

EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE

1. INTRODUZIONE

I recenti provvedimenti legislativi (D.Lgs 192/2005 e D.Lgs 311/2006) in attuazione della dir. 2002/91/CE impongono in materia di efficienza e risparmio energetico requisiti prestazionali per l'edilizia ben precisi. I limiti di trasmittanza per le parti opache e trasparenti e quelli per il fabbisogno di energia per il riscaldamento stabiliti dai decreti legislativi hanno validità temporale, diventando più restrittivi a partire dal 2010.

E' in elaborazione la nuova direttiva UE relativa all'efficienza energetica, che introdurrà standard ancora più severi in materia di energia, e quindi ha senso orientare le scelte in campo energetico in una visione a medio-lungo termine, che prenda preventivamente in considerazione i nuovi indirizzi che verranno espressi a breve in ambito comunitario.

L'efficienza energetica nell'edilizia diventa un requisito necessario ed è un elemento di valutazione che assumerà un peso sempre maggiore nel mercato edile anche nel nostro Paese.

2. OBIETTIVI

Dalle considerazioni esposte in premessa si propone per le nuove costruzioni di adottare un protocollo condiviso tra gli enti partecipanti al tavolo di lavoro, che prevede di adottare per alcuni interventi, ove possibile:

- gli indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale che il D. Lgs. 311/2006 prevede per il 2010 e che in parte possono essere messi in relazione alla classe energetica "CasaClima B";
- i limiti di trasmittanza previsti dalla normativa per il 2010 per quanto riguarda le prestazioni delle singole componenti (strutture opache verticali, coperture ecc.). L'attuale situazione del mercato dell'energia incoraggia orientamenti che sono volti al risparmio e all'efficienza: la scelta di adottare da subito i limiti imposti dalla normativa vigente per l'anno 2010 è accolta con favore se si valuta il risparmio che può generare ogni investimento effettuato nel campo dell'efficienza energetica, il cui Tasso Effettivo di Rendimento (TER) si aggira secondo stime medie prudenziali intorno all'8%.

3. STRATEGIE PROGETTUALI: AZIONI DI PROGETTO E MODALITA' DI ATTUAZIONE

3.1 Analisi del sito e progettazione

Le condizioni climatiche locali influenzano il regime termico di un edificio e le sue prestazioni, sia nel periodo invernale che nel periodo estivo.

Nella prima fase di progettazione, semplici valutazioni come la scelta di un corretto orientamento, assieme all'analisi delle caratteristiche del sito possono condurre a soluzioni che riducono le dispersioni, ottimizzano i guadagni termici che provengono dagli apporti solari gratuiti nel periodo invernale, concorrendo alla formazione del comfort interno anche nel periodo estivo.

Queste valutazioni non comportano nessun costo aggiuntivo per il progetto in sé, contribuendo a sensibili risparmi energetici.

I gradi giorno sono indicatori delle condizioni climatiche locali: un elevato numero di gradi giorno indica un clima invernale freddo e un'elevata rilevanza del riscaldamento.

Per un completo reperimento dei dati climatici la norma UNI 10349 risulta essere un'efficace strumento.

3.1.1 Analisi del sito

Obiettivi

Individuazione delle criticità locali legate al clima, progettazione coerente con vincoli climatici locali, miglior integrazione del progetto dal punto di vista bioclimatico e ambientale.

Strategie progettuali

Valutazione globale degli aspetti bioclimatici che caratterizzano il sito di progetto.

Analisi del microclima e della morfologia del luogo: permette di individuare potenzialità e problematiche legate al sito che possono costituire uno strumento o un limite per il progetto.

Da effettuarsi mediante l'analisi di:

- *temperatura dell'aria*
 - l'analisi consente di calibrare la quantità di calore assorbito dall'edificio in funzione del fabbisogno termico invernale e del raffrescamento estivo favorendo una scelta oculata dell'involucro dell'edificio, della massa e dei sistemi prestazionali attivi e passivi;
 - fortemente influenzata dalla tipologia del suolo, dalla presenza di masse d'acqua, di aree densamente vegetate e di superfici riflettenti;
 - aumenta nelle zone densamente edificate a causa:
 - concentrazione di sorgenti che generano calore sia in estate che in inverno;
 - accumulo diurno dell'energia solare nella massa degli edifici e il suo rilascio nelle ore notturne;
- *precipitazioni*
 - l'analisi consente di progettare l'involucro edilizio in funzione dell'umidità derivante e della necessità di protezione dalle precipitazioni e di predisporre impianti volti a raccogliere le acque meteoriche per poi riutilizzarle;
- *umidità relativa*
 - l'analisi consente di definire i materiali e le tipologie costruttive, le essenze vegetali più idonee che potranno avere anche funzione di regolazione dei parametri di umidità relativa caratterizzanti il sito;
 - influenza la percezione della temperatura: all'aumentare dell'umidità aumenta la sensazione di calore percepito;
 - fortemente influenzata dalla tipologia del suolo, dalla presenza di masse d'acqua e di aree densamente vegetate;
- *radiazione solare*
 - l'analisi consente di definire la quantità di calore assorbita da ciascuna parete dell'edificio in funzione dell'esposizione delle sue caratteristiche fisiche con l'obiettivo di ridurre l'esposizione solare estiva e valorizzare quella invernale;
 - varia in funzione della latitudine, della quota, della stagione, dell'ora e dello stato del cielo;
 - si esprime in kW/mq;

