettamente correlata con la permanenza nell'edificio, che si risolve o si attenua rapidamente con l'allontanamento da esso. Al secondo gruppo appartengono malattie con un quadro clinico ben definito, che non si risolvono abbandonando il luogo insalubre, la cui patogenesi è di tipo allergico, tossico o infettivo, talora caratterizzata da notevole gravità.

### **INDICAZIONI**

Le strategie progettuali finalizzate a garantire una buona qualità dell'aria interna attraverso un'aerazione naturale di qualità, regolabile e indirizzabile secondo le esigenze riguardano:

- L'attenta localizzazione delle singole aperture e degli affacci (favorire aperture su aree con buona qualità dell'aria, in direzione dei venti dominanti, su aree con temperatura o pressione mediamente differente). La ventilazione può infatti essere trasversale o obliqua: la prima (più





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- efficace) è ottenuta con aperture poste su pareti contrapposte; la seconda con aperture poste su pareti adiacenti, purché a una distanza non superiore a 2 m dalla parete cieca adiacente;
- Attenzione alle caratteristiche distributive degli spazi (favorire il doppio riscontro d'aria, la cross ventilation, studiare l'articolazione spaziale degli interni, lo studio dei flussi, evitare il monoaffaccio);
  - L'utilizzo di strategie per incrementare la ventilazione naturale per effetto camino (camini di ventilazione, atri areati, torri del vento). I lucernari ad esempio sono un mezzo estremamente efficace per la ventilazione verticale degli edifici. Sono da preferire lucernari a vetrata verticale o quasi verticale. I lucernari orizzontali dovranno essere provvisti di adeguati accorgimenti per evitare l'irraggiamento diretto.

La scelta della tipologia di serramenti e dei sistemi tecnologici per la circolazione dell'aria indoor. Attualmente esistono tipologie di serramenti che danno la possibilità di regolare la portata del flusso d'aria esterno (serramenti con contemporanea differente tipologia di apertura, con sistemi regolabili di areazione anche a serramento chiuso o utilizzo differenziato dei serramenti in funzione delle possibili esigenze/destinazioni d'uso) e sistemi architettonici-tecnologici che se attivati favoriscono la circolazione dell'aria tra i diversi ambienti (aperture o griglie regolabili nei tamponamenti interni della stessa unità o nelle porte interne). (SITI)

La corretta progettazione dei sistemi di ventilazione meccanica controllata e delle adeguate sezioni filtranti per il raggiungimento del voluto livello di qualità dell'aria interna dove necessario. Adozione di sistemi di ventilazione bilanciati con recupero di calore nel rispetto delle normative di settore e di risparmio energetico.

Valutazione della possibilità di installazione di impianti VMC anche nel settore residenziale, dove la normativa non ne impone, di fatto, l'adozione, in caso di elevati livelli di inquinamento dell'aria esterna.

### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- ASHRAE Standard 62-2001 "Ventilation for acceptable indoor air quality";
- D.Lgs. n. 192 /2005, modificato con D.Lgs. n. 311/2006 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia" e successive modifiche;
- Decreto Ministeriale 5 luglio 1975 "Modificazioni alle istruzioni ministeriali relativamente altezza minima ed ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali d'abitazione";
- Direttiva 2002/91/CE (EPBD) (e successive) sul rendimento energetico dell'edilizia;
- DPR 412/1993. 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, c. 4, della L 10/1991;
- Legge 09.01.1991, n. 10 (ex L. n. 373). 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;
- Legge 166/1975 "Norme per gli interventi straordinari per l'attività edilizia";
- Legge 457/1978 "Norme per l'edilizia residenziale";
- REGOLAMENTO (UE) N. 305 del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE;
- UNI 10339 revisione del 2005 "Impianti aerulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura";
- UNI 8852:1987 "Impianti di climatizzazione invernali per gli edifici adibiti ad attività industriale ed artigianale. Regole per l'ordinazione, l'offerta ed il collaudo";



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- UNI EN 12792:2005 “Ventilazione degli edifici. Simboli, terminologia e simboli grafici”. Chiarisce la differenza tra aerazione e ventilazione; l’aerazione è intesa come l’apertura delle finestre;
- UNI EN 13779:2005 “Ventilazione per ambienti non residenziali. Prestazioni richieste per i sistemi di ventilazione e condizionamento dei locali”;
- UNI EN 15251:2008 “Criteri per la progettazione dell’ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell’aria interna, all’ambiente termico, all’illuminazione e all’acustica”;
- UNI EN 832:2001 “Prestazione termica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali”. (Norma UNI EN ISO 13790 per gli altri edifici),
- UNI EN ISO 7730:2006 “Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico”, (revisionata da ISO-DIS 7730 del 2003),
- UNI TS 11300-1 “Prestazioni energetiche degli edifici”.

## COMFORT TERMOIGROMETRICO

*L’ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) con lo Standard 55/74, definisce il benessere termoigrometrico come quello stato psicofisico in cui il soggetto manifesta soddisfazione nei confronti del microclima. La condizione di benessere si realizza quando si raggiunge un equilibrio fra il flusso termico generato dall’organismo umano per effetto dei processi di ossidazione e di trasformazione chimica delle sostanze alimentari e i flussi di calore dispersi dal corpo verso l’ambiente.*

*Il benessere termoigrometrico deriva quindi dalla combinazione di diversi fattori fisici e ambientali che esercitano un significativo effetto sulla nostra percezione di comfort. I principali parametri di riferimento sono la temperatura dell’aria, il calore radiante, la velocità dell’aria e l’umidità relativa. Tali elementi sono strettamente collegati fra loro e il loro effetto combinato determina la sensazione di benessere o di disagio.*

*Temperatura dell’aria. Con temperatura dell’aria s’intende la temperatura dello strato d’aria che avvolge il soggetto, al di là dello strato limite di aria riscaldata e aderente alla persona stessa. Rappresenta certamente l’elemento più importante e immediato nella determinazione del benessere termoigrometrico.*

*Temperatura media radiante. E’ definita come la temperatura uniforme di una cavità nera in cui gli occupanti scambierebbero per irraggiamento la stessa energia che scambiano effettivamente nell’ambiente reale non uniforme. Essa è influenzata, in sostanza, dalla temperatura delle superfici che circondano la persona e con le quali il corpo umano possa instaurare uno scambio termico per irraggiamento (parete, vetrata, pavimento, ma anche arredi, ecc.).*

*Velocità relativa dell’aria. Questo fattore riveste un ruolo molto importante nelle condizioni di benessere di un soggetto che permane in uno spazio. Essa, infatti, influenza gli scambi termici fra il corpo umano e l’aria circostante e rappresenta una delle grandezze fisiche oggetto del controllo fisico-tecnico degli ambienti per mezzo degli impianti.*

*Umidità relativa dell’aria. L’umidità relativa è una quantità usata per misurare l’umidità presente nell’aria. È definita come il rapporto della del vapore acqueo contenuto in un miscuglio gassoso di e rispetto alla pressione di, espressa in percentuale. Un’umidità relativa del 100% indica che il miscuglio gassoso contiene la massima quantità di possibile per date condizioni di temperatura e pressione.<sup>1</sup>*



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

### EFFETTI SULLA SALUTE

*Tutti i parametri microclimatici concorrono al soddisfacimento dello stato di benessere e risultano quindi prioritari nella progettazione di uno spazio indoor. La variazione di ciascuno di essi può quindi contribuire all'insorgere di sintomatologie fisiche e psicologiche che devono essere evitate.*

*L'umidità relativa riveste molta importanza poiché strettamente correlata alla temperatura, infatti, a valori elevati aumenta la percezione sia del caldo sia del freddo, provocando possibili sensazioni di disagio. In condizioni di umidità relativa inferiore al 20% aumenta la presenza di polveri nell'aria, di cariche batteriche in sospensione e di possibili cariche elettrostatiche, inoltre, cute e mucose si disidratano e aumentano le possibilità d'infezione per diminuzione del film barriera. In condizioni di temperatura elevata, con umidità relativa superiore al 60% e insufficiente ricambio d'aria, viene favorita la proliferazione di germi e la formazione di muffe, responsabili dell'insorgenza di patologie allergiche e infiammatorie.*

*La velocità dell'aria induce una dissipazione del calore corporeo: a elevate temperature dell'aria e bassa velocità tale processo viene meno con conseguenti effetti sulla salute, di contro a velocità eccessive, superiori a 1,5 m/s, può arrecare sensazione di fastidio più che di sollievo.*

*La temperatura media radiante, quando non viene adeguatamente considerata può essere causa di situazioni di discomfort anche con valori ottimali di temperatura dell'aria. Infatti, in presenza di un ambiente radiante non uniforme, le diverse parti del corpo che vi sono disuniformemente esposte si porteranno presumibilmente a temperature differenti, provocando una sensazione di disagio.*

*Il mantenimento delle condizioni termoigrometriche ottimali riduce il rischio d'insorgenza di disturbi cutanei e respiratori, anche di tipo allergico, e di patologie più severe soprattutto a carico di categorie particolarmente vulnerabili come bambini e anziani.<sup>1</sup>*

### INDICAZIONI

*Il benessere termico delle persone è influenzata in modo determinante dal valore medio tra la temperatura dell'aria e la temperatura media delle superfici che racchiudono un ambiente (pareti, opache e trasparenti, soffitto e pavimento): per avere condizioni ottimali di temperatura, lo scostamento fra i valori dei due parametri dovrebbe essere il più possibile ridotto.*

*Studi sperimentali condotti da P.O. Fanger hanno arricchito il campo di analisi introducendo, nella valutazione del bilancio termico, ulteriori fattori condizionanti il comfort termico quali il tipo di abbigliamento indossato e l'attività svolta. Basandosi sui valori della temperatura cutanea media di un individuo e delle calorie di evaporazione, Fanger ha elaborato l'equazione generale, introducendo i valori relativi all'energia metabolica correlata all'attività fisica, alla resistenza termica del vestiario e ai fattori ambientali. Nei passaggi successivi ha formulato l'equazione del benessere semplificata, in cui appaiono sei variabili fondamentali di cui due sono attribuibili al soggetto (resistenza termica del vestiario e attività metabolica), mentre gli altri quattro sono di pertinenza microclimatica (temperatura dell'aria, temperatura media radiante, velocità dell'aria e umidità relativa).*

*Sempre a Fanger sono attribuiti il PMV (Voto Medio Previsto) e il PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti), due indici di benessere che, in modo abbastanza esaustivo e con un unico dato, quantificano gli scambi termici uomo-ambiente, permettendo di stabilire il grado di confortevolezza degli ambienti. Dal punto di vista normativo (ASHRAE e ISO), un ambiente può essere ritenuto termicamente accettabile se almeno l'80% degli occupanti manifesta gradevolezza nei suoi confronti. La norma UNI EN ISO 7730, per la fase di progettazione, individua tre categorie di qualità degli edifici nei confronti del benessere termico globale. Ciascuna di esse rientra in valori limite del PMV e del PPD, come mostrato in Tabella 1.<sup>1</sup>*



**Tabella 1** Categorie di qualità degli edifici nei confronti del benessere termico globale (Fonte: UNI EN ISO 7730)

Categoria di qualità	PPD	PMV
A (alto)	< 6%	-0.2 < PMV < 0.2
B (medio)	< 10%	-0.5 < PMV < 0.5
C (basso)	< 15%	-0.7 < PMV < 0.7

#### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- Legge n. 10 del 09/01/1991;
- D.Lgs. n. 192 del 19/08/2005 e s.m.i.;
- D.Lgs. n. 311 del 29/12/2006 e s.m.i.;
- UNI EN ISO 7726:2002 “Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche”;
- UNI 5364:1976 “Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Regole per la presentazione dell’offerta e per il collaudo”;
- UNI EN 12831:2006 “Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto”;
- UNI 10351:1994 “Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore”;
- UNI 10375: 1995 “Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti”;
- UNI EN 15251:2008 “Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica”;
- UNI 10339:1995 “Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d ‘offerta, l’ offerta, l’ ordine e la fornitura”;
- UNI EN ISO 7730:2005 “Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico”;
- Linee Guida “Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro. Requisiti e standard. Indicazioni operative e progettuali.” Coordinamento Tecnico per la sicurezza dei luoghi di lavoro di Regioni, Province autonome e ISPESL, 2006.

#### UTILIZZO DI FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI E SISTEMI IMPIANTISTICI EFFICIENTI

*Per contrastare gli ingenti impatti antropici sull’ambiente e sulla salute causati dalla produzione di energia, occorre limitare i consumi, perseguire l’efficienza dei sistemi impiantistici e produrre energia pulita da fonti rinnovabili.*

*Le scelte impiantistiche di un edificio (residenziale e non) dovranno in particolare essere pensate e progettate insieme alle scelte progettuali e costruttive al fine di ottimizzare le risorse e rendere realmente efficiente il bilancio energetico estivo e invernale garantendo al contempo il massimo comfort e la massima qualità indoor.*

*Quando possibile sarà importante utilizzare fonti energetiche rinnovabili, come richiede anche la normativa vigente sulla promozione dell'uso di Fonti di Energia Rinnovabili (FER), che pone l’obbligo di integrare le fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti. Per energia da fonti rinnovabili si intende quella eolica,*



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas.*

*In alternativa o in combinazione con le stesse dovranno inoltre essere previsti sistemi impiantistici a elevata efficienza.<sup>1</sup>*

### EFFETTI SULLA SALUTE

L'utilizzo di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili e sistemi impiantistici a elevata efficienza comportano una notevole riduzione delle emissioni inquinanti e dei conseguenti impatti sull'ambiente e sulla salute. I principali impatti si riferiscono in generale a: eutrofizzazione, acidificazione, riduzione dello strato di ozono extra-atmosferico, smog fotochimico, inquinamento dell'aria, del suolo e delle falde acquifere.

### INDICAZIONI

L'obiettivo è di limitare gli impatti antropici causati dalla produzione e la distribuzione di energia, incentivando l'impiego di fonti di energia rinnovabili e sistemi efficienti per il riscaldamento, il raffrescamento, l'illuminazione e la produzione di acqua calda.

I progetti degli edifici di nuova costruzione e i progetti di ristrutturazione degli edifici esistenti devono in particolare garantire che il fabbisogno di energia per la copertura dei consumi previsti per elettricità e calore, acqua calda sanitaria (ACS), riscaldamento e raffrescamento sia soddisfatto da impianti a Fonti Rinnovabili Localizzate (FERL) o anche da sistemi di cogenerazione/trigenerazione ad alto rendimento secondo le percentuali e i criteri minimi di integrazione stabiliti dalla normativa vigente.

Di seguito si riportano le principali tecnologie per la produzione di energia da Fonti Energetiche Rinnovabili Localizzate (FERL) e i principali sistemi impiantistici efficienti utilizzabili in ambito residenziale.

#### ***Impianti solari termici***

Il solare termico ha la funzione di riscaldare l'acqua calda sanitaria (ACS). L'installazione di impianti solari può essere semplice e conveniente in particolare negli edifici in cui la distribuzione dell'acqua calda è centralizzata o quando l'acqua calda è prodotta dalla medesima caldaia dell'impianto di riscaldamento.