- fortemente influenzata dalla tipologia del suolo, dalla presenza di masse d'acqua, di aree densamente vegetate e di superfici riflettenti;
- zone densamente edificate:
 - la radiazione solare dipende dall'altezza degli edifici, dalla geometria, dal colore e dalla dimensione delle facciate e dalla distanza tra i fabbricati;
 - data l'elevata densità del costruito, la radiazione si trasforma in calore sensibile riscaldando l'aria circostante;
- metodi grafici per valutare la radiazione solare di un sito:
 - *carte dei percorsi solari*: analizzano il soleggiamento nell'arco del giorno in un punto di un sito o di un edificio in funzione delle ostruzioni presenti e di quelle previste dal progetto;
 - *profili d'ombra*: permettono la determinazione grafica delle ombre portate dall'ostruzione sull'intorno in una determinata ora del giorno;
- *venti dominanti*
 - l'analisi consente di definire la forma e la posizione dell'edificio, i materiali e le tipologie costruttive, le essenze vegetali più idonee al fine di diminuire le dispersioni termiche dovute ai freddi venti invernali e ad incrementare il comfort estivo mediante la ventilazione che favorisce la riduzione delle temperature superficiali;
 - fortemente influenzati dall'orografia del suolo, dalla presenza di masse d'acqua, di aree vegetate e dalla densità del costruito.

3.1.2. Ombreggiamenti

In regime estivo, un'insufficiente inerzia delle parti opache e la presenza di superfici vetrate contribuiscono a incrementare i problemi di surriscaldamento interno, se non si predispongono schermature ombreggianti, necessarie per evitarli.

In relazione all'orientamento, le schermature devono poter intercettare la radiazione massima incidente nel periodo estivo e invece consentire il suo sfruttamento nel periodo invernale.

Obiettivi

Previsione corretta dei guadagni solari passivi, individuazione dei punti ombreggiati anche per la corretta localizzazione di eventuali impianti solari fotovoltaici o termici, incremento del comfort interno e riduzione del fabbisogno di raffrescamento.

Strategie progettuali

- Studio degli ombreggiamenti:
 - sopralluogo sul sito, indagine fotografica e rilievo dell'intorno (edifici, orografia...);
 - verifica della dinamica delle ombre attraverso i *diagrammi solari* su cui riportare le sagome degli elementi del paesaggio determinanti la gerarchia solare e conseguente progettazione della posizione e delle dimensioni corrette delle aperture;
- impiego di elementi schermanti per l'attenuazione della radiazione solare incidente sull'edificio:
 - *barriere vegetali*
 - periodo estivo: per il mantenimento del comfort estivo, le barriere vegetali caducifoglie sul lato sud e ovest garantiscono un ombreggiamento naturale ed efficace nella prevenzione del surriscaldamento estivo;
 - *elementi schermanti*
 - schermi fissi: sporgenze dei balconi e del tetto, "brise soleil" a lamelle o a griglia, pannelli solari fotovoltaici. Schermano la radiazione solo per determinate condizioni di altezza solare e quindi solo in determinati momenti della giornata e dell'anno; se correttamente progettati però consentono il passaggio della radiazione invernale e bloccano quella estiva nelle ore in cui il sole è allo zenit;
 - schermi mobili: dalle semplici tapparelle, avvolgibili, persiane, tende parasole, a sistemi a macro lamelle (in alluminio), questi dispositivi sono in grado di schermare la radiazione in più angolazioni. Possono essere dotati di sistemi di regolazione manuale o meccanica; questo comporta dei costi aggiuntivi associati alla manutenzione dei dispositivi di movimento;
 - elementi schermanti orizzontali: gli schermi orizzontali come aggetti, sporgenze ecc. se correttamente progettati sono particolarmente efficaci sul lato sud perché intercettano la radiazione quando l'altezza solare è massima (estate);
 - elementi schermanti verticali: sono efficaci con tutti gli orientamenti, in modo particolare sui lati ovest e est dell'edificio, dato che per questi orientamenti la radiazione lungo tutto l'arco dell'anno ha una altezza minore ed è più efficacemente intercettabile da elementi verticali;
 - surriscaldamento: le schermature devono essere collocate sempre sul lato esterno dell'edificio, in modo da evitare una ulteriore cessione di calore all'ambiente interno associata al surriscaldamento dell'elemento schermante.

3.1.3 Orientamento dell'edificio

Obiettivi

Previsione corretta dei guadagni solari passivi; riduzione costi di riscaldamento e incremento del comfort interno.

Strategie progettuali

- Orientamento più vantaggioso: fronte principale lungo l'asse est-ovest;
- fronte sud:
 - stagione invernale: massimizzazione dei guadagni solari. I raggi colpiscono quasi perpendicolarmente le superfici verticali orientate a sud penetrando in profondità attraverso le aperture, illuminando e riscaldando le superfici interne;
 - stagione estiva: l'altezza solare è maggiore, la radiazione solare sulle superfici esposte a sud può essere facilmente esclusa attraverso elementi schermati progettati a tale scopo, evitando problemi di surriscaldamento;
- fronte ovest:
 - i lati e le aperture sono soggette all'irraggiamento solare quando la posizione del sole è bassa, e tale situazione può causare problemi di surriscaldamento se non sono previste opportune schermature.

3.1.4. Forma dell'edificio

La forma dell'edificio incide notevolmente sui consumi energetici: minore è la superficie che definisce il volume riscaldato, minore è la superficie di scambio termico (disperdente), minori sono le perdite di calore.

Obiettivi

Riduzione dei consumi per il riscaldamento e riduzione delle dispersioni per trasmissione.

Strategie progettuali

- Rapporto superficie/volume a parità di volume racchiuso dall'involucro:
 - edifici con una forma compatta (S/V piccolo $<0,6$): minori dispersioni termiche;
 - edifici con forme irregolari (S/V grande $\geq 0,6$): maggiori dispersioni termiche;
 - angoli, aggetti, sporgenze, rientranze, aumentano sensibilmente la superficie di scambio e quindi incrementano le dispersioni.

3.1.5. Distribuzione interna

Obiettivi

Incremento del comfort interno.

Strategie progettuali

Valutazione, in relazione al tipo di attività, al periodo di svolgimento della stessa nell'arco della giornata e dell'anno, delle soluzioni ottimali per garantire il desiderato livello di comfort interno richiesto dall'attività svolta, attraverso la disposizione interna dei locali:

- locali più riscaldati connotati da maggiore presenza di utenti: disposizione degli ambienti verso i fronti maggiormente soleggiati (ed eventualmente schermati dal surriscaldamento estivo) in relazione al tipo di attività svolta;
- locali di servizio e di distribuzione (bagni, corridoi, ripostigli, scale): possono fungere da cuscinetto termico trovando collocazione a nord. Questa scelta permette di avere una separazione tra la zona riscaldata dell'edificio e quella più fredda e termicamente svantaggiata.

3.1.6. Uso passivo dell'energia solare

Un sistema costruttivo è definito passivo quando si sfruttano gli elementi strutturali e la forma architettonica dell'edificio per captare o dissipare, accumulare e distribuire in modo controllato la radiazione solare.

I sistemi passivi considerano la costruzione stessa come un grande collettore e accumulatore di energia.

I flussi termici avvengono attraverso l'irraggiamento, la conduzione e la convezione naturale.

Obiettivi

Accumulo della radiazione solare con conseguente riduzione del fabbisogno di riscaldamento.

Caratteristiche

- Ogni sistema solare passivo è composto da tre elementi fondamentali:
 - *lo spazio* (o ambiente da riscaldare);
 - *il collettore* di radiazione solare: composto da una superficie trasparente e un assorbitore. L'assorbitore converte, assorbendola in parte, la radiazione solare incidente in calore;
 - *l'accumulo di calore*: composto da materiali caratterizzati da un'elevata capacità di immagazzinare calore. L'elemento assorbitore può essere parte integrante dell'accumulo (muro di Trombe) o del pavimento (guadagno diretto).
- La posizione dell'accumulo può essere di tre tipi:
 - l'ambiente abitato e riscaldato è posto tra la superficie trasparente e l'assorbitore;
 - l'ambiente si trova dietro il collettore;
 - l'ambiente si trova dietro il collettore, ma lo spazio tra la superficie trasparente e l'assorbitore è praticabile.
- I sistemi solari passivi sono usualmente classificabili in base a due criteri:
 - la posizione della superficie trasparente (apertura):
 - aperture sulla facciata Sud;
 - aperture sulla copertura;
 - aperture sulla copertura (con protezione);
 - aperture "remote" (non facenti parte dell'involucro);
 - il meccanismo di cessione del calore allo spazio da riscaldare (guadagno):
 - *guadagno diretto*: la radiazione solare entra attraverso le superfici trasparenti generalmente esposte a sud direttamente all'interno, convertendosi in calore che viene sia utilizzato immediatamente, e sia accumulato nella massa termica collocata sul pavimento o sulle pareti di fronte alle aperture trasparenti. L'adozione di schermi e di protezioni mobili contribuisce a migliorare l'efficienza del sistema;
 - *guadagno indiretto*: il sole non penetra direttamente nell'ambiente ma i suoi raggi vengono direttamente intercettati dal collettore/assorbitore. Esempi: il muro di Trombe (in cui una parete opaca posta tra la superficie vetrata e l'ambiente stesso funge da assorbitore e accumulo del calore) e il Roof Pond (in cui captazione ed accumulo sono rappresentati da volumi d'acqua collocati sul tetto dell'edificio);
 - *guadagno isolato*: la captazione dei raggi solari, la loro conversione in calore e l'accumulo sono isolati dallo spazio abitato. Esempi: le serre addossate, i collettori ad aria con circolazione naturale e i camini solari. La funzione di questi componenti è duplice: riducono le dispersioni di calore attraverso la parete cui sono addossati e hanno una funzione di captazione della radiazione solare.