L'orientamento ottimale dei collettori solari è verso il quadrante Sud con inclinazione intorno ai 30°; orientamenti a Est e a Ovest possono essere previsti solo se non esistono altre opzioni, mentre non sono efficaci orientamenti verso Nord. La localizzazione dei pannelli solari e dei relativi serbatoi dovrà tener conto della tipologia e dell'estetica del fabbricato oltre che del contesto paesistico circostante. Ad esempio nel caso di copertura inclinata i pannelli potranno essere collocati in aderenza alla copertura (modo retrofit) o integrati (modo strutturale). Nel caso di coperture piane, i pannelli e i serbatoi non dovrebbero essere visibili dal piano stradale sottostante. I serbatoi di accumulo dovrebbero, invece, essere posizionati all'interno degli edifici sfruttando i sottotetti o altri locali accessori.

#### ***Impianti fotovoltaici***

Gli impianti fotovoltaici producono energia elettrica e possono essere facilmente usati anche su coperture o su sistemi di ombreggiamento (coperture box, posteggi auto etc.). Oltre al preventivo accertamento sul fabbisogno energetico è indispensabile integrare l'impianto con il contesto:

- Nelle coperture inclinate i pannelli potranno essere collocati in aderenza o integrati;
- Nelle coperture piane non dovrebbero essere visibili dal piano stradale;



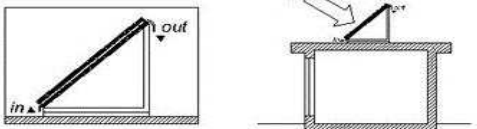

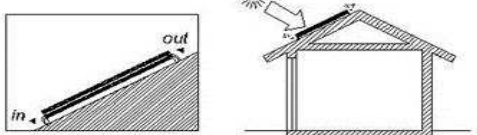
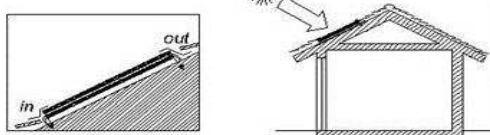


MANUALE DI APPROFONDIMENTO

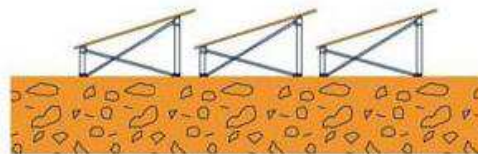
- In facciata dovrebbero essere integrati all'elemento tecnologico;
- Nelle coperture di pensiline per posti auto, pergolato etc. e nelle strutture di arredo urbano devono essere attentamente integrati al progetto. Per la salvaguardia delle risorse paesaggistiche, culturali e territoriali gli impianti fotovoltaici a terra devono occupare la minor superficie di suolo e produrre il minor impatto dal punto di vista percettivo.

È, inoltre, necessario porre attenzione alla minimizzazione del campo magnetico prodotto dal sistema e la posizione dell'inverter non deve essere in prossimità di luoghi con permanenza di persone superiore a 4 h giornaliere.

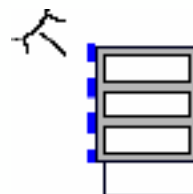
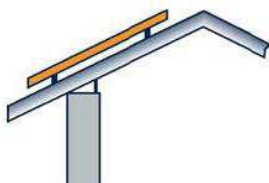
*Modalità di integrazione dei collettori solari termici e dei pannelli fotovoltaici negli edifici*

	<i>installazione a terra o su tetto piano</i>	<i>tetti con inclinazione insufficiente</i>
a)	 <p><i>basso grado di integrazione con la struttura - orientamento ottimale indipendente da quello dell'edificio</i></p>	 <p><i>basso grado di integrazione - per coperture a falde con insufficiente inclinazione rispetto al piano orizzontale ma orientamento corretto</i></p>
	<i>applicazione parallela alla copertura</i>	<i>integrazione nel manto di copertura</i>
b)	 <p><i>buon grado di integrazione - per coperture a falde con sufficiente inclinazione rispetto al piano orizzontale e orientamento corretto</i></p>	 <p><i>ottimo grado di integrazione - per coperture a falde con sufficiente inclinazione rispetto al piano orizzontale e orientamento corretto</i></p>

*a) Non integrato:* moduli ubicati al suolo, ovvero moduli collocati con modalità diverse da quelle descritte nella Tabella B, sugli elementi di arredo esterno, sulle superfici esterne degli involucri di edifici, di fabbricati e strutture edilizie di qualsiasi funzione e destinazione.



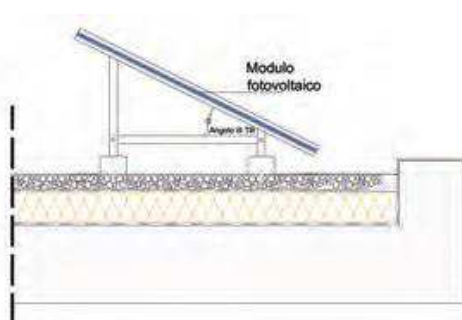
*b) Integrazione architettonica parziale:* moduli montati su coperture di edifici, balaustre, parapetti, facciate o componentistica di arredo urbano, come chioschi, pensiline per posti auto, pergole, tettoie etc., in modo complanare alla superficie di appoggio e senza la sostituzione dei materiali che la compongono. È indispensabile che l'inserimento dei pannelli non infici le caratteristiche estetiche e le funzionalità dell'involucro architettonico.



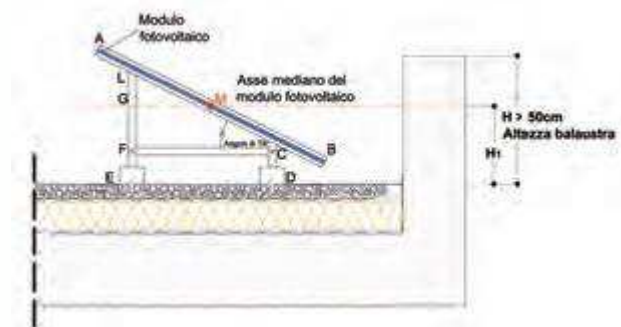


MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Nel caso di installazione dei pannelli su tetti piani o terrazze in modo non complanare alla superficie, può comunque essere riconosciuta la parziale integrazione, se, in presenza di elementi perimetrali (balastra o veletta), la massima altezza dei pannelli dal piano, misurata nell'asse mediano degli stessi, non supera l'altezza, misurata nel punto più basso, dell'elemento perimetrale. Il singolo pannello, dunque, non deve sporgere per più di metà della porzione più bassa dell'elemento perimetrale come evidenziato nel seguente disegno. In assenza di elementi perimetrali si ha integrazione parziale solo se l'installazione avviene sul piano stesso come previsto dal DM del 19/02/2007.



Non integrato



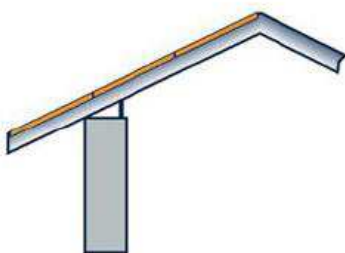
Parzialmente integrato

*c) Integrazione architettonica totale:* moduli integrati negli elementi di arredo urbano e viario, nelle superfici esterne degli involucri edilizi, al posto del materiale di rivestimento delle strutture con la medesima inclinazione e funzionalità architettonica o come elementi funzionalmente integrati nell'edificio.

Integrare significa cioè riuscire a equilibrare gli aspetti tecnici ed estetici dei componenti della tecnologia solare con quelli dell'involucro edilizio, senza compromettere le caratteristiche funzionali di entrambi.

I moduli fotovoltaici possono sostituire un materiale da costruzione convenzionale, diventando un componente attivo dell'involucro edilizio in grado di contribuire al risparmio di energia, ad esempio quando sono utilizzati:

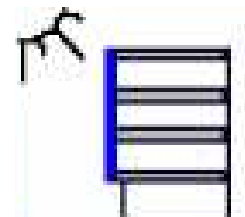
- In sostituzione del materiale di rivestimento delle coperture, delle facciate e dei parapetti di edifici;
- Come struttura di copertura di pensiline e tettoie;
- In sostituzione di lucernari o parti vetrate sulle coperture;
- Inseriti al posto di pannelli fonoassorbenti nelle barriere acustiche;
- Utilizzati in corpi illuminanti;
- Come struttura frangisole;
- Integrati negli infissi



Nella copertura



Come frangisole



In facciata



### ***Impianti a biomasse***

*Con il termine biomasse si intendono tutti quei materiali di natura organica, a base di carbonio, a esclusione dei materiali di origine fossile, petrolio, carbone, plastiche etc. Le biomasse utilizzabili per fini energetici comprendono quei materiali di origine vegetale che possono essere utilizzati direttamente come combustibili per le caldaie (residui della manutenzione dei boschi; potature di legnose agrarie - vigneti, oliveti e frutteti; potature del verde urbano; scarti della lavorazione del legno; scarti di materiale legnoso e vegetale; materiale ricavato dalle operazioni di manutenzione delle scarpate stradali, di ripulitura degli alvei fluviali; combustibili di origine vegetale, o biocombustibili, come oli vegetali, biodiesel; biogas prodotti da rifiuti organici processati attraverso digestori o il legname il cui calore prodotto dalla combustione viene trasformato in energia nobile).<sup>1</sup>*

La biomassa attraverso il processo di combustione genera energia termica che può essere usata direttamente per riscaldare oppure in impianti termo-elettrici per la produzione combinata di energia termica ed elettrica (vedi sistemi impiantistici efficienti).

Le caldaie a biomasse si suddividono in diverse categorie in base al tipo di combustibile legnoso utilizzato:

- Normale legna da ardere in ciocchi;
- Cippato;
- Pellets;
- Briquettes.

Per quanto riguarda la localizzazione degli impianti, si dovrà tener conto della tipologia e dell'estetica del fabbricato oltre che del contesto paesistico circostante.

Si dovrà inoltre tener conto che la combustione di biomassa presenta livelli medi di emissione superiori a quelli del gas naturale.

L'impatto della combustione della legna è maggiore in particolare per l'inquinante "benzo(a)pirene", un inquinante che notoriamente si forma in tutte le combustioni non strettamente sottoposte al controllo di alcuni parametri. Inoltre, il riscaldamento domestico a biomasse rappresenta una fonte rilevante di emissione di PTS, PM10 e PM2,5.

I fattori medi di emissione assegnano al caminetto aperto e alla stufa tradizionale il potenziale emissivo più elevato per le PM10, valori intermedi al caminetto chiuso, caldaie e stufe moderne ed emissioni minori alla stufa automatica a pellet (facendo uno stretto controllo della qualità del pellet medesimo).

Comportamenti sostenibili in relazione al possibile utilizzo di biomasse legnose non possono prescindere dal "cosa si brucia e come si brucia". È raccomandato di bruciare legna asciutta e stagionata da almeno due anni; usare pellet di buona qualità a basso contenuto di ceneri; la quantità di legna inserita nella camera di combustione deve essere adeguata alla sua dimensione; procedere all'accensione dall'alto, posizionando i pezzi in posizione verticale; effettuare regolari pulizie della canna fumaria e dell'apparato generatore. Chiaramente non si devono bruciare negli apparati domestici rifiuti quali plastiche, carta, imballaggi, giornali, riviste con stampe colorate, cartone, Tetra Pak, imballi, gommapiuma, legna verniciata e truciolato.

Difficile è il controllo in ambito domestico di queste azioni, peraltro vietate per legge, che ovviamente vanno a incidere considerevolmente sui livelli di inquinanti prodotti rispetto a quello che è presunto dalla combustione di prodotti legnosi vergini.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

### ***Impianti geotermici a bassa entalpia***

Gli impianti geotermici a bassa entalpia sfruttano l'energia contenuta sotto la superficie terrestre sottoforma di calore. Essa ha origine dal nucleo terrestre e si riduce progressivamente con l'avvicinarsi alla superficie. Le possibilità di sfruttamento dipendono dalla temperatura del sottosuolo e dalla profondità; indicativamente è disponibile un gradiente di 3°C/m100 di profondità. Gli impianti per l'edilizia sfruttano generalmente sorgenti termiche a profondità ridotte, e sono associati a pompe di calore. In sostanza si tratta di un ciclo frigorifero invertito che produce calore a bassa temperatura, tendenzialmente associato a dei terminali a pavimento. Il calore è prelevato da un sensore interrato a circa cm 60 di profondità (rete di serpentine invisibili e inalterabili, interrate in una zona del giardino) o da una sonda geotermica verticale (tubo interrato verticalmente nel terreno con una profondità che varia da 70 a 100 metri, per le abitazioni). Questi impianti non hanno nessun impatto estetico e possono essere installati in qualsiasi terreno ma è necessario salvaguardare le caratteristiche geotecniche e geotermiche del sottosuolo. In presenza di sensori interrati è possibile inerbire il terreno, coltivare aiuole e arbusti, ma non piantare alberi o usare materiali che impediscano lo scorrimento delle acque. Occorre, infatti, rispettare una distanza minima fra i sensori e gli elementi del sito:

- m. 2 per gli alberi;
- m.1,5 per i circuiti interrati non idraulici;
- m. 3 per fondazioni, pozzi, fosse settiche, scarichi etc.

Tutta la componente impiantistica deve essere localizzata all'interno dei locali esistenti (es: locali accessori, loc. centrali termiche etc.) e/o impattare il meno possibile con il paesaggio e l'ambiente. Per quanto riguarda gli scambiatori di calore, oltre che della situazione paesistica, si dovrà tener conto anche della tipologia e dell'estetica del fabbricato.

### ***Impianti eolici e mini eolici***

L'impianto eolico sfrutta la velocità del vento per produrre energia. L'energia cinetica del vento è trasformata in energia meccanica che aziona un generatore (aerogeneratore) per la produzione di energia elettrica. Per l'ambito residenziale esistono piccoli ed efficienti rotor, con potenza compresa tra i 20 kW e i 200 kW (mini eolico), o con potenza inferiore a 20 kW (micro eolico). I sistemi eolici di piccola taglia presentano numerosi aspetti positivi, tra cui l'irrilevante occupazione di territorio, la bassa velocità di "cut in" (velocità del vento alla quale il generatore comincia a produrre energia elettrica), e il fatto che possono essere installati in zone rurali. Il loro impatto ambientale è, infatti, molto limitato. Tuttavia quando sono installati in prossimità delle utenze, occorre valutare l'eventuale l'impatto acustico e occorre effettuare una scelta ponderata del modello di turbina e del luogo d'installazione.

### ***Sistemi impiantistici efficienti***

Oltre alla produzione di energia da fonte rinnovabile esistono sul mercato diverse tipologie di produzione, distribuzione ed emissione dell'energia termica che possono conferire un notevole risparmio energetico. A questi, si aggiungono altre strategie tecnologiche legate all'aerazione (vedi articolo Ventilazione naturale e sistemi di ventilazione meccanica controllata) e alla gestione degli impianti, in grado di soddisfare il comfort con minori sprechi (vedi articolo Gestione integrata dell'edificio).

Per il sistema di produzione di energia in ambito residenziale, ricordiamo i sistemi con un maggiore rendimento quali la cogenerazione (produzione di energia termica ed elettrica insieme) e le caldaie a condensazione (che recuperano il calore dai fumi).