Strategie progettuali

- Nella progettazione dei sistemi prestare molta attenzione ad evitare surriscaldamenti e, al fine di garantire le necessarie condizioni di benessere termico, il microclima deve essere regolato predisponendo un sistema di ventilazione naturale o meccanico degli ambienti;
- dovranno essere progettati sistemi di protezione adeguati, in quanto, nelle ore più fredde della giornata il calore accumulato tende a disperdersi.

3.2 Involucro

L'efficienza energetica di un edificio è definita principalmente dall'efficienza del suo involucro. Un involucro energeticamente efficiente abbate i costi di riscaldamento, riduce la necessità di condizionamento estivo e contribuisce al raggiungimento del comfort interno.

3.2.1 Isolamento termico

E' possibile definire in sede progettuale lo spessore dell'isolante in base ad una accurata analisi del comportamento energetico dell'edificio, delle condizioni climatiche locali, del tipo di struttura (massiccia, leggera...) ecc. e in base alla scelta dell'obiettivo di efficienza energetica prefissato.

Obiettivi

Abbattimento del fabbisogno energetico dell'edificio (raggiungimento dei valori di trasmittanza previsti per il 2010 dalla normativa vigente) e incremento del comfort interno.

Caratteristiche degli elementi costruttivi

- *Trasmittanza termica (U)*: definisce la qualità energetica dell'elemento costruttivo, è determinata dalle caratteristiche dei singoli materiali che concorrono alla sua formazione: dipende dalla conducibilità (λ) dei materiali isolanti e dal loro spessore. Una bassa conducibilità termica è sinonimo di alto potere isolante;
- *inerzia termica*: nel periodo estivo l'inerzia termica delle parti opache concorre al mantenimento delle condizioni di comfort interno. L'inerzia dipende dalla capacità termica del materiale e dalla massa;
- *tempo di sfasamento*: intervallo di tempo che intercorre tra il raggiungimento della temperatura massima sulla superficie esterna di un elemento costruttivo e il raggiungimento della temperatura massima sul lato interno. Dipende dalla capacità d'accumulazione termica del materiale;
- *smorzamento*: l'onda termica che attraversa l'elemento di tamponamento esterno dell'edificio, sia esso un tamponamento verticale che una copertura, subisce durante il passaggio, una attenuazione della sua ampiezza detta anche smorzamento dell'onda termica misurato dal rapporto fra la massima temperatura sulla superficie esterna e quella sulla superficie interna.

Strategie progettuali

- *Sfasamento e smorzamento*
 - Le chiusure opache verticali, orizzontali e inclinate maggiormente esposte all'irraggiamento solare devono possedere caratteristiche tali da garantire uno sfasamento dell'onda termica superiore alle 10 ore e uno smorzamento superiore al 30%;
 - per favorire sfasamento e smorzamento sono da preferire materiali isolanti con massa elevata (es: sughero, fibra di legno...), posizionati sul lato esterno dell'elemento.
- *Soluzione "a cappotto"*
 - Riduce le problematiche associate alla condensa interstiziale, riscontrabili nelle soluzioni che prevedono isolamenti in intercapedine o interni;
 - concorre alla riduzione dei ponti termici strutturali (irrisolti nel caso di isolamenti in intercapedine o interni);
 - in regime estivo contribuisce con la massa della struttura allo sfasamento e allo smorzamento dell'onda termica, riducendo i problemi di surriscaldamento interno.
- *Materiali isolanti*
 - Devono avere bassi valori di conducibilità termica;
 - devono essere scelti in base al sistema costruttivo adottato e alle condizioni dei luoghi in cui saranno applicati;
 - le migliori proprietà termoisolanti sono possedute da materiali con struttura alveolare in cui è

- racchiusa l'aria;
- materiali isolanti naturali: sono normalmente morbidi, poco resistenti all'urto, alle intemperie, possono assorbire l'umidità e pertanto vanno protetti da intonaci, guaine o rivestimenti;
- nei luoghi umidi (cantine, basamenti) si consiglia l'uso di materiali isolanti impermeabili e con bassa permeabilità all'acqua (polistirene estruso, vetro cellulare...).
- *Continuità dell'isolamento termico – prevenzione dei ponti termici*
 - Un buon isolamento termico deve essere progettato e posato avendo cura di evitare ogni interruzione della sua continuità, e deve interessare quindi l'intera superficie edilizia;
 - aggetti, sporgenze, balconi sono elementi che devono essere inclusi dall'involucro isolante oppure esclusi termicamente, attraverso accorgimenti tecnici che prevedano la loro separazione fisica impiegando elementi portanti termoisolati per il taglio termico;
 - interruzione delle mensole e dei davanzali esterni delle finestre mediante strato separatore isolante al fine di evitare ponti termici.
- *Cassonetti per avvolgibili*
 - Impiegare cassonetti in cui è già predisposto l'isolamento termico.
- *Vano scale*
 - Interno all'involucro termico dell'edificio: deve essere ermeticamente chiuso verso l'esterno e verso altri ambienti freddi;
 - esterno all'involucro termico dell'edificio: deve essere completamente separato dall'involucro in modo da non creare ponti termici.