Per la distribuzione ricordiamo, invece, il sistema di teleriscaldamento urbano o, a livello edilizio, i pannelli radianti a pavimento a parete o a soffitto: possono funzionare a medio/bassa temperatura, permettono sia il riscaldamento sia il raffrescamento. Tali sistemi risultano particolarmente



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

efficienti se abbinati a caldaie a condensazione o a pompe di calore. Il teleriscaldamento in particolare è un sistema che, abbinato a una centrale di produzione di energia termica (termovalorizzazione, centrali a gas, ecc. a scala urbana o di isolato), produrrà meno impatti rispetto alle diverse caldaie che sarebbero utilizzate in ciascun edificio. Basti pensare al termovalorizzatore e alla relativa rete di teleriscaldamento di Brescia o alla nuova centrale di cogenerazione Iren che, tramite teleriscaldamento, serve tutta Torino NORD.

Tra le altre strategie ricordiamo, invece, il recuperatore entalpico di calore (sistemi di VMC con recuperi di calore visti precedentemente) e i sistemi impiantistici di gestione automatica dei parametri energetici a scala edilizia (Building Automation).

### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- D.Lgs. 115/2008 “Efficienza degli usi finali dell’energia e i servizi energetici”;
- D.Lgs. 192/2005 “Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico degli edifici” e s.m.i.;
- D.Lgs. 28/2011 “Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE”;
- D.Lgs. 387/2003 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”;
- DL 311/2006 “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell’edilizia”;
- DM 10/2010 “Linee guida per l’autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili”;
- DM 19/2007 “Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell’art. 7 del D.Lgs. 387/2003”;
- DM 28 luglio 2005 “Criteri per l’incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare”;
- DM 37/2008 “Regolamento per il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici”;
- DPR 380/2001 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia” e s.m.i.;
- DPR 412/1993 “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, c. 4, della L 10/1991”;
- DPR 59/2009 “Regolamento di attuazione dell’art. 4, c. 1, lettere a) e b) del D.Lgs. 192/2005, concernente «Attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia»;
- L 10/1991 “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”;
- L 239/2004 “Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia”;
- L 896/1986 “Disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche”;
- Regolamento (UE) N. 305 del 9 marzo 2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE.

## ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE E RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*L'International Dark Sky Association (IDA) denomina inquinamento luminoso qualunque alterazione della quantità naturale di luce presente di notte nell'ambiente esterno, al di fuori dagli spazi che è necessario illuminare, dovuta a immissione di luce di cui l'uomo è responsabile.*

*In generale, l'inquinamento luminoso è una sorta di disturbo della percezione visiva dovuto alla dispersione di parte del flusso luminoso, emesso da una sorgente artificiale, che oltrepassa l'area da illuminare assegnata al sistema (funzionalità). Il flusso luminoso disperso, è rappresentato da quella percentuale di luce diffusa a causa di un'inadeguata scelta delle ottiche o di un errato posizionamento delle apparecchiature di illuminazione. La luce artificiale, inquinando il cielo, contribuisce a incrementare la sua naturale brillantezza per effetto dei fenomeni di dispersione (scattering) provocati dalle particelle sospese nell'atmosfera terrestre, ostacolando così l'osservazione dei corpi celesti.<sup>1</sup>*

### EFFETTI SULLA SALUTE

L'inquinamento luminoso ha molteplici effetti negativi in ambito culturale, artistico, scientifico ed ecologico (l'illuminazione notturna ha sicuramente un effetto negativo sull'ecosistema circostante in quanto flora e fauna vedono modificati il loro ciclo naturale "notte giorno"). L'esposizione alla luce durante la notte (LAN - Light at Night), ha inoltre effetti negativi sulla salute umana, determinando un'alterata secrezione di melatonina da parte della ghiandola pineale con efficacia diversa secondo la lunghezza d'onda della radiazione luminosa e dell'intensità della stessa. La luce "blu", quella con lunghezza d'onda più bassa nell'ambito dello spettro visibile, è quella che ha maggior impatto sulla riduzione della secrezione di melatonina, con picco di soppressione per lunghezze d'onda comprese tra 440-500nm (Hollan, 2004). La melatonina svolge un ruolo fondamentale nella modulazione dei ritmi circadiani e dunque un'alterazione nella sua fisiologica secrezione può indurre disturbi del sonno; è inoltre un importante antiossidante e oncostatico e, in effetti, la sua deplezione è stata ipotizzata come causa dell'aumentata incidenza di neoplasie mammarie nelle donne che lavorano in turno di notte (Navara 2007; Schernhammer 2006; Falchi 2011). La luce blu, inoltre, è proprio quella che genera un maggior inquinamento luminoso, essendo diffusa dalle molecole dell'atmosfera a causa della sua lunghezza d'onda in misura molto superiore rispetto alla luce giallo- arancio (quale quella delle lampade al sodio); parimenti questa tipologia di luce può causare danno retinico di natura fotochimica soprattutto in soggetti intensamente esposti (come alcune categorie professionali) o particolarmente sensibili, quali i bambini (il cui cristallino, soprattutto prima degli 8 anni di età, filtra poco la luce blu), le persone prive del cristallino naturale, i pazienti che assumono farmaci fotosensibilizzanti. L'Agenzia nazionale per la sicurezza sanitaria dell'alimentazione dell'ambiente e del lavoro francese (ANSES), nel rapporto del 2010 raccomanda che la luce a forte componente blu non sia utilizzata negli ambienti destinati all'infanzia. Per tutti questi effetti negativi l'abbattimento dell'inquinamento luminoso è stato individuato da istituzioni importanti come l'American Medical Association (Risoluzione 516, 2009) come tema rilevante in termini di salute pubblica, oltre che come fonte importante di risparmio di energia.

### INDICAZIONI

Dunque per limitare al massimo l'inquinamento luminoso e i consumi energetici occorre limitare la luce non necessaria.

Caratteristiche tecniche di alcune tipologie di lampade classificate secondo ILCOS (IEC 1231)				
	<i>Qe - 125</i> (Vapori di Mercurio)	<i>Mt - 70</i> (alogenuri Metallici)	<i>st - 70</i> (sodio alta pressione)	<i>Is - 55</i> (sodio Bassa pressione)
Colore della luce	bianca	bianca	arancione	arancione intenso



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

<b>Flusso luminoso (lm)</b>	6200	6300	6500	8100
<b>Efficienza luminosa</b>	56	88	132	150
<b>Luminanza (cd/mq)</b>	10	1350	500	10

Questi dati mostrano come l'efficienza luminosa delle lampade al sodio e agli alogenuri metallici sia più elevata, addirittura tripla, delle lampade al mercurio, cioè a parità di lumen emessi, lampade al sodio e alogenuri metallici consumano un terzo dell'energia.

### ***Illuminazione esterna***

Per evitare che si generino flussi nell'emisfero superiore i lampioni stradali dovrebbero essere costituiti da pali dritti e alloggiare lampade orientate parallelamente alla superficie da illuminare e non superare un'emissione di 0 cd/klm a 90° e oltre. A tale fine, in genere, le lampade devono essere allocate nel vano ottico superiore dell'apparecchio stesso. Le lanterne e similari devono assicurare un'emissione massima non superiore a 10cd/klm a 90°, a 0,5 cd/klm a 120° e 0 cd/klm a 130° e oltre.

Negli impianti esistenti è richiesto l'adeguamento a tali standard, da attuarsi attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti (lampade al sodio di potenza adeguata in sostituzione di quelle ai vapori di mercurio), dei vetri di protezione, dei cablaggi elettrici e dell'eventuale schermatura dell'emisfero superiore.

### ***Dispositivi che permettono il controllo dei consumi di energia***

- 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 raccomandato 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 dispositivi 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,
- Tele-gestione per il controllo, il comando e la regolazione degli impianti dei singoli alloggi.

### ***Sistemi di riduzione dell'illuminazione***

I riduttori di flusso come i cablaggi bi-potenza, sebbene mantengano accesi tutti i punti luce, ne abbassano la potenza e di conseguenza riducono i consumi (fino al 30-40% l'anno), prolungano la vita delle lampade diminuendo così anche le spese di manutenzione. L'iniziale costo elevato di tali impianti è ammortizzabile nel giro di 2/3 anni.

### ***Tipologie di lampade ed elementi impiantistiche***

I lampioni stradali devono essere totalmente schermati (full cut-off), con vetro piano e trasparente. Per i lampioni già installati si possono montare schermi per ridurre la dispersione della luce verso l'alto. Evitare le coppe di protezione piane il cui materiale tende a ingiallire con il tempo perdendo efficienza (policarbonati stabilizzati agli UV e no). Il vetro deve essere piano e orizzontale altrimenti sono illuminati anche i palazzi e si disperde la luce, i pali devono essere dritti testa-palo o



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

a mensola. Per i pali degli impianti esistenti si può rimediare portando il corpo illuminante a un'inclinazione vicina a 0°. I classici lampioni a coppa sporgente in vetro o policarbonato disperdono il 2-6% della luce verso l'alto; la dispersione si accentua quando il lampione è inclinato rispetto al piano di calpestio, raggiungendo punte del 10-15%.

Devono essere usate lampade ad alta efficienza, cioè quelle al sodio sia a bassa sia ad alta pressione. Si devono usare i riduttori di flusso, i cablaggi bipotenza, i dispositivi e gli orologi parzializzatori dopo le ore 23 (o le 24 nel periodo estivo).

Le *lanterne* (ottiche aperte, ornamentali, residenziali) devono avere l'ottica con controllore di flusso (es. parabola interna), vetro di protezione perfettamente trasparente e non diffondente o traslucido perché non ci sarebbe un buon controllo del flusso. L'armatura non deve avere parti che riflettano la luce verso l'alto. Le lampade al risparmio devono essere al sodio con luce arancione con potenze massime di 70-100 W e, per impianti piccoli, elettroniche a basso consumo con luce bianca con potenze massime di 15-25 W. È opportuno prevedere dispositivi per ridurre i consumi come quelli già citati per i lampioni. È importante che la lampadina sia incorporata nel cappello superiore della struttura.

I *proiettori* dovrebbero avere un'ottica asimmetrica o a fascio concentrante, dotati di schermature e/o inclinazioni tali da evitare la dispersione di luce al di fuori delle aree designate oltre angoli di 90°, comunque non oltre il 5%, il flusso luminoso emesso dai corpi illuminanti.

Le *torri-faro* devono avere un'ottica asimmetrica con inclinazione di 0°. Per l'illuminazione di piccoli soggetti (a es. statue) usare proiettori a fascio concentrato (spot). Per l'illuminazione di edifici o monumenti devono essere privilegiati sistemi d'illuminazione dall'alto verso il basso. Quando non è possibile evitare la dispersione è opportuno montare schermi sulla parte superiore dell'impianto. È raccomandato l'uso di lampade al sodio e di dispositivi di riduzione e/o spegnimento della luce.

Le *insegne luminose* devono essere illuminate dall'alto verso il basso qualora non siano dotate di illuminazione propria. Nel caso in cui siano dotate di illuminazione propria, non possono superare un flusso totale emesso di 4500 lumen, anche se costituite da tubi di neon nudi e dovranno essere incassate o protette con appositi dispositivi atti a limitare la dispersione di luce verso l'alto (paraluce schermante orizzontale lungo quanto l'insegna e profondo una volta e mezza la profondità dell'insegna stessa o comunque schermatura mediante una soluzione illuminotecnica e architettonica equivalente).

*Flusso luminoso.* Il flusso luminoso rappresenta la quantità di luce o energia raggiante emessa da una sorgente nell'unità di tempo:  $F = Q / t = \text{quantità di luce/tempo}$  da cui si deduce che il flusso luminoso è una potenza (energia diviso tempo). L'unità di misura del flusso luminoso è il lumen (lm) che corrisponde al flusso luminoso emesso da una sorgente di luce puntiforme di intensità (I) pari a una candela (cd) e uscente dalla superficie di un metro quadrato di superficie sferica con raggio pari a un metro (steradiante).

*Efficienza luminosa* (delle lampade). L'efficienza luminosa è pari al rapporto fra il flusso luminoso (lm) emesso da una sorgente luminosa e la potenza elettrica assorbita (watt, W):  $E = F/P$ . L'efficienza luminosa si misura in lm/W; essa è una funzione variabile con il tipo di lampada.

## RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- DRT n.815 del 27.08.2004 Delibera del consiglio Regionale n. 2904 scheda n.17 Programma di finanziamento in tema di eco efficienza energetica;
- LR 11/2011;
- LRT 39/2005 “Disposizioni in materia di energia”;
- LRT 37/2000 “Norme per la prevenzione dell’inquinamento luminoso”;
- DGRT 962/2004 “Approvazione linee guida per la progettazione, l’esecuzione e l’adeguamento degli impianti di illuminazione esterna”;
- Regolamento Locale d’Igiene (RLI);
- UNI EN 13201 “Illuminazione stradale”;
- UNI EN 1838 “Applicazione dell’illuminotecnica. Illuminazione di emergenza”;
- UNI 11248 “Illuminazione stradale”;
- DIN 5044 “Semafori fissi. Illuminazione di strade per il traffico dei veicoli a motore”;
- CEI 64-7 “Impianti elettrici di illuminazione pubblica”;
- CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”.

## CAPO IV - GESTIONE E TUTELA DELLE ACQUE

### TUTELA DELLA RISORSA IDRICA: RIDUZIONE DEI CONSUMI, DEPURAZIONE E RIUTILIZZO DEI REFLUI

*La disponibilità mondiale pro capite di acqua dolce è in costante diminuzione, a fronte di una richiesta in costante aumento per la crescita globale della popolazione, per gli effetti del cambiamento climatico e per le nuove richieste delle economie emergenti. Secondo il Rapporto WWF 2014, l’Italia ha un consumo d’acqua superiore al 25% di quello della media UE e del 66% rispetto alla media mondiale.*

*Ciò nonostante, la disponibilità idrica italiana (7.000 litri procapite/giorno) è insufficiente a soddisfare il fabbisogno dell’8,5% della popolazione al Nord, del 18% al Centro e del 78% al Sud. Dei 70 miliardi di m<sup>3</sup>/anno utilizzati in Italia, l’85% è utilizzato per l’agricoltura e gli allevamenti, l’8% per l’industria e il 7% (250 litri pro-capite/giorno) per gli usi domestici.*

*Nonostante il basso consumo domestico rispetto agli altri usi, l’obiettivo del risparmio idrico si pone anche nell’edificio residenziale. Nelle abitazioni i consumi sono dovuti per il 50% all’uso dello sciacquone, della vasca e della doccia, il 32% al lavaggio di biancheria e stoviglie, il 10% al lavaggio e cottura alimenti, il 6% per usi esterni e l’1-2% come bevanda.*

*Al fine di preservare la risorsa acqua è dunque importante adottare strategie e sistemi di riduzione dei consumi e di recupero delle acque usate (cfr. scheda Tutela della risorsa idrica: riduzione dei consumi, depurazione e riutilizzo dei reflui).*

*Oltre al problema quantitativo dell’acqua e quindi del suo risparmio, nell’ambito domestico vi è pure quello qualitativo della sua sicurezza. Di solito si ritiene che la conformità alle norme di sicurezza sia ottemperata quando il rifornimento all’edificio avviene tramite rete pubblica, considerando questa modalità di approvvigionamento sufficiente a garantire una buona qualità dell’acqua anche all’interno dell’edificio e sottovalutando la possibilità di una contaminazione microbiologica e chimica dovuta a carenze strutturali, funzionali e gestionali delle reti interne. E’ pertanto necessario tenere conto di tali rischi nella progettazione, costruzione, ristrutturazione, manutenzione e gestione degli edifici, adottando misure di prevenzione e controllo.<sup>1</sup>*

### EFFETTI SULLA SALUTE



I rischi sanitari connessi all'acqua destinata al consumo umano sono numerosi e dipendono sia dalla scarsa disponibilità di tale risorsa, che dalla scarsa qualità. L'acqua può determinare patologie acute e croniche, che coinvolgono diversi organi e apparati, in base alla natura dell'agente/i coinvolto/i (biologici, chimici o fisici). Per tale ragione l'OMS, dalla fine degli anni '50, ha elaborato periodicamente linee guida indirizzate a definire i criteri di qualità di detta risorsa.

Nel 2008 l'OMS ha pubblicato le "Linee guida per la qualità dell'acqua potabile".

La sanità pubblica, secondo l'OMS, ha il compito di ridurre e controllare i rischi che possono essere associati a una progettazione non adeguata e/o a una cattiva gestione dei sistemi idrici negli edifici, rischi derivanti dalla contaminazione da microrganismi patogeni e da sostanze chimiche.

## INDICAZIONI

### *Depurazione*

Le acque di scarico che si originano da un insediamento abitativo possono rappresentare una fonte di inquinamento delle acque superficiali e sotterranee presenti nel sito di intervento, creare disagio e/o dare origine a maleodoranze. Esse, pertanto, devono essere trattate allo scopo di evitare qualsiasi inconveniente ambientale e, meglio ancora, per essere riutilizzate, risparmiando così la risorsa idrica.

Gli interventi che prevedono il trattamento in situ delle acque reflue sono spesso maggiormente ecosostenibili (benché abbiano lo svantaggio di richiedere un'attenta conduzione), rispetto all'allacciamento alla pubblica fognatura, poiché consentono di:

- Restituire sostanze nutrienti a livello locale chiudendo all'interno delle aree di produzione i cicli di alcuni nutrienti come azoto e fosforo;
- Recuperare le acque in uscita dagli impianti di depurazione per utilizzarle per scopi secondari, chiudendo così il ciclo dell'acqua con notevole risparmio delle acque provenienti dall'acquedotto.

Una soluzione "convenzionale" è rappresentata dall'allacciamento alla pubblica fognatura, secondo il regolamento fissato dal gestore del servizio idrico e dall'Autorità di Ambito Territoriale Ottimale per le acque. Tuttavia, è importante che la quantità scaricata in fognatura sia ridotta al minimo e che siano invece attuati i recuperi/riutilizzi per gli usi abitativi.

Può essere conveniente realizzare l'allacciamento alla fognatura esistente a una distanza di oltre 50 metri qualora l'insediamento abbia le caratteristiche di "agglomerato", così come definito dall'art. 74 del D.Lgs. 152/2006.

In alcune situazioni l'allacciamento alla fognatura può richiedere la realizzazione di collettori di collegamento o di pompaggio, poco sostenibili da un punto di vista ambientale ed economico. In questi casi ci si può orientare verso soluzioni diverse (anche con scarico idrico al di fuori della pubblica fognatura) valutando di volta in volta quelle più idonee.

Nel caso di scarico idrico al di fuori della fognatura pubblica la scelta della tipologia di impianto di depurazione deve essere attentamente ponderata per ogni singolo caso, poiché i fattori che la influenzano non sono genericamente parametrizzabili. Le tecniche che comunque possono essere considerate maggiormente "sostenibili" sono di seguito riportate e brevemente descritte, tenendo presente che in generale ogni sistema di trattamento ha bisogno di pretrattamento o trattamento primario (vasche di sedimentazione bi o tricamerale, fosse Imhoff, pozzetti degrassatori sulla linea delle acque grigie etc.).

### *Fitodepurazione*

L'applicazione di sistemi naturali costruiti (Constructed Wetlands) per il trattamento delle acque reflue rappresenta ormai una scelta ampiamente diffusa nella maggior parte del mondo. Molteplici





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

attività di ricerca sono state effettuate in vari paesi da Enti e Università, che hanno sperimentato impianti pilota e in scala reale e individuato modelli e cinetiche di processo, utilizzando i dati ottenuti nei monitoraggi, che tengono conto delle condizioni climatiche delle aree d'intervento, delle diverse tipologie di refluo trattate e delle scelte impiantistiche adottate.

Le aree umide artificiali offrono, infatti, un maggior grado di controllo, permettendo una precisa valutazione della loro efficacia sulla base della conoscenza della natura del substrato, delle tipologie vegetali e dei percorsi idraulici. Oltre a ciò le zone umide artificiali offrono vantaggi aggiuntivi rispetto a quelle naturali, come ad esempio la scelta del sito, la flessibilità nel dimensionamento e nelle geometrie e, più importante di tutto, il controllo dei flussi idraulici e dei tempi di ritenzione.

In questi sistemi gli inquinanti sono rimossi da una combinazione di processi chimici, fisici e biologici, tra cui la sedimentazione, la precipitazione, l'assorbimento, l'assimilazione da parte delle piante e l'attività microbica sono quelli più efficaci.

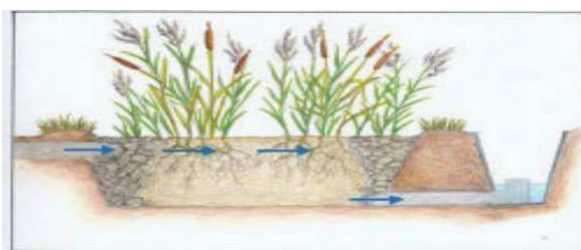
Le tecniche di fitodepurazione possono essere classificate in base alla forma prevalente di vita delle macrofite che sono utilizzate:

1. Sistemi a macrofite galleggianti (Lemna, Giacinto d'acqua etc.);
2. Sistemi a macrofite radicate sommerse (Elodea etc.);
3. Sistemi a macrofite radicate emergenti (Fragmiti, Tife etc.);
4. Sistemi multistadio (combinazioni delle tre classi precedenti tra loro o con interventi a bassa tecnologia come, ad esempio, i lagunaggi o i filtri a sabbia).

I sistemi a macrofite radicate emergenti possono essere ulteriormente classificate in base al cammino idraulico delle acque reflue:

- Sistemi a flusso superficiale (FWS: Free Water System);
- Sistemi a flusso sommerso orizzontale (SFS-h o HF: Subsurface Flow System - horizontal);
- Sistemi a flusso sommerso verticale (SFS-v o VF: Subsurface Flow System - vertical).

I sistemi di fitodepurazione SFS-h o HF (flusso sommerso orizzontale) sono costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare un'adeguata conducibilità idraulica (i mezzi di riempimento comunemente usati sono sabbia, ghiaia, pietrisco); tali materiali inerti costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante emergenti (sono comunemente utilizzate le cannuce di palude o *Phragmites australis*); il fondo delle vasche deve essere opportunamente impermeabilizzato facendo uso di uno strato di argilla, possibilmente reperibile in loco, in idonee condizioni idrogeologiche, o, come più comunemente accade, di membrane sintetiche (HDPE o LDPE); il flusso di acqua rimane costantemente sotto la superficie del vassoio assorbente e scorre in senso orizzontale grazie ad una leggera pendenza del fondo del letto (0,5-5%) ottenuta con uno strato di sabbia sottostante il manto impermeabilizzante.



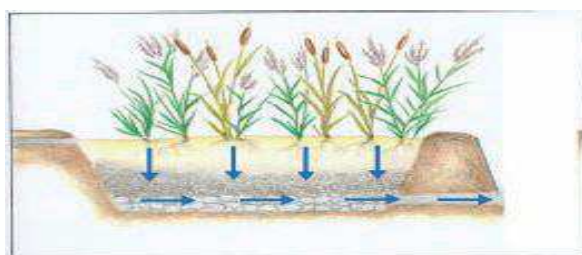
*Sistemi di Fitodepurazione a Flusso Sommerso Orizzontale (HF)*

Durante il passaggio dei reflui attraverso la rizosfera delle macrofite, la materia organica è decomposta dall'azione microbica, l'azoto è denitrificato, se alla presenza di sufficiente contenuto organico, il fosforo e i metalli pesanti sono fissati per assorbimento sul materiale di riempimento. I contributi della vegetazione al processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

un'efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera, sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione di un'alternanza di zone aerobiche, anossiche e anaerobiche con conseguente sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto. I sistemi a flusso sommerso assicurano una buona protezione termica dei liquami nella stagione invernale, specie nel caso si possano prevedere frequenti periodi di copertura nevosa o di gelate, ed evitano la proliferazione di insetti che una superficie d'acqua favorirebbe soprattutto nel periodo primaverile-estivo.



*Sistemi di fitodepurazione a flusso sommerso verticale (VF)*

La configurazione di questi sistemi è del tutto simile a quelli a flusso sommerso orizzontale. La differenza consiste nel fatto che il refluo da trattare scorre verticalmente nel medium di riempimento (percolazione) ed è immesso nelle vasche con carico alternato discontinuo, mentre nei sistemi HF si ha un flusso a pistone, con alimentazione continua.

Questa metodologia con flusso intermittente (reattori batch) implica normalmente l'impiego di un numero minimo di due vasche in parallelo per ogni linea, che funzionano a flusso alternato, in modo da poter regolare i tempi di riossigenazione del letto variando frequenza e quantità del carico idraulico in ingresso, mediante l'adozione di dispositivi a sifone autoadescante opportunamente dimensionati o di pompe elettriche.

Le essenze impiegate sono le medesime dei sistemi a flusso orizzontale. Il medium di riempimento si differenzia invece dai sistemi a flusso orizzontale poiché non si utilizza una granulometria costante per tutto il letto, ma si dispongono alcuni strati di ghiaie di dimensioni variabili, partendo da uno strato di sabbia alla superficie per arrivare allo strato di pietrame posto sopra al sistema di drenaggio sul fondo. Questi sistemi, ancora relativamente nuovi nel panorama della fitodepurazione, ma già sufficientemente validati, hanno la prerogativa di consentire una notevole diffusione dell'ossigeno anche negli strati più profondi delle vasche e di alternare periodi di condizioni ossidanti a periodi di condizioni riducenti.

I tempi di ritenzione idraulici nei sistemi a flusso verticale sono abbastanza brevi; la sabbia superficiale diminuisce la velocità del flusso, il che favorisce sia la denitrificazione sia l'assorbimento del fosforo da parte della massa filtrante.

I fenomeni di intasamento superficiale, dovuti al continuo apporto di solidi sospesi, sono auspicati per un primo periodo, poiché favoriscono la diffusione omogenea dei reflui su tutta la superficie del letto, mentre devono essere tenuti sotto controllo nel lungo periodo per evitare formazioni stagnanti nel sistema. Le esperienze estere su tali sistemi mostrano comunque che non si rilevano fenomeni di intasamento quando si utilizza un'alimentazione discontinua inferiore al carico idraulico massimo del sistema con frequenza costante e quando si ha adeguato sviluppo della vegetazione (l'azione del vento provoca, infatti, sommovimenti della sabbia nella zona delle radici e intorno al fusto, contrastando i fenomeni occlusivi) e soprattutto si rispettano dei limiti superiori nel carico organico giornaliero per unità di superficie irrorata.

Di seguito si riportano alcuni requisiti indispensabili per i sistemi di fitodepurazione:



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Devono essere predisposti a monte idonei sistemi di pre-trattamento (grigliette per la separazione dei solidi grossolani, degrassatori- disoleatori, fosse settiche tricamerale o Imhoff);
- Il sistema deve essere completamente impermeabilizzato tramite membrane sintetiche di spessore e caratteristiche di resistenza adeguate per evitare l'infiltrazione di acque non depurate nel sottosuolo;
- Le essenze vegetali utilizzate devono appartenere al tipo "macrofite radicate emergenti"; la profondità delle vasche dipende dalla profondità dell'apparato radicale dell'essenza vegetale scelta;
- Il medium di riempimento da utilizzare è costituito da ghiaie e sabbie di cui si devono conoscere le caratteristiche granulometriche;
- E' da evitare nel modo più assoluto l'utilizzo di terreno vegetale, torba o altro materiale con conducibilità idraulica minore di 1000 m/g;
- Nei sistemi HF:
  - E' da evitare l'utilizzo di materiale di diversa granulometria nel senso perpendicolare al flusso;
  - Il sistema di alimentazione e il sistema di uscita devono essere tali da garantire l'uniforme distribuzione del refluo sulla superficie trasversale ed evitare la formazione di cortocircuiti idraulici;
  - Il refluo deve scorrere sotto la superficie superiore del letto e non risalire in superficie;
- Nei sistemi VF:
  - Lo strato di sabbia deve essere almeno 30 cm;
  - Il sistema di alimentazione deve essere tale da garantire l'uniforme distribuzione del refluo sulla superficie superiore del letto;
  - Nel sistema di alimentazione deve essere garantita una pressione nominale di 3 atm;
  - Il fondo del letto deve essere aerato tramite circolazione naturale dell'aria.

### ***Sub-irrigazione***

La sub-irrigazione costituisce parte del trattamento di affinamento del refluo per mezzo dell'ossidazione e della digestione garantita dal suolo stesso.

La sua ammissibilità è subordinata a una precisa conoscenza della vulnerabilità delle falde acquifere sottostanti al punto di scarico, della morfologia dell'area e delle sue caratteristiche geotecniche e di particolari condizioni locali. Essa non è indicata in aree con suoli a bassa permeabilità idraulica, come ad esempio in presenza di argille, mentre è vietata nelle aree di vulnerabilità degli acquiferi di grado "elevato" e "molto elevato" secondo la documentazione in possesso del Comune e/o della Provincia.

La trincea di sub-irrigazione è dimensionata e realizzata conformemente alle prescrizioni dell'Allegato 2 al DPGR 46/R/2008.

Le normative e la letteratura scientifica consigliano, a fronte di una scarsa permeabilità, 10 metri lineari di tubazione disperdente per AE, dopo trattamento primario tramite fossa settica in cui notoriamente si raggiungono abbattimenti del carico organico dell'ordine del 20-25% e dei solidi sospesi dell'ordine del 60%. Può anche essere "fitoassistita", intendendo con questo termine il ricorso alla piantumazione di essenze vegetali apposite per limitare precoci intasamenti.

Secondo il DPGR 46/R/2008 essa può essere applicata a scarichi di potenzialità fino a 100 AE. Nonostante ciò si ritiene che questa applicazione sia difficilmente attuabile, infatti, considerando una media di 4 m/AE e uno scarico di 100 AE risulterebbe una rete disperdente di 400 metri.

Appare pertanto opportuno limitare questo sistema di depurazione a scarichi inferiori ai 50 AE.

In generale questa tipologia di trattamento secondario è normalmente utilizzata solo per abitazioni con scarichi idrici relativi a 10-15 persone.



### ***Sub-irrigazione con drenaggio***

In caso di terreni impermeabili è possibile attuare una percolazione nel terreno mediante sub-irrigazione con drenaggio. L'allegato 2 del citato DPGR riporta le principali indicazioni per la sua realizzazione.