3.2.2 Tenuta all'aria

Un edificio, pur dotato di un elevato isolamento termico, può disperdere molto calore attraverso discontinuità che favoriscono infiltrazioni d'aria.

Obiettivi

Abbattimento del fabbisogno energetico dell'edificio, incremento del comfort interno e protezione delle strutture.

Strategie progettuali

- La tenuta all'aria si ottiene posizionando uno strato a tenuta d'aria sul lato caldo della struttura;
- il sistema di tenuta all'aria è costituito dall'unione di materiali e sigillature appropriati: teli e pannelli, giunti in nastro adesivo e collanti;
- non sottoporre l'incollaggio a sforzi meccanici che portino al distacco dello stesso;
- rendere impermeabili i collegamenti tra i singoli elementi costruttivi;
- ridurre al minimo i fori dell'involucro e usare elementi speciali con guarnizioni e chiusure ermetiche.

3.2.3 Caratteristiche delle aperture vetrate

Nel bilancio energetico dell'edificio le finestre da un lato rappresentano la principale fonte di dispersione e dall'altro permettono lo sfruttamento degli apporti solari gratuiti.

Per lo sfruttamento degli apporti solari non è determinante soltanto la dimensione delle aperture ma soprattutto le qualità energetiche del vetro (trasmissione U_g , trasparenza energetica g).

Obiettivi

Riduzione delle dispersioni per trasmissione, ventilazione e incremento del comfort interno.

Strategie progettuali

- Estensione delle superfici vetrate
 - *Lato nord*: area delle aperture pari al 10% della superficie totale della facciata;
 - *lati est e ovest*: area delle aperture compresa fra il 15-30% della superficie totale della facciata. Le aperture dovranno essere opportunamente schermate in quanto maggiormente responsabili del surriscaldamento estivo;
 - *lato sud*: area delle aperture compresa fra il 40 e il 60% della superficie totale della facciata. Oltre a tale percentuale gli apporti solari non possono essere sfruttati, e al contrario si incorre in problemi associati al surriscaldamento estivo.
- Caratteristiche dell'elemento
 - *Tipologie di vetri*: la scelta deve essere orientata a sistemi con intercapedine isolata, con riempimento di gas (argon, krypton...), e dotata di pellicola selettiva. L'impiego di finestre di questo tipo dimezza le dispersioni rispetto ai sistemi tradizionali. In commercio esistono anche sistemi a triplo vetro che devono però essere associati a telai altrettanto efficienti;
 - *telaio*: dal punto di vista dell'efficienza energetica i materiali più adatti sono legno e PVC, tuttavia esistono sul mercato telai con elevate prestazioni in alluminio e altri che combinano materiali diversi per accogliere esigenze di manutenzione e/o durabilità. Requisiti fondamentali: presenza di materiale termoisolante, taglio termico e doppia o tripla battuta con presenza di guarnizioni antivento;
 - *cassonetti per avvolgibili*:
 - collocazione all'esterno dell'involucro isolato;
 - se integrati nell'involucro edilizio devono essere compatti e coibentati con materiale isolante idoneo;
 - i cassonetti dovrebbero garantire un valore di trasmittanza pari a $U=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Prestazioni dell'elemento
 - *Trasmittanza globale U_w* : i valori consigliati per infissi ad alta efficienza energetica sono compresi tra 1,3 e 1,5;
 - *trasmittanza del vetro U_g* : i valori consigliati per vetri ad alta efficienza energetica sono compresi tra 1,0 e 1,2;
 - *trasmittanza del telaio U_f* : in generale vale $U_f - U_g=0,5$ (la scelta deve ricadere su prodotti con valore U_g basso e U_f poco superiore);
 - *trasparenza energetica g* : una finestra con alto potere isolante riduce le dispersioni, ma riduce anche i guadagni solari, limitando la quantità di radiazione solare che le attraversa. Per questo motivo la trasparenza energetica g dovrebbe essere almeno del 60% (0,6).

3.3 Impianti

Il contenimento del fabbisogno energetico, assieme ad una tecnologia impiantistica caratterizzata da una elevata efficienza permette di conseguire il risparmio energetico auspicato.

3.3.1 Impianti di riscaldamento

Obiettivi

Elevato risparmio energetico e incremento della sostenibilità ambientale.