### ***MBR (Membrane Biological Reactor)***

Le acque reflue, già pretrattate con fossa Imhoff o fossa settica (eventuale griglia) e con pozzetti degrassatori, sono sottoposte a ossidazione biologica e successivamente a separazione su membrana. Questa sostituisce la sedimentazione secondaria e, al contempo, migliora nettamente la qualità delle acque normalmente scaricate da un depuratore a ossidazione biologica. La membrana permette di realizzare una depurazione ancora più spinta rispetto al solo sistema ossidativo grazie ad un processo di ultrafiltrazione: date le dimensioni dei micropori, tutte le sostanze e i microrganismi aventi dimensioni maggiori non possono attraversare la membrana. Il filtrato è quindi raccolto in una camera e da qui allontanato periodicamente come rifiuto.

Esistono due tipi di MBR secondo la collocazione delle membrane: bioreattore a membrana immersa (nella vasca di ossidazione) e bioreattore a membrana a circolazione esterna.

Tali sistemi, una volta impostato il ciclo di trattamento, funzionano in modo completamente automatico; le operazioni di manutenzione devono essere fatte periodicamente da tecnici specializzati (in genere è la stessa ditta che fornisce il prodotto a occuparsene). I costi di gestione variano da modello a modello, ma non sono trascurabili poiché dipendono dai fanghi che si producono (e che vanno smaltiti), dall'energia elettrica consumata e dai costi di sostituzione della membrana. In generale si tratta di sistemi particolarmente indicati nel caso di riutilizzo delle acque reflue.

### ***SBR (Sequencing Batch Reactor)***

Come i reattori a membrana, anche gli SBR rappresentano una soluzione tecnologica compatta che si è dimostrata molto adatta per il trattamento delle acque grigie. Questi sono reattori a fanghi attivi, a flusso discontinuo e a fasi sequenziali che, però, avvengono tutte nella stessa camera, secondo dei cicli temporali pre-stabiliti, impostabili tramite una centralina di controllo. A monte del sistema SBR è necessaria una vasca di stoccaggio dalla quale prelevare una parte di refluo per sottoporlo a ossidazione biologica, sedimentazione e scarico. terminate queste fasi, il refluo accumulatosi nel frattempo nell'apposita vasca, è prelevato e immesso nel reattore per l'inizio di un nuovo ciclo di depurazione.

Anche i sistemi SBR, una volta impostato il ciclo di trattamento, funzionano completamente in automatico; le operazioni di manutenzione devono essere fatte periodicamente da tecnici specializzati (in genere è la stessa ditta che fornisce il prodotto a occuparsene). I costi di gestione variano da modello a modello, ma non sono trascurabili poiché dipendono dai fanghi che si producono (e che vanno smaltiti) e dall'energia elettrica utilizzata. A questi si devono aggiungere i costi di sostituzione periodica di una lampada UV, generalmente richiesta come fase finale di trattamento per l'abbattimento della carica batterica.

### ***Filtri percolatori***

Rispetto agli impianti a fanghi attivi i filtri percolatori presentano il grande vantaggio che i consumi di energia sono molto ridotti, poiché l'aerazione avviene per effetto di tiraggio naturale, e praticamente nulli se l'impianto può funzionare per caduta naturale. Altro vantaggio dei filtri percolatori consiste nel fatto che, poiché i microrganismi che provvedono alla depurazione sono saldamente ancorati al materiale di supporto, sono evitati quei pericoli di "dilavamento" delle



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

popolazioni batteriche in conseguenza di eccessivi carichi idraulici, assai temibili negli impianti a fanghi attivi (fenomeni di bulking filamentoso e/o foaming).

Inoltre hanno una buona capacità di riprendersi rapidamente da punte improvvise di carico organico.

Il filtro percolatore è, di norma, costituito da una vasca in cui è presente materiale di riempimento, attraverso cui il liquame, precedentemente chiarificato e distribuito sulla superficie, percola per ruscellamento sui supporti, fino a essere raccolto da un sistema di drenaggio realizzato sulla platea di fondo. Il liquame può essere alimentato per caduta diretta, laddove la morfologia del terreno lo consenta, o per sollevamento tramite stazione di pompaggio.

Le perdite di carico sono sempre considerevoli e molto più elevate di quelle di altri trattamenti biologici; nel circuito di alimentazione le perdite di carico comprendono anche l'energia necessaria a consentire la rotazione del sistema di distribuzione, oltre che al carico perduto sull'eventuale dispositivo di cacciata. A esse si aggiungono le perdite corrispondenti al dislivello fra il piano di rotazione dell'arganello e la base del letto (di norma dell'ordine di 2-4 metri), e quelle del sistema di drenaggio e di allontanamento. Si raggiunge, generalmente, una perdita di carico complessiva di 4-6 m. Se la morfologia del territorio rende disponibile il dislivello naturale corrispondente, il percolatore può essere alimentato per gravità, senza che il trattamento biologico richieda alcuna spesa energetica.

### ***RECUPERO DELLE ACQUE REFLUE***

#### ***Acque meteoriche***

Ai fini del riutilizzo delle acque meteoriche è necessario acquisire dati storici relativi alle precipitazioni meteoriche nell'area di progetto e valutare sia la quantità massima di acqua piovana disponibile che la distribuzione degli eventi significativi nell'intero anno. È opportuno mettere in atto gli accorgimenti necessari per captare le acque meteoriche (tetti, superfici esterne ai fabbricati, lastricate e non, posti auto, percorsi pedonali/carrabili etc.) e convogliarle in una cisterna (o struttura simile secondo le scelte progettuali) per poi riutilizzarle. Le acque piovane possono essere impiegate per l'innaffiamento e per lo scarico dei bagni (per il quale è stimato un consumo pari a 50 litri di acqua potabile a persona).

Secondo il tipo di utilizzo dell'acqua recuperata, è necessario garantire un appropriato trattamento.

Il corretto dimensionamento della cisterna è strettamente correlato all'uso dell'impianto ed eventuali sovradimensionamenti potrebbero causare un deterioramento delle qualità organolettiche dell'acqua per il prolungato stazionamento. Quindi, allo scopo di definire la capacità della cisterna, si dovrà tener conto degli usi finali, della piovosità in certi periodi e della possibilità di convogliare in essa anche acque diverse destinate comunque al riutilizzo. Nei fabbricati residenziali la sua capacità non dovrà mai essere inferiore a 50 litri per ogni m<sup>2</sup> di tetto, mentre per fabbricati industriali/artigianali che ricoprono vaste superfici (con consistenti superfici esterne impermeabili destinate a parcheggio/piazzale), si dovrà fare riferimento alla quantità di acqua recuperata che si stima possa essere riutilizzata e alla precipitazione media annua e stagionale rilevate dai Servizi Regionali o Locali, citandone la fonte.

È chiaro che non potranno essere realizzati serbatoi per raccogliere le acque meteoriche di un intero anno, ma solo quelle di un certo periodo durante il quale il loro progressivo utilizzo lascia in cisterna volumi liberi per una successiva raccolta.

In considerazione del clima locale (estati siccitose che si contrappongono ad autunni piovosi, con precipitazioni più basse che si equivalgono in primavera e in inverno) sarebbe opportuno destinare la cisterna non solo alle acque meteoriche, ma anche ad altre acque recuperate dagli usi domestici con un riutilizzo plurimo.

La cisterna deve essere dotata:





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Di un'entrata calmata, in modo da non riportare in sospensione eventuale materiale sedimentato sul fondo e di un sifone di troppo pieno. Il troppo pieno può essere direttamente convogliato ai collettori recettori, possibilmente attraverso una valvola di non ritorno, oppure può essere convogliato ai collettori fognari con una valvola di ritenzione posizionata sul sifone, oppure può essere disperso sul terreno (purché si tratti di terreno con caratteristiche di permeabilità);
- Di un sistema di filtratura per l'acqua in entrata. Per i casi più comuni (raccolta di acqua dai tetti in zone non densamente popolate) sono sufficienti dei semplici filtri, mentre in casi particolari (zone ad alto inquinamento atmosferico, acqua raccolta da piazzali o strade etc.) può essere necessario il ricorso a veri e propri sistemi di trattamento, quali ad esempio sistemi di fitodepurazione;
- Di un sistema di pompaggio per fornire l'acqua alla pressione necessaria. In sostituzione del sistema di pompaggio sono da preferirsi, ove possibile, sistemi di accumulo e di distribuzione a caduta delle acque allo scopo di risparmiare energia.

La cisterna deve essere costruita in modo da permettere una facile pulizia interna e l'asportazione degli eventuali sedimenti fini, che comunque potrebbero depositarsi sul fondo nonostante la presenza del filtro.

Indipendentemente dal tipo di filtro e dalla sua collocazione (integrata nel serbatoio, esterna etc.), al filtro è principalmente richiesto di trattenere il materiale che, sedimentando nel serbatoio, porterebbe a un deterioramento della qualità dell'acqua e al rischio di intasamento delle condotte e del sistema di pompaggio.

Per quanto riguarda la scelta del sistema di trattamento depurativo delle acque meteoriche, molto dipende dalla locazione del nucleo abitativo e dal tipo di utilizzo previsto per tali acque, considerando sempre i limiti normativi relativi ai parametri chimico-fisici. In generale le acque meteoriche non presentano elevati gradi di inquinamento al momento della precipitazione, mentre la loro qualità può deteriorarsi anche fortemente durante il periodo di accumulo prima dell'utilizzo. Il mantenimento di sistemi di accumulo con pulizie periodiche e con disinfezione finale tramite lampade UV, garantisce comunque l'igienicità di questa fonte di risorsa idrica. Si ritiene che una filtrazione più o meno spinta secondo le necessità possa assicurare un adeguato trattamento depurativo delle acque meteoriche. Nel caso di aree rurali o in presenza di disponibilità di aree esterne, possono essere efficacemente utilizzati sistemi di fitodepurazione (filtrazione in letti vegetati di materiale inerte a granulometria selezionata), i quali presentano spiccati vantaggi rispetto ai filtri sopraccitati sia come efficacia di rimozione degli inquinanti sia come semplicità gestionale, senza considerare il positivo inserimento paesaggistico caratteristico di questi sistemi.

### ***Acque reflue derivanti da usi alimentari***

Oltre alle acque meteoriche, nelle cisterne potrebbero essere convogliate anche le acque che derivano dal lavaggio di frutta e verdura. Tali reflui, infatti, contengono solo inerti (come sabbia e polveri) e sostanza organica (quali residui di foglie, bucce, piccioli, semi etc.), facilmente eliminabili per filtraggio e decantazione. Il recupero può essere realizzato installando nel lavello della cucina un'ulteriore vaschetta, a fianco delle altre, per il solo lavaggio di frutta e verdura. La vaschetta, con retina filtrante nel punto di scarico, sarà dotata di una tubazione confluyente nella cisterna di raccolta, previo passaggio dal sistema di filtratura. Questa soluzione può essere particolarmente utile per il periodo estivo quando le piogge scarseggiano, mentre abbonda l'uso di frutta e verdura.

### ***Acque reflue domestiche***

Allo scopo di riutilizzare le acque grigie, le nere o entrambe è necessario un appropriato trattamento, che in genere è composto di un trattamento primario (eliminazione grassi, schiume e



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

solidi) e da un trattamento secondario (fitodepurazione, ossidazione e filtrazione con MBR, SBR), è fondamentale per raggiungere un buon abbattimento del carico inquinante. Secondo il sistema di trattamento scelto, all'uscita dei filtri e prima dell'entrata nel deposito, può essere necessario collocare un sistema disinfettante (ad esempio una pompa dosatrice di disinfettanti chimici come l'acido peracetico o una camera UV in linea) dimensionato in base al flusso d'entrata dell'acqua per assicurarne la disinfezione.

È possibile il riutilizzo delle acque grigie tal quali solo per la cassetta di scarico nel WC. Sarà quindi opportuno installare uno specifico serbatoio ed una pompa per il sollevamento, separando il circuito d'adduzione alla cassetta da quello della rete dell'acqua potabile (utilizzazione della rete duale), anche attraverso l'utilizzo di un colore distinto nelle tubazioni (non deve coincidere con quello che indica l'acqua potabile o il gas). Le bocchette della rete di recupero devono inoltre essere dotate di dicitura "acqua non potabile".

Qualora invece si intenda impiegare per altri usi i reflui recuperati dalle acque grigie, è possibile tener presente che la separazione delle acque grigie dalle nere facilita molto la gestione e la depurazione degli scarichi: infatti, le acque grigie si depurano molto più velocemente delle acque nere con un più facile ottenimento delle caratteristiche di qualità necessarie per il riutilizzo di acque reflue. Ciò è particolarmente indicato nel caso di edificio allacciato alla pubblica fognatura per cui possono essere scaricate in fognatura le acque nere e recuperate le grigie. Le acque grigie contengono, infatti, solo 1/10 dell'azoto totale, meno della metà del carico organico e ridotte concentrazioni di carica batterica in comparazione con le acque nere.

La capacità totale del deposito d'accumulo varia in funzione dei riutilizzi domestici e, nel caso si tratti di serbatoio unico, la capacità di raccolta delle acque grigie depurate andrà a sommarsi alla capacità di raccolta delle acque meteoriche.

I depositi d'accumulo delle acque da riutilizzare possono avere un tubo di troppo pieno per evacuare l'acqua in eccesso e sistemi per lo svuotamento per la pulizia e manutenzione, con rilascio saltuario delle acque. Qualora le acque contenute nel deposito siano costituite da acque provenienti dalla depurazione di acque reflue domestiche o da una miscela di esse con acque meteoriche/di drenaggio, il rilascio delle acque dovrà essere autorizzato dal Comune come scarico idrico se esso avverrà al di fuori della fognatura pubblica.

Nel caso che il deposito abbia un ingresso di acque potabili (per il rifornimento in caso di carenza di altre tipologie di acque), esso deve possedere una valvola di non ritorno (valvola di ritenzione) che permetta la sola entrata dell'acqua di rete. Sarà utile prevedere una riserva minima d'acqua per il corretto funzionamento del sistema.

### ***RALLENTAMENTO E DEPURAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE***

#### ***Fasce filtro-tampone***

La riduzione della velocità del flusso risultante dal passaggio attraverso una superficie densamente vegetata (naturale o artificiale) determina la rimozione delle sostanze inquinanti particolate per mezzo della sedimentazione, favorendo anche l'infiltrazione nel suolo. Tali fasce hanno principalmente una funzione di miglioramento della qualità delle acque, possono contribuire alla riduzione dei volumi delle acque di pioggia versate in acque superficiali e alla ricarica delle falde tramite infiltrazione nel terreno, infine contengono i fenomeni di erosione. I migliori risultati in termini di qualità delle acque e di inserimento ambientale si ottengono con l'utilizzo di vegetazione autoctona.

#### ***Canali inerbiti***

I canali inerbiti sono depressioni superficiali poco profonde interessate da una densa crescita di erba o piante resistenti all'erosione, usati principalmente lungo strade ad alto traffico veicolare per far defluire in maniera regolare le acque piovane.



### ***Filtri***

I filtri sono strutture che usano una matrice drenante come sabbia, ghiaia o torba in grado di rimuovere una quota dei composti inquinanti presenti nelle acque di prima pioggia; trovano il loro utilizzo per acque provenienti da piccole superfici, quali parcheggi o piccole aree urbanizzate, o in aree industriali, e comunque laddove non è possibile l'utilizzo di sistemi estensivi.

Il grosso problema è rappresentato dagli intasamenti precoci, per cui si tende normalmente a dotare il filtro di un apparato di sedimentazione in testa, in grado di rimuovere i solidi più grossolani prima della filtrazione.

### ***Bacini di infiltrazione***

Rappresentano il tipo di struttura che contribuisce in modo decisivo, sfruttando la penetrazione dell'acqua nel suolo, a ridurre le portate scaricate nei corpi idrici. Realizzati nelle vicinanze dell'area impermeabile su cui si formano i deflussi, sono progettati per raccogliere un certo volume di acque di pioggia per infiltrarlo poi nella falda nell'arco di alcuni giorni. I bacini possono essere ricoperti di vegetazione: le piante, infatti, aiutano il sistema a trattenere gli inquinanti, mentre le radici sostengono la permeabilità del terreno. Normalmente si prevede uno svuotamento completo nell'arco di 72 ore per prevenire lo sviluppo di zanzare e odori molesti e per preparare nel contempo il bacino ad accogliere un nuovo evento meteorico.

### ***Sistemi di fitodepurazione***

I sistemi di fitodepurazione sono particolarmente indicati quando è richiesto un trattamento spinto delle acque di prima pioggia con l'obiettivo di:

- Ottenere acqua di buona qualità (ad es. per il riutilizzo di acque meteoriche o per l'immissione in corpi idrici particolarmente sensibili);
- Eliminare agenti inquinanti persistenti, come gli idrocarburi policiclici aromatici, potenzialmente presenti nelle acque di prima pioggia provenienti da superfici quali strade ad elevato traffico veicolare, piste di aeroporti, aree industriali.

Le applicazioni della fitodepurazione per il trattamento delle acque di prima pioggia, derivanti dal dilavamento di superfici impermeabilizzate (aree urbane, piazzali di zone industriali, autostrade, aeroporti etc.) sono ormai numerose su scala internazionale e spesso indicate come "Best Management Practices" nella riduzione dell'inquinamento diffuso.

### **RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI**

- D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale" parte terza
- D. Lgs. n. 31/2001 e smi "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano"
- DM del 12 giugno 2003, n. 185 "Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'art. 26, c. 2, del D.Lgs. 152/99".
- LRT 20/2006 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento".
- DPGRT 2/R/2007 "Regolamento di attuazione dell'art. 37, c. 3, della LRT 1/05 «Norme per il governo del territorio». Disposizioni per la tutela e valorizzazione degli insediamenti".
- DPGRT 29/R/2008 "Regolamento di attuazione dell'art. 8 bis della LRT 81/95 «Disposizioni per la riduzione e l'ottimizzazione dei consumi di acqua erogata a terzi dal gestore del servizio idrico integrato»".
- DPGRT 46/R/2008 "Regolamento di attuazione della LRT 20/06 «Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento»".
- DIN 1989 "Impianti per l'utilizzo dell'acqua piovana".



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- UNI 9182 “Impianti di alimentazione e distribuzione d’acqua fredda e calda. Criteri di progettazione, collaudo e gestione”.
- Guida tecnica per la progettazione e la gestione dei sistemi di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue urbane. ISPRA - Manuali e Linee Guida 81/2012 - Giugno 2012.
- Disposizioni Ministeriali del 20.6.1896 (artt. 81 e 82), riconfermate dal T.U. Leggi Sanitarie del 1934 (art. 225).
- I Regolamenti di Igiene dei Comuni, ai sensi dell’art. 344 del T.U. Leggi Sanitarie, devono disciplinare la materia dell’igiene dell’acqua a uso umano e ora vi provvedono anche individuando le competenze dei Comuni stessi, delle AUSL, delle ARPA e dei gestori del servizio idrico.

## CAPO V - SICUREZZA E ACCESSIBILITÀ

### RIDUZIONE DEL RISCHIO DI INCIDENTE DOMESTICO

*La casa, che di solito viene vissuta come un “rifugio”, in realtà è un ambiente in cui si possono verificare incidenti anche mortali. I rischi sono legati sia ai comportamenti sia alla struttura e agli arredi. I principali pericoli sono dovuti alla presenza di dislivelli e quindi alla necessità di utilizzo di scale fisse, scale portatili o scalini singoli ma anche parapetti di altezza non regolamentare, pavimenti e piatti docce aventi inadeguati coefficienti di attrito, vetri con resistenza meccanica bassa, spigoli vivi della struttura o degli arredi.*

*Nonostante l’entità del fenomeno a livello nazionale sia ormai nota (circa 2,8 milioni/anno di persone infortunate e 5500 morti/anno) e le principali cause siano acclamate, purtroppo, anche nelle nuove abitazioni si ritrovano le problematiche sopra elencate.*

*Le principali indicazioni preventive provengono dalla normativa in materia di barriere architettoniche, cosa che lega in maniera diretta l’infortunio alla disabilità, o dalla normativa relativa alla sicurezza nei luoghi di lavoro (1,2). In realtà la struttura edilizia contribuisce alla definizione delle condizioni di sicurezza dell’utente qualsiasi sia la sua condizione e il suo livello di abilità. Risulta così mancante una vera ed efficace legislazione in materia delle componenti ambientali trattate, applicabile alla variegata classe degli edifici residenziali affinché venga garantita una progettazione ai fini della sicurezza.*

### EFFETTI SULLA SALUTE

Gli infortuni domestici rappresentano, nella maggior parte dei Paesi industrializzati, un fenomeno rilevante per la Sanità Pubblica sia dal punto di vista della morbosità che della mortalità e l’entità del problema sta aumentando proporzionalmente all’invecchiamento della popolazione.

L’incidente domestico è un evento improvviso, indesiderato e non prevedibile che si verifica in un’abitazione e/o nelle sue pertinenze (balcone, giardino, garage, cantina, scala) e che comporta la compromissione temporanea o definitiva delle condizioni di salute della persona a causa di lesioni di vario tipo. In generale la popolazione anziana e quella dei bambini sono quelle più a rischio, e le cadute rappresentano la prima causa di incidente domestico, e la prima causa di ricovero e decesso. Si verificano di solito a causa di irregolarità della superficie del pavimento o presenza di ostacoli improvvisi. Un altro tipico infortunio legato alle strutture sono le lesioni (urti, tagli) causate da rottura violenta di un elemento o componente costruttivo. Potrebbe verificarsi che frammenti (es.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

vetri) in cui un elemento sfondato si è disgregato colpiscono l'utente o anche essere l'utente stesso a provocare lo sfondamento. Altre lesioni possibili sono rappresentate dalle ustioni.

### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 “Modifiche ed integrazioni al D.Leg.vo 19/09/94, n. 626, recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro” (G.U. n. 104 del 6 maggio 1996 - Suppl. Ordinario);
- D.M 16 maggio 1987, n. 246 “Norme di sicurezza antincendi per edifici di civile abitazione”;
- DM (Lavori Pubblici) 14 giugno 1989, n. 236 “Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l’accessibilità, l’adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell’eliminazione delle barriere architettoniche”. (G.U. n. 145 del 23 giugno 1989);
- DM (Lavori Pubblici) 14 giugno 1989, n. 236 “Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l’accessibilità, l’adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell’eliminazione delle barriere architettoniche”. (G.U. n. 145 del 23 giugno 1989);
- DM (LL. PP.) 16 gennaio 1996, “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”;
- NF P 01-012 - Luglio 1988 -"Dimensions des garde-corps: Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier";
- NORMA SIA 358 "Ringhiere e parapetti";
- REGOLAMENTO (UE) N. 305 del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE;
- UNI 7697 "Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie" - 22 maggio 2014;
- UNI EN 131 - 1:2011 "Scale - Parte 1: Termini, tipi, dimensioni funzionali" - 14 Luglio 2011;
- UNI EN ISO 12150 “Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodocalcico di sicurezza temprato termicamente - Definizione e descrizione” - 31 luglio 2001;
- UNI EN ISO 12543 “Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Parte 4: Metodi di prova per la durabilità” - 1 dicembre 2011.

## CAPO VI - RECUPERO, GESTIONE E MANUTENZIONE

### RECUPERO E RIUTILIZZO DEI MATERIALI

*Il suolo, risorsa fragile e prevalentemente non rinnovabile, è stato definito dal Consiglio d'Europa nel 1972 come uno dei beni preziosi dell'umanità in quanto consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della Terra.*

*Per quanto resiliente agli shock esogeni, le attività antropiche, le scelte e i comportamenti degli uomini stanno trasformando la sua composizione e le sue peculiari caratteristiche.*

*Il suolo edificato, infatti, ricopre attualmente circa il 3 % del totale disponibile sulla superficie terrestre corrispondente ad una ben più rilevante impronta ecologica. In Italia la situazione è tra le peggiori, negli ultimi 50 anni in Italia la percentuale stimata di suolo edificato è passata dal 2,8% del 1956 al 6,9% del 2010 con notevole variabilità interregionale; tale fenomeno continua ad espandersi ad un ritmo che oggi è stimato in 8 m<sup>2</sup> al secondo.*

*La cementificazione è un fenomeno che tende ad amplificarsi nel tempo, essendo fortemente correlato ai tradizionali modelli di sviluppo: i suoli “sigillati” dal cemento e dall'asfalto*





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*difficilmente potranno tornare ad essere produttivi e tali alterazioni provocano una perdita di valore geo biologico da 10 a 40 volte superiore alla velocità di ripristino pedogenetico. Il consumo di suolo riveste altresì un ruolo importante nel fenomeno dei cambiamenti climatici.*

*Gli edifici e l'ambiente costruito producono ogni anno una quota percentuale rilevante della produzione totale di rifiuti in tutti i Paesi dell'Unione Europea: si stima che i rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) rappresentino circa il 25% in peso di tutti i rifiuti prodotti in Europa. Di questa percentuale, un terzo dei rifiuti C&D deriva da costruzione e demolizione di fabbricati, mentre i restanti due terzi da costruzioni stradali ed escavazioni.*

*La fase di costruzione dell'organismo edilizio, così come quella di manutenzione, contempla una produzione di rifiuti caratterizzati dalla massiccia presenza di materiale eterogeneo, quale legname utilizzato per impalcature e ponteggi, plastiche, cartoni, metalli, imballaggi vuoti, sfridi di materiali sintetici, materiali ceramici vari e residui di laterizi e calcestruzzi. Gli scarti, invece, provenienti dall'attività di demolizione possiedono in genere una composizione più omogenea caratterizzata soprattutto da una cospicua presenza di laterizio e di calcestruzzo, mentre il materiale eterogeneo appare in proporzioni più ridotte*

### EFFETTI SULLA SALUTE

Il Suolo oltre a costituire un habitat e un pool genico ed essere un elemento del paesaggio svolge una serie di funzioni indispensabili per la vita come la protezione dell'acqua e lo scambio di gas con l'atmosfera.

I maggiori effetti sulla salute sono legati al contatto diretto delle persone con zone di terra contaminata. Di rilievo tossicologico sono l'assunzione di acqua contaminata, l'ingresso di sostanze tossiche nella catena alimentare e l'inalazione di composti vaporizzati: dal suolo, infatti, dipende la produzione agricola e alimentare, essenziale per la sopravvivenza dell'uomo, e la silvicoltura e la produzione animale.

A livello ambientale il suolo e la vegetazione, attraverso il ciclo del carbonio, contribuiscono all'equilibrio dei gas che compongono l'atmosfera riducendo le emissioni dei "gas serra" e favorendo l'accumulo di carbonio nel terreno. La parte organica contenuta nel suolo inoltre riduce il rischio di erosione del terreno, di ruscellamento superficiale dell'acqua, offre supporto alla vita e alla biodiversità. La composita costituzione dei suoli (dal punto di vista chimico, fisico e biologico) rende possibile esercitare una funzione di "filtro" nei confronti di agenti inquinanti, protettiva per l'ambiente e quindi per l'uomo, con la possibilità di ostacolare il passaggio di tali inquinanti nelle acque sotterranee o nella catena alimentare e promuoverne la degradazione da parte dei microrganismi. Il consumo di suolo limita quindi la possibilità di rimuovere contaminanti chimici dall'ambiente. Infine, il suolo riduce frequenza e rischio di alluvioni e siccità; aiuta a regolare il microclima in ambienti ad alta densità urbana, soprattutto laddove sostiene la vegetazione, oltre a svolgere funzioni estetiche a livello paesaggistico.

Stimare i rischi potenziali per la salute determinati dalla gestione dei rifiuti, è materia di grande complessità e difficoltà. Non si possono ignorare, tuttavia, le indicazioni sugli effetti avversi per le popolazioni residenti nelle vicinanze di impianti di smaltimento.

### INDICAZIONI

#### ***Recupero delle strutture***

Le opere di progetto dovranno essere indirizzate alla tutela e alla valorizzazione dei beni architettonici e alla loro conservazione per il futuro; a tale scopo si valuterà se dell'edificio esistente si possono conservare:



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Le strutture;
- L'involucro e le aperture;
- Le tramezzature interne;
- Le porte e gli infissi;
- I rivestimenti di soffitti e pavimenti;
- Gli elementi di copertura del tetto.

Anche se gli interventi sono limitati a singole parti del bene architettonico, sarà necessario avere sempre una visione di insieme che consenta di estendere il beneficio all'intero manufatto. Gli interventi possono essere volti a:

- Ricostituire le capacità strutturali venute meno;
- Curare patologie riconosciute;
- Riduzione degli effetti sismici.

Sono elementi necessari per la valutazione dello stato di un edificio:

- Il quadro delle conoscenze, che consiste in una prima lettura dell'edificio allo stato di fatto e nell'indicazione delle tipologie di indagine che si ritengono appropriate e necessarie per un approfondimento della conoscenza del manufatto e del suo contesto storico e ambientale;
- Il rilievo dei manufatti, sia di tipo morfologico descrittivo sia di tipo critico;
- La diagnostica sul campo ed in laboratorio, che giustifichi le soluzioni progettuali, fornendo la dimostrazione della necessità, della possibilità e dell'efficacia della proposta, secondo il criterio dell'intervento "minimo" ed "appropriato";
- L'individuazione del comportamento strutturale e l'analisi del degrado e dei dissesti.

La corretta applicazione di quanto sopra si intende riferita all'esigenza fondamentale di salvaguardare l'identità estetica e storica del complesso edilizio; in altre parole non bisogna introdurre, con le operazioni tecniche genericamente intese a conseguire un maggiore grado di sicurezza alle azioni sismiche, elementi estranei e stravolgenti la configurazione storico architettonica del complesso edilizio.

### ***Scelta dei materiali***

Nella scelta dei materiali da costruzione bisogna privilegiare quelli che possono essere facilmente smantellati e riutilizzati o riciclati al termine dell'uso.

I materiali assemblati gli uni agli altri con forti connessioni di dipendenza sono di difficile separazione e riuso, mentre l'impiego di materiali smontabili e separabili favorisce le operazioni di riutilizzo o riciclaggio (reimmissione nel ciclo produttivo), contribuendo a non depauperare le risorse del territorio e a non incrementare la produzione di rifiuti.

In tal senso la modularizzazione rappresenta la strategia più indicata: occorre concepire le componenti di un edificio come parti indipendenti che lavorano in modo funzionalmente integrato.

La separazione preliminare dei materiali, pur comportando maggiori costi di mano d'opera, permette di ricavare proventi dalla vendita degli stessi una volta raccolti e trattati e dal risparmio sull'acquisto di nuovi prodotti.

La minimizzazione delle operazioni per il disassemblaggio e la separazione sono il principale criterio per una demolizione selettiva; questo coinvolge l'architettura generale dei componenti, la forma e l'accessibilità.