Strategie progettuali

- *Tipologia di impianto*
 - Preferire gli impianti centralizzati in quanto:
 - il costo di un unico impianto, sebbene di dimensioni maggiori risulta minore;
 - il rendimento termico di una caldaia centralizzata è migliore della sommatoria di ciascuna caldaia, così come per la potenza termica necessaria;
 - le spese di manutenzione risultano essere minori in un sistema centralizzato e la vita utile della caldaia è più lunga;
 - l'impianto è più sicuro.
- *Generatore di calore*
 - La scelta del tipo di generatore di calore da installare dipende dalle caratteristiche dell'edificio, dall'ubicazione e dalla sua destinazione d'uso.
- *Rete di distribuzione*
 - Costituita dalle tubazioni di mandata e di ritorno che collegano la caldaia ai terminali d'impianto;
 - tipi di distribuzione:
 - a colonne montanti (distribuzione verticale): garantisce economie in fase di costruzione. Al contrario la gestione dell'impianto non è ottimizzata se l'edificio è predisposto per diverse destinazioni d'uso;
 - a zone (distribuzione orizzontale): consigliabile in tutti i nuovi edifici o nelle ristrutturazioni, dove esistono zone con diverse destinazioni d'uso, come ad esempio edifici destinati in parte ad uffici o negozi ed in parte a residenze;
 - preferire condutture brevi: riducono il rischio di eventuali guasti ed evitano perdite di calore lungo il tragitto caldaia-terminale.
- *Terminali di impianto*
 - Scelta determinata da:
 - dispersioni di calore;
 - destinazione d'uso degli ambienti;
 - tempi di permanenza all'interno dell'ambiente;
 - tipologie consigliate per impianti a bassa temperatura:
 - elementi radianti a pavimento:
 - mezzo di riscaldamento per irraggiamento che impiega l'acqua circolante in una rete di tubi annegati nella soletta del pavimento;
 - consente di ottenere una ripartizione del calore in modo uniforme sulla superficie di calpestio, fornendo benessere all'ambiente e alle persone;
 - la ripartizione della temperatura degli ambienti permette di mantenere l'impianto ad una temperatura di gestione molto bassa, riducendo sensibilmente i consumi e i costi di gestione;
 - elevato rendimento termico;
 - possibilità di impiego per il riscaldamento e il raffrescamento estivo in abbinamento a generatori di calore a basso consumo energetico;
 - elementi radianti a parete e soffitto:
 - sfruttano la capacità delle grandi superfici di scambiare calore per irraggiamento con l'ambiente e le persone garantendo un livello molto elevato di comfort;

- la ripartizione della temperatura degli ambienti permette di mantenere l'impianto ad una temperatura di gestione molto bassa, riducendo sensibilmente i consumi e i costi di gestione;
 - elevato rendimento termico;
 - possibilità di impiego per il riscaldamento e il raffrescamento estivo in abbinamento a generatori di calore a basso consumo energetico;
 - raffrescamento estivo: necessità di un sistema di deumidificazione;
 - estrema modularità e veloce installazione;
 - possibilità di rivestimento con intonaci, cartongessi, piastrelle, ecc...
- *Sistemi di regolazione possibili per impianti radianti a bassa temperatura*
 - Valvole di intercettazione e bilanciamento posizionate nei collettori di distribuzione regolano la temperatura dell'acqua degli impianti mediante il controllo effettuato da termostati interni o sonde esterne;
 - valvole a tre vie regolano la temperatura dell'acqua degli impianti mediante il controllo effettuato da termostati interni o sonde esterne.

3.3.2 Generatori di calore da fonti non rinnovabili

Caldaie a condensazione

Obiettivi

Aumento del rendimento stagionale e diminuzione del consumo di energia per la produzione di calore.

Caratteristiche

- Rendimento di combustione molto elevato, dovuto a:
 - recupero del calore latente dei fumi grazie alla condensazione del vapore acqueo contenuto al loro interno;
 - recupero del calore sensibile residuo espulso attraverso il camino assieme ai fumi;
- smaltimento della condensa complicato poiché è leggermente acida.

Strategie progettuali

- *Terminali*
 - La tecnica della condensazione risulta sfruttata appieno nel riscaldamento a pannelli radianti, poiché lavorando con temperature dell'acqua molto basse, si ottengono maggiori quantità di condensa.
- *Accorgimenti costruttivi*
 - Prevedere il collegamento per lo smaltimento della condensa nella rete fognaria;
 - l'abbassamento della temperatura dei fumi richiede un calcolo specifico per la verifica del tiraggio naturale; nel caso di risultato insufficiente è necessario prevedere una ventilazione ausiliaria;
 - utilizzare canne fumarie in acciaio inox resistenti alla corrosione.

Impianti di cogenerazione

La cogenerazione è la generazione simultanea di energia elettrica e calore in un unico processo. In un impianto dedicato alla esclusiva produzione di energia elettrica solo una quota (compresa tra il 35% ed il 55% dell'energia primaria del combustibile) è convertita in energia elettrica, mentre il resto viene dissipato come calore e ceduto all'ambiente.

Obiettivi

Elevato risparmio energetico e riduzione degli agenti inquinanti prodotti.