È opportuno minimizzare le connessioni di dipendenza gerarchica tra i componenti, adottare strutture a sandwich semplici con pochi elementi di fissaggio meccanici e agevolare prioritariamente la rimozione delle parti.

I componenti e le loro parti è bene che siano semplici nella forma e di facile movimentazione; si possono anche progettare superfici d'appoggio per permettere un afferraggio adeguato per sostituire o mantenere il prodotto, mentre per le giunzioni è bene evitare l'uso di collanti o sistemi



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

irreversibili. Le giunzioni è bene che siano in numero minimo e uniformi per tipologia, in modo da favorire l'accessibilità e ridurre il tempo di disassemblaggio.

Al fine di ridurre il problema dei rifiuti solidi e il consumo energetico della manifattura e dell'uso delle risorse naturali, bisogna privilegiare i prodotti edilizi realizzati con materiali riciclati.

Il riciclaggio dei materiali edili provenienti da attività di costruzione e demolizione può essere distinto in riciclo primario, secondario e terziario in funzione del processo subito e delle caratteristiche del prodotto finale.

Il riciclaggio dei materiali ha inizio con la demolizione totale o parziale di un manufatto e mira a generare nuove materie prime.

La valorizzazione dei rifiuti derivanti da demolizione è strettamente connessa al metodo con cui questa fase è organizzata, e alla qualità dei prodotti stessi; la pratica di demolizione deve, infatti, far sì che il materiale indirizzato nella fase di riciclaggio sia il più possibile omogeneo, per questo è da prediligere la demolizione selettiva alla demolizione non selettiva.

Al fine di incrementare la qualità dei rifiuti da demolizione è necessaria una pianificazione della fase di demolizione che consenta di isolare le componenti riusabili dell'organismo, mettere in atto un processo di pulitura, manutenzione ed eventuale adattamento; la scelta delle tecniche di demolizione deve essere valutata in funzione di una serie di fattori quali la localizzazione e l'organizzazione del cantiere, la destinazione funzionale e la datazione del manufatto su cui si interviene, i materiali costruttivi impiegati, la tipologia costruttiva e le dimensioni dell'intervento.

## RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- DM del 7 aprile 2004 "Applicazione della Direttiva 89/106/CEE recepita con DPR 246/93, relativa alla pubblicazione dei titoli e dei riferimenti delle norme armonizzate europee" e s.m.i.;
- DGRT 337/2006 "Approvazione del documento tecnico d'indirizzo denominato «Capitolato speciale d'appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione» ai sensi dell'art. 4, c. 7, della LRT 25/1998 e dell'Accordo n. 2 approvato con DGRT 100/2003";
- Progetto LIFE Ambiente "Valorizzazione Materiali e Prodotti da Demolizione (VAMP)";
- UNI U32014580 "Demolizione di opere edilizie e di ingegneria civile. Indicazioni progettuali ed esecutive";
- CM 1841/1991 "Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento e manutenzione dei complessi architettonici di valore storico - artistico in zona sismica" e s.m.i.;
- DGR 78/1999 "Approvazione delle direttive tecniche per la progettazione e la realizzazione degli interventi di ripristino, recupero e restauro, con miglioramento sismico, del patrimonio culturale danneggiato dalla crisi sismica" (Regione Marche);
- Regolamento (UE) N. 305 del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE;
- Costituzione Italiana, Art. 9;
- Delega per la riforma dell'organizzazione del Governo e della Presidenza del Consiglio dei Ministri, nonché di enti pubblici. (GU n. 158 del 8-7-2002);
- D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia Ambientale" (GU n. 88 del 14 aprile 2006, S.O. n. 96);
- D.Lgs. 152/1999 "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";



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- CM 1841/1991 “Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento e manutenzione dei complessi architettonici di valore storico - artistico in zona sismica” e s.m.i.;
- DGR 78/1999 “Approvazione delle direttive tecniche per la progettazione e la realizzazione degli interventi di ripristino, recupero e restauro, con miglioramento sismico, del patrimonio culturale danneggiato dalla crisi sismica” (Regione Marche);
- DDL Contenimento del consumo del suolo e riuso del suolo edificato e implicazioni nazionali e regionali (Legge Urbanistica Toscana - Parte I n. 53 del 12.11.2014);
- Legge n. 137/2002 LEGGE 6 luglio 2002, n. 137;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137. (GU n. 45 del 24-2-2004 - Suppl. Ordinario n. 28);
- Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, in relazione al paesaggio. (GU n. 97 del 27-4-2006 - Suppl. Ordinario n. 102).

## GESTIONE DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI

*Nelle città sviluppate il consumo di risorse (acqua, materiali) e la conseguente produzione di rifiuti ha assunto dimensioni tali da compromettere il delicato equilibrio uomo-natura con conseguenze dirette sullo stato di salute e sulla possibilità da parte dell'uomo di soddisfare le proprie crescenti esigenze.<sup>1</sup>*

### EFFETTI SULLA SALUTE

La produzione e la gestione dei rifiuti rappresentano un importante determinante di qualità dell'ambiente e della salute, com'è riconosciuto dai principali organismi internazionali, compresa l'OMS, tuttavia stimare i rischi potenziali per la salute è materia di grande complessità e difficoltà. Sono documentati effetti avversi sulla salute in relazione alla residenza in prossimità di impianti di smaltimento finale di vecchia generazione.

A oggi non è possibile escludere gli stessi effetti riguardo alla residenza in prossimità di impianti di smaltimento finale (discariche e inceneritori) di ultima generazione. Sono documentati effetti negativi a breve termine anche negli studi che includono impianti di ultima generazione (nati pre termine, basso peso alla nascita e aborti spontanei).

### INDICAZIONI

A oggi fra rifiuti solidi urbani è possibile raccogliere e conferire separatamente le seguenti frazioni: residui organici (o umidi), olio vegetale, vetro, metalli vari, plastica, carta e cartone, farmaci scaduti, rottami ferrosi, cassette e pezzi di legno allo stato grezzo, verde e ramaglie, toner e cartucce, pile e batterie esaurite, contenitori con prodotti etichettati come pericolosi (solventi, vernici, insetticidi etc.), indumenti, rifiuti ingombranti, manufatti in cemento-amianto, rifiuto indifferenziato.

Una delle principali difficoltà nell'effettuare una buona raccolta differenziata all'interno delle abitazioni può essere costituita dalla carenza di spazi da destinare ai diversi contenitori, conseguente all'abitudine sempre più diffusa di realizzare case “minime”, miniappartamenti, soggiorni con angolo cottura e con pochi spazi destinati ai servizi.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Al fine di predisporre idonei spazi destinati a raccogliere i vari contenitori della raccolta differenziata si dovrebbe tener conto delle esigenze dei residenti, ad es. per un nucleo familiare di 4 persone sono indicativamente necessari:

frazione	volume minimo in litri	riempimento in
organica (umido)	20	4 giorni
carta	60	7 giorni
multimateriale (vetro, plastica, ecc.)	120	7 giorni
indifferenziato	30	7 giorni

Le altre frazioni di rifiuto sono di tipo occasionale (contenitori con sostanze etichettate come pericolose, ingombranti, rottami ferrosi, cassette di legno grezzo, batterie, ramaglie, indumenti etc.) o di dimensioni ridotte (farmaci scaduti, toner e cartucce etc.), pertanto non necessitano dell'organizzazione degli spazi abitativi.

Altra difficoltà all'interno dei centri abitati è rappresentata dalla collocazione dei cassonetti del servizio pubblico (tanto più numerosi quanto maggiore è la differenziazione del rifiuto) in prossimità delle abitazioni e spesso in corrispondenza di porte e finestre che permettono l'ingresso di odori sgradevoli, in particolar modo nel periodo estivo. Si rende quindi necessario individuare un'idonea collocazione già nella fase di progettazione degli insediamenti e delle lottizzazioni.

### RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;
- DM del 7 aprile 2004 "Applicazione della Direttiva 89/106/CEE recepita con DPR 246/1993, relativa alla pubblicazione dei titoli e dei riferimenti delle norme armonizzate europee" e s.m.i.;
- DGRT 337/2006 "Approvazione del documento tecnico d'indirizzo denominato «Capitolato speciale d'appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione» ai sensi dell'art. 4, c. 7, della LRT 25/1998 e dell'Accordo n. 2 approvato con DGRT 100/2003";
- UNI U32014580 "Demolizione di opere edilizie e di ingegneria civile. Indicazioni progettuali ed esecutive".

### GESTIONE INTEGRATA DELL'EDIFICIO

*Il mantenimento nel tempo della qualità edilizia richiede che il progettista si occupi, già nella fase di progettazione, di predisporre le necessarie attività da attuare, poi, nella fase di esercizio/gestione dell'edificio. Con il progetto vengono fornite risposte tecniche adeguate a soddisfare le esigenze dei fruitori e le prestazioni adeguate a soddisfare i requisiti che deve possedere il manufatto edilizio. La gestione dell'edificio richiede la disponibilità di dati significativi, che dovrebbero essere raccolti in modo ordinato e aggiornati sistematicamente per essere utilizzati in modo conveniente al fine di assumere decisioni adeguate. Più nello specifico, l'accessibilità a molteplici informazioni può essere utilizzata per: identificare e/o rintracciare elementi fisici o operativi; conseguire la conformità rispetto a requisiti cogenti o volontari; fornire evidenze oggettive nelle attività di esercizio immobiliare.*

*Disporre di documentazione tecnica relativa all'edificio e ai suoi componenti consente ai diversi soggetti coinvolti nella fase di esercizio del bene (acquirente, conduttore, proprietario, responsabile immobiliare) di giungere a un'approfondita conoscenza delle caratteri costruttivi e delle tecnologie del manufatto edilizio. A questo livello l'articolazione della documentazione*





## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

*rispetto alle parti comuni e alle singole unità immobiliari permette all'utente di avere una lettura immediata delle problematiche di propria competenza.<sup>1</sup>*

### EFFETTI SULLA SALUTE

La manutenzione delle parti strutturali e degli impianti è di fondamentale importanza per garantire il mantenimento di quelle prestazioni definite in fase di progetto anche per prevenire effetti negativi sulla salute. Ad es. una corretta illuminazione o manutenzione igienico-sanitaria degli impianti aerulici (dalla sanificazione al ripristino) è presupposto indispensabile per scongiurare la possibile diffusione di particolato o di agenti patogeni nell'ambiente indoor. Informare l'utente potrà garantire anche l'assunzione di comportamenti idonei; basti pensare all'importanza di aerare gli ambienti periodicamente per garantire i ricambi dell'aria necessari ad abbassare la concentrazione di possibili contaminanti o evitare la formazione di muffe.

### INDICAZIONI

#### ***Piano di manutenzione***

La documentazione tecnica relativa all'edificio, deve essere contenuta nei diversi elaborati di cui si compone il piano di manutenzione: il Manuale d'Uso, il Manuale di manutenzione e il Programma di manutenzione, quest'ultimo a sua volta contenente il programma delle prestazioni, dei controlli e degli interventi. Le strategie di programmazione della manutenzione hanno come obiettivo il mantenimento delle prestazioni del sistema edilizio entro livelli qualitativi prestabiliti con riferimento alle condizioni progettuali; ciò richiede una conoscenza delle caratteristiche del fabbricato tale da poter prevedere i principali fattori e processi di degrado e stabilire la frequenza degli interventi (23).

Il rilevamento e l'archiviazione ordinata dei dati concernenti lo stato di conservazione, la verifica del fabbisogno manutentivo delle parti/elementi dell'edificio, e delle eventuali condizioni di usura determinati da particolari usi, costituiscono aspetti di fondamentale importanza per redigere il piano/programma di manutenzione.

Il *Manuale d'uso* contiene le istruzioni riferite all'uso delle parti più significative dell'edificio, in particolare degli impianti tecnologici. Esso deve contenere anche tutte quelle informazioni atte a limitare quanto più è possibile i danni derivanti da una sua utilizzazione impropria.

Il *Manuale di manutenzione*, contiene invece tutte le necessarie istruzioni per effettuare gli interventi manutentivi sui componenti e i sistemi di cui si compone l'edificio, distinguendo gli interventi eseguibili direttamente dall'utente e quelli per i quali è invece necessario l'intervento di personale specializzato.

Nel *Programma di manutenzione*, infine, il *sottoprogramma delle prestazioni* elenca, per ogni classe di requisito, le prestazioni fornite dall'edificio, dai suoi componenti e sistemi, nel corso del suo ciclo di vita; il *sottoprogramma dei controlli* definisce il programma temporale delle verifiche al fine di rilevare l'attuale livello prestazionale e collocarlo (qualitativamente e quantitativamente) all'interno dell'intervallo avente come estremi i valori di collaudo e quelli minimi di norma; si tratta, in definitiva, del programma delle ispezioni periodiche; infine, il *sottoprogramma degli interventi* riporta l'ordine temporale degli interventi di manutenzione programmata e le strategie manutentive adottate per ogni singolo elemento tecnico (manutenzione programmata, predittiva, d'opportunità, a guasto avvenuto).

Informare gli utenti sull'uso più appropriato delle loro abitazioni, può contribuire in modo efficace al mantenimento delle prestazioni di componenti e materiali entro soglie di accettabilità predefinite. La predisposizione di un vero e proprio manuale d'uso dell'edificio, contenente le informazioni relative alle corrette modalità di funzionamento degli impianti e all'uso di ogni componente, può



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

limitare in modo significativo il ricorso a interventi di manutenzione, oltre a ridurre sprechi. Questo strumento dovrebbe essere articolato in schede tecniche riportanti informazioni quali: una descrizione sintetica del materiale e della posa in opera; la data della posa e le eventuali date di scadenza della garanzia; le norme d'uso ed eventuali raccomandazioni; le alterazioni o i difetti riscontrabili; le modalità di manutenzione ordinaria; la periodicità dell'intervento. Per quanto riguarda gli impianti è importante che questa documentazione sia completata dallo schema dell'impianto, dalla documentazione di accesso agli impianti, e da una check-list per l'individuazione dei guasti e dei principali interventi di riparazione.

Lo strumento proposto è il Piano di Sicurezza per l'Acqua (PSA), soprattutto per grandi edifici destinati a vari usi, tra cui quelli residenziali. L'approccio del PSA è basato sull'individuazione dei pericoli e la valutazione dei rischi per la salute umana, l'adozione di misure di controllo e il monitoraggio delle misure adottate. È altresì un approccio preventivo che si esplica nella regolamentazione della progettazione, costruzione e gestione dell'edificio e delle reti idriche. Le fasi di predisposizione e attuazione del PSA, comprendono le azioni di seguito descritte.

### ***Piano di Sicurezza per l'Acqua (PSA)***

L'approccio del PSA è basato sull'individuazione dei pericoli e la valutazione dei rischi per la salute umana, l'adozione di misure di controllo e il monitoraggio delle misure adottate. È altresì un approccio preventivo che si esplica nella regolamentazione della progettazione, costruzione e gestione dell'edificio e delle reti idriche.

Le fasi di predisposizione e attuazione del PSA, comprendono le azioni di seguito descritte.

*Progettazione e Manutenzione degli impianti* adeguate a ridurre al minimo i pericoli.

*Individuazione di pericoli ed eventi pericolosi* con maggiori probabilità di produrre danni alla salute. Essi includono:

- Agenti patogeni di origine enterica da contaminazione fecale di origine sia esterna che interna;
- Microrganismi ambientali che colonizzano i sistemi idrici;
- Sostanze chimiche provenienti da fonti sia esterne che interne, da processi di trattamento, rilascio da corrosione delle tubature e dai raccordi etc.;
- Eventi pericolosi (flusso lento, ristagno delle acque, materiali non idonei, serbatoi di stoccaggi aperti, connessioni crociate tra sistemi idrici diversi etc.);

*Valutazione dei rischi.* Tale valutazione deve tener conto dei seguenti elementi:

- Tipo di utenza dell'edificio;
- Durata e frequenza dell'esposizione;
- Vulnerabilità degli esposti;
- Tipologia d'uso dell'edificio.

*Competenze e responsabilità.* Nella definizione e nell'attuazione del PSA queste sono attribuibili:

*nelle fasi di progettazione e costruzione:*

- Ai professionisti addetti, tenuti a osservare le norme per la sicurezza degli impianti idrici;
- Agli urbanisti, le cui decisioni possono influire sulla progettazione dell'edificio e dei relativi sistemi idrici;
- Ai produttori e fornitori di materiali utilizzati, relativamente alla loro idoneità all'uso cui sono destinati e alla sicurezza;

*nella manutenzione e gestione degli impianti:*

- Agli specifici addetti, ai proprietari, utenti e amministratori degli edifici i cui compiti devono essere precisati nel PSA (in particolare la segnalazione di inconvenienti nel sistema idrico);
- Ai fornitori di servizi, consulenti specializzati, esperti nella valutazione del rischio;
- Agli ordini professionali per dare indicazioni pratiche all'attuazione del PSA;
- Agli enti di formazione professionale;
- Agli enti di normazione e certificazione;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- Agli enti di sanità pubblica (Servizi di Igiene e Sanità Pubblica - SISP - delle AUSL), istituzioni scientifiche (Università, Istituto Superiore di Sanità).

Il *team multidisciplinare di esperti* da prevedere in fase di progettazione per la predisposizione e attuazione del PSA, deve tener conto dei *principali punti critici del sistema idrico* da progettare e costruire, che includono:

- Il punto di ingresso dell'acqua nell'edificio;
- I dispositivi per il riscaldamento, la climatizzazione e la distribuzione dell'acqua calda;
- I punti terminali d'uso dell'acqua.

Lo stesso team deve essere a conoscenza dei *possibili pericoli ed eventi pericolosi*, che interessano la rete idrica interna già costruita, a causa di:

- Contaminazione già esistente alle fonti o per trattamenti non controllati;
- Condotture con presenza di biofilm, corrosioni, incrostazioni;
- Fattori esterni alla rete come i lavori di ristrutturazione e riparazione degli edifici;

e deve *procedere alla valutazione dei rischi*, tenuto conto dei pericoli individuati, al fine di classificare i rischi secondo la loro gravità e definire le misure di controllo che possono essere preventive (da considerare nelle fasi di progettazione e costruzione degli edifici), di trattamento (filtrazione, disinfezione, addolcimento), tecniche (controllo della temperatura e procedure di manutenzione), comportamentali (utilizzo dell'acqua da parte degli utenti).

## RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- Linee Guida 05/10/2006 “Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione”;
- Linee Guida 07/02/2013 “Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all'igiene degli impianti di trattamento aria”;
- Standard NADCA ACR 2013
- UNI EN 15780: 2011 “Ventilazione degli edifici – Condotti – Pulizia dei sistemi di ventilazione”;
- Disposizioni Ministeriali del 20.6.1896 (artt. 81 e 82), riconfermate dal T.U. Leggi Sanitarie del 1934 (art. 225);
- I Regolamenti di Igiene dei Comuni, ai sensi dell'art. 344 del T.U. Leggi Sanitarie, devono disciplinare la materia dell'igiene dell'acqua a uso umano e ora vi provvedono anche individuando le competenze dei Comuni stessi, delle AUSL, delle ARPA e dei gestori del servizio idrico. Il Regolamento di Igiene di alcuni Comuni, tra cui quello di Bologna, fa divieto di sospensione dell'erogazione idrica agli edifici, anche a seguito di morosità degli utenti;
- D.Lgs. n. 31/2001 e successive modifiche in attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. L'OMS ha pubblicato nel 2006 le linee guida per il riutilizzo dei reflui.

## GESTIONE DEL CANTIERE

*Il cantiere edile è un luogo di lavoro mobile e temporaneo nel quale le volontà di progetto trovano attuazione e realizzazione. Esso rappresenta il momento centrale dell'intero processo edilizio e, molto probabilmente, anche quello più articolato e delicato in virtù dei numerosi soggetti che vi intervengono e delle complessità che la sua gestione presuppone.*

*Nella realizzazione di un cantiere edile emergono diverse problematiche di seguito sintetizzate:*

- Tutte le attività comportano consumi di risorse in termini di energia, acqua, combustibili e materie prime;



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

- *Le operazioni di movimentazione di terra, la realizzazione di strade o altre infrastrutture, il traffico di mezzi e macchinari, i processi di trasporto dei materiali, l'impasto di inerti e leganti e numerose altre lavorazioni provocano polveri, particelle solide in sospensione ed emissioni di gas di scarico;*
- *Le operazioni di scavo, di carico e scarico dei materiali, di taglio, di impasto del cemento e di disarmo incrementano i livelli di rumore. Tali operazioni possono inoltre alterare la rete naturale di drenaggio;*
- *Numerose attività di costruzione producono scarti di lavorazione, residui di materiali inutilizzabili, rifiuti da imballaggi e rifiuti pericolosi;*
- *Le attività di demolizione sono responsabili di enormi quantità di rifiuti inerti;*
- *L'eventuale sversamento accidentale di sostanze pericolose può causare inquinamento del suolo o delle acque superficiali prossime all'area dei lavori o addirittura delle acque sotterranee;*
- *L'installazione del cantiere comporta un impatto visivo.*

*A fronte di tali criticità, è necessario, pertanto, che la stima dei diversi impatti venga svolta in fase preliminare al fine di poter pianificare con efficacia gli interventi di mitigazione. In generale nell'organizzazione degli spazi e delle operazioni di cantiere si dovrà tener conto, oltre che della sicurezza dei lavoratori, anche della tutela della popolazione e dell'ambiente.<sup>1</sup>*

### EFFETTI SULLA SALUTE

Sono correlabili sostanzialmente all'esposizione a emissioni acustiche e a polveri e all'eventuale inquinamento dell'acqua e del suolo.

### INDICAZIONI

Con la cantierizzazione è necessario tendere a minimizzare tutti gli impatti possibili sull'ambiente circostante. In alcuni casi si tratta di applicare quelle stesse indicazioni che in altri articoli sono suggerite per gli edifici e i suoli (ad es. per la raccolta e il riutilizzo delle acque meteoriche), nella maggior parte dei casi però si tratta di fare un'analisi dettagliata delle necessità operative del cantiere, individuando le soluzioni più idonee e organizzando di conseguenza le varie fasi di lavoro. In generale nell'organizzazione degli spazi e delle operazioni si dovrà tener conto, oltre che della sicurezza dei lavoratori, anche della tutela della popolazione e dell'ambiente.

Il rumore generato dai macchinari e dalle lavorazioni nelle varie fasi rappresenta uno dei problemi più critici. Peraltro alcuni interventi edilizi possono durare per un lungo periodo e questo contribuisce ad aggravare il problema dell'esposizione della popolazione. È necessario pertanto che la stima dell'impatto acustico sia fatta in fase preliminare al fine di poter pianificare con efficacia gli interventi di mitigazione.

In prima analisi è opportuno valutare se si possono adottare degli accorgimenti per ridurre la rumorosità alla fonte. Nell'acquistare macchinari e/o attrezzature occorre prestare attenzione alla silenziosità d'uso e farsi sempre rilasciare la documentazione inerente all'emissione acustica; quest'ultima è necessaria per effettuare valutazioni e stime dell'impatto sull'ambiente circostante. Le attrezzature devono recare le marcature CE e l'indicazione del livello di potenza sonora garantito. Poi può essere utile verificare lo stato di manutenzione delle attrezzature per accertarsi che non vi siano malfunzionamenti. Una corretta manutenzione degli impianti e delle attrezzature può produrre un'importante diminuzione della rumorosità.

È necessario attuare una pianificazione del lavoro che permetta di gestire al meglio la rumorosità del cantiere; infatti, alcuni accorgimenti possono risultare efficaci per attenuare le emissioni rumorose nei confronti dell'ambiente esterno.



## MANUALE DI APPROFONDIMENTO

Si riportano di seguito alcuni esempi:

- Organizzazione delle distanze impianti rumorosi - ricettori;
- Ubicazione dei macchinari fissi più rumorosi (ad es. gruppi elettrogeni, compressori, seghe circolari e a nastro, motopompe etc.) in postazioni che possano minimizzare l'impatto nei confronti dei ricettori, ad esempio dietro barriere improprie realizzate con il materiale del cantiere (cumuli di terra derivanti dalle escavazioni, cataste di legname o altri materiali etc.). L'utilizzo di barriere acustiche deve essere opportunamente valutato in funzione delle dimensioni della sorgente rumorosa, della distanza e quota dei ricettori e dello spettro emissivo della sorgente.
- Già nel momento della progettazione dell'opera e prima dell'allestimento del cantiere, individuare quali sono le attività più rumorose ed evitare la sovrapposizione di fasi di lavoro che prevedano l'utilizzo contemporaneo di più macchinari rumorosi;
- Effettuare le lavorazioni più rumorose in orari meno disturbanti.

Eseguire uno studio preventivo sulle varie fasi del cantiere e per ciascuna di esse individuare i vari scenari acustici di maggior impatto in termini di livello sonoro e durata: è necessario fare un elenco di tutti i macchinari rumorosi del cantiere, conoscere i loro livelli di potenza sonora LW e/o di pressione sonora LP a una data distanza.

Per ogni scenario acustico deve essere stimato il livello equivalente sonoro  $L_{eq}$  (A) al fine di individuare di quanto potrebbero essere superati i limiti presso i potenziali ricettori;

I dati ottenuti con le stime devono essere confrontati con i valori di clima acustico ante operam per avere un termine di confronto e quantificare l'impatto del cantiere.

Successivamente è necessario individuare quali misure e accorgimenti, anche gestionali, possono essere adottati al fine di ridurre il livello di rumore e i tempi di esposizione dei ricettori in relazione all'entità dell'impatto previsto.

Nel caso di cantieri di lunga durata è necessario rappresentare l'impatto sonoro dovuto alle attività facendo una suddivisione per fasi e per ogni fase lavorativa richiedere la deroga ai limiti nel caso siano previsti dei superamenti.

Nel caso in cui sia comunque necessario richiedere una deroga ai limiti di rumore è opportuno raccogliere tutte le informazioni e i dati utili per eseguire una descrizione dettagliata del clima acustico del territorio nei dintorni dell'area di cantiere e dell'impatto acustico previsto. A tal fine si dovrà conoscere la classificazione acustica del territorio su cui si realizza l'opera e fare un censimento di tutti i ricettori sensibili. Dovranno essere svolte poi misurazioni fonometriche necessarie a caratterizzare l'area dal punto di vista acustico.

Nell'esecuzione dei lavori edili è consuetudine provvedere all'allacciamento alla fognatura pubblica o alla realizzazione dell'impianto di depurazione delle acque reflue domestiche solo come ultimo intervento, quando il fabbricato è ormai già stato realizzato e il cantiere sta per essere smantellato. Capovolgere questa abitudine (quindi realizzare un sistema di raccolta e trattamento/smaltimento in fase iniziale) dovrebbe costituire una buona pratica allo scopo di evitare disagi durante l'esercizio del cantiere e rischio di inquinamento dei terreni.

In merito all'approvvigionamento idrico è sempre opportuno evitare il consumo di acque già potabilizzate (cioè acque più costose per la comunità). Le forniture idriche per le lavorazioni dovrebbero essere recuperate dalla raccolta delle acque meteoriche del cantiere e dei terreni limitrofi, dalle acque reflue domestiche, dalle acque di lavaggio delle attrezzature etc. Qualora si intenda utilizzare corsi d'acqua superficiali presenti nei pressi del cantiere, si dovrà comunque garantire il minimo deflusso vitale del corso, oltre ad ottenere l'autorizzazione per il prelievo dagli Enti competenti.

## RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI





### Impatto acustico

- L 447/1995 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”;
- DPCM del 14 novembre 1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore” ;
- LRT 89/1998 “Norme in materia di inquinamento acustico” ;
- DCRT 77/2000 “Definizione dei criteri e degli indirizzi della pianificazione degli enti locali ai sensi dell’art.2 della LRT n. 89/98 «Norme in materia di inquinamento acustico»”;
- Regolamento comunale riguardante le attività rumorose;
- D.Lgs 262/2002 “Attuazione della Direttiva 2000/14/CE concernente l’emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all’aperto”;
- DGRT 21/10/2013 n.857 “Definizione criteri documentazione impatto acustico e relazione previsionale di clima acustico”;
- DPGRT 08/01/2014 n. 2/R Regolamento regionale di attuazione ai sensi dell'art. 2, comma 1, della LR 89/1998 - Norme in materia di inquinamento acustico;
- ISO 9613-1 “Acoustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. Calculation of the absorption of sound by the atmosphere”;
- ISO 9613-2 “Acoustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. General method of calculation”;
- UNI 9884 “Acustica. Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale”;

### Suolo, emissioni in atmosfera, rifiuti, acque

- D.Lgs. 152/2006 “Norme in materia ambientale” e s.m.i. ;
- LRT 20/2006 “Norme per la tutela delle acque dall’inquinamento”;
- DPGRT 28/R/2003 “Regolamento di attuazione dell’art.6 della LRT 64/2001 «Norme sullo scarico di acque reflue ed ulteriori modifiche alla LRT 88/1998»”;
- DM 10/08/2012 “Regolamento recante la disciplina dell’utilizzazione delle terre e rocce di scavo”;
- D.Lgs. 262/2002 “Attuazione della Direttiva 2000/14/CE concernente l’emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all’aperto”;
- D.Lgs. 81/2008 Testo Unico sulla Sicurezza sul Lavoro;
- DCRT 77/2000 “Definizione dei criteri e degli indirizzi della pianificazione degli enti locali ai sensi dell’art. 2 della LRT n. 89/98 «Norme in materia di inquinamento acustico»”;
- DM 10/08/2012 “Regolamento recante la disciplina dell’utilizzazione delle terre e rocce di scavo”;
- DPCM del 14 novembre 1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”;
- DPGRT 28/R/2003 “Regolamento di attuazione dell’art.6 della LRT 64/01 «Norme sullo scarico di acque reflue ed ulteriori modifiche alla LRT 88/98»”;
- ISO 9613-1 “Acoustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. Calculation of the absorption of sound by the atmosphere”;
- ISO 9613-2 “Acoustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. General method of calculation”;
- L 447/1995 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”;
- LRT 20/2006 “Norme per la tutela delle acque dall’inquinamento”;
- LRT 89/1998 “Norme in materia di inquinamento acustico”;
- Regolamento comunale riguardante le attività rumorose;
- UNI 9884 “Acustica. Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale”.

OBIETTIVI PRESTAZIONALI  
PER LA SALUTE LA SOSTENIBILITA' DELL'AMBIENTE COSTRUITO  
MANUALE DI APPROFONDIMENTO