Caratteristiche

- *Impianti costituiti da:*
 - motore a gas e generatore;
 - comandi ed apparecchiature di controllo;
 - scambiatori di calore ed accumulatori.

- *Tipologie impianti*
 - *Impianti di cogenerazione con turbina a vapore:* centrali termoelettriche convenzionali con caldaia a fuoco, dove il vapore viene usato come fonte di energia termica. Il rendimento è pari all'80-90%;
 - *impianti di cogenerazione con turbogas:* il calore del gas di scarico del turbogas viene recuperato per generare vapore oppure per riscaldare acqua. Il rendimento è pari al 70-85%;
 - *impianti di cogenerazione con motogeneratori:* simili ad impianti di cogenerazione a turbogas, con la possibilità di un ulteriore significativo recupero di calore dai circuiti di raffreddamento della macchina;
 - *impianti di cogenerazione a ciclo combinato:* combinazione di una turbina a gas ed una turbina a vapore, in cui il gas di scarico del turbogas viene usato per generare vapore, fonte di energia termica;
 - *impianti di micro cogenerazione:*
 - impianti di piccola e piccolissima taglia, nell'ordine di poche decine di Kwe;
 - i sistemi di impianti più diffusi sono:
 - motori endo termici per gruppi di piccola taglia;
 - microturbine;
 - fuel-cell.

- *Vantaggi*
 - La cogenerazione permette di migliorare il rendimento di conversione dell'energia primaria attraverso il recupero del calore;
 - efficienza della cogenerazione: fino al 90%;
 - tempi di ammortamento interessanti a fronte di costi iniziali più alti;
 - decentramento della produzione termica senza sprechi di energia causati dal trasporto e dalla distribuzione;
 - buona copertura dei fabbisogni elettrici, evitando rischi di black-out;
 - questa tecnologia può essere impiegata per produrre vapore per il teleriscaldamento.

- *Svantaggi*
 - L'energia termica prodotta deve rientrare nel sistema (nel riscaldamento o nel sistema produttivo) poiché non può essere trasportata su lunghe distanze con costi contenuti.

Strategie progettuali

- La cogenerazione si adatta alle situazioni in cui il consumo di energia termica è maggiore rispetto al consumo di energia elettrica (ad esempio edifici pubblici) oppure in cui il fabbisogno di energia termica sia abbastanza uniforme nell'arco dell'anno;
- *impianti di micro cogenerazione:* risultano ideali per abitazioni, complessi abitativi, centri commerciali, industrie, ospedali, piscine, scuole e collegi, edifici pubblici, serre.

3.3.3 Generatori di calore da fonti rinnovabili per riscaldamento e/o raffrescamento

Caldaie a biomassa per il riscaldamento

Per biomassa si intende qualsiasi sostanza organica derivante direttamente o indirettamente dalla fotosintesi clorofilliana. Le biomasse da un punto di vista energetico possiedono un impatto sull'ambiente nullo. Infatti in termini di emissioni di CO₂, la quantità rilasciata in atmosfera durante la combustione di biomasse è compensata da quella assorbita e fissata dalla pianta nel corso della sua crescita.

Obiettivi

Produzione di energia termica mediante l'utilizzo di una fonte rinnovabile e incremento della sostenibilità ambientale.

Caratteristiche

Le tipologie di caldaie a biomassa sono classificate in funzione del combustibile utilizzato:

- caldaie a legna da ardere in ciocchi;
- caldaie a legno cippato;
- caldaie a pellet.

All'interno di questa suddivisione si possono individuare soluzioni differenziate, esistendo in commercio svariati tipi di caldaie che si differenziano soprattutto per le particolarità dei focolari, dei sistemi di regolazione della combustione, dell'estrazione delle ceneri, ecc.

Strategie progettuali

- *Natura del combustibile e caldaia*
 - Le biomasse impiegate per il riscaldamento sono di origine vegetale;
 - considerare la natura del materiale impiegato in relazione alla conseguente alimentazione della caldaia:
 - biomassa legnosa bruciata tal quale: più adatta ad utenze di piccole dimensioni;
 - pellet o cippato: adatto ad un rifornimento di tipo automatico per riscaldare edifici di dimensioni medie o grandi. Le caldaie a pellet o cippato assicurano una fornitura energetica costante nel tempo;
 - scelta del tipo di combustibile: legata alla sua disponibilità e reperibilità a livello locale al fine di minimizzare i costi e l'impatto ambientale dovuto al trasporto. In assenza di queste condizioni, la scelta deve orientarsi verso fonti energetiche alternative.
- *Disponibilità di spazio*
 - Verificare la disponibilità di spazio da destinare alla centrale termica, al serbatoio di pellet/cippato nel caso di un caricamento automatico o al caricamento manuale di tronchi di legno.
- *Sicurezza*
 - Impianti di grandi dimensioni: può essere utile suddividere la potenza tra più caldaie. Questa possibilità permette di:
 - ovviare in parte al problema del sovradimensionamento (potendo parzializzare ad esempio il carico a seconda delle stagioni);
 - aumentare la sicurezza dell'impianto in caso di anomalie o guasti ad un generatore.
- *Combustione*
 - Verificare che la combustione della biomassa sia completa: una combustione incompleta determina ad esempio, un sensibile aumento della fuliggine, maggiori costi di gestione e possibili lunghi periodi di fermo macchina;
 - adottare preferibilmente caldaie con sistemi di depolverizzazione e filtraggio;
 - regolare l'immissione di aria in caldaia attraverso la sonda Lambda: permette di aggiustare e ottimizzare costantemente la quantità d'aria durante l'intero ciclo di funzionamento della caldaia, fornendo informazioni relative alla quantità di ossigeno presenti nel gas di scarico.

Pompe di calore per il riscaldamento e il raffrescamento

Obiettivi

Produzione di energia termica mediante l'utilizzo di una fonte rinnovabile e incremento della sostenibilità ambientale.

Caratteristiche

- Le pompe di calore sono macchine che convertono il calore a bassa temperatura contenuto nell'ambiente esterno in calore ad alta temperatura da cedere ai locali da riscaldare.
- Le sorgenti fredde da cui la pompa estrae calore possono essere:
 - l'aria esterna;
 - le sorgenti d'acqua presenti a profondità ridotta (di falda, di fiume, di lago);
 - serbatoi di accumulo riscaldati dal sole;
 - il terreno.
- La tipologia di pompa di calore dipende dalla combinazione tra la sorgente fredda e il fluido termovettore:
 - aria-aria; aria-acqua; acqua-aria; acqua-acqua; terreno-aria; terreno-acqua.

Strategie progettuali

- *Sorgenti*
 - *Aria*
 - se la sorgente fredda è l'aria esterna: la potenza resa della pompa di calore diminuisce al diminuire della temperatura dell'aria. In climi molto rigidi si rende necessario un sistema di sbrinamento che comporta ulteriori consumi di energia elettrica;
 - aria interna: impiego vantaggioso seppur l'aria sia viziata e necessiti di un filtraggio.
 - *Acqua*
 - garantisce ottime prestazioni della pompa di calore indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne;
 - leggero incremento dei costi dovuto al sistema di adduzione.
 - *Terreno*
 - non risente troppo delle variazioni di temperatura dell'aria esterna;
 - soluzione costosa per la complessità dell'impianto.
- *Rendimento*
 - Il calore fornito all'ambiente da riscaldare corrisponde alla somma del calore sottratto all'esterno e dell'equivalente termico del lavoro speso per azionare la macchina;
 - il COP (Coefficient of Performance) di una pompa di calore migliora quanto più è alta la temperatura della sorgente di calore e bassa quella di riscaldamento.
- *Terminali*
 - Il calore può essere ceduto all'ambiente attraverso elementi radianti a bassa temperatura (parete, pavimento, soffitto) oppure canalizzazioni che trasferiscono mediante circolazione forzata il calore prodotto direttamente agli ambienti.
- *Utilizzi*
 - Climatizzare e riscaldare gli ambienti;
 - riscaldare l'acqua sanitaria.
- *Condizioni per garantire un alto valore del rendimento*
 - Basso fabbisogno di potenza termica per il riscaldamento;
 - sistema di riscaldamento con grandi superfici riscaldanti (riscaldamento a pavimento, parete e soffitto).

Impianti geotermici per il riscaldamento e il raffrescamento

Obiettivi

Produzione di energia termica mediante l'utilizzo di una fonte rinnovabile e incremento della sostenibilità ambientale.

Caratteristiche

- Impianto geotermico: sfrutta il calore del terreno, variabile in funzione della tipologia del terreno e costante oltre una certa profondità, per cederlo nell'ambiente da climatizzare;
- calore geotermico: fonte rinnovabile, pulita, abbondante, continua, indipendente dal clima, conveniente e flessibile;
- estrazione e trasferimento del calore dal sottosuolo mediante fluidi vettori come l'acqua e idonea pompa di calore;
- il rapporto tra energia termica fornita ed energia primaria utilizzata ottenibile da pompe di calore con geoscambio è nettamente superiore rispetto alle pompe di calore ad aria;
- il geoscambio trasferisce al terreno nel periodo estivo il calore prelevato all'interno dell'abitazione, mentre nel periodo invernale avviene il processo inverso, si preleva calore dal terreno utilizzandolo per il riscaldamento;
- tipologie di impianto:
 - impianti accoppiati direttamente con il terreno attraverso un sistema di tubazioni a circuito chiuso al cui interno scorre il fluido termovettore;
 - impianti che utilizzano acqua di falda come fluido termovettore con o senza reimmissione nella falda stessa dopo l'uso;
 - impianti che sfruttano l'acqua dei laghi o dei bacini come sorgente termica attraverso un circuito che può essere sia aperto che chiuso;
 - gli impianti possono assumere due tipologie di sviluppo: con sonde orizzontali o verticali infilate nel terreno o in eventuali pali di fondazione disponibili.

Strategie progettuali

- *Terminali*
 - Il calore può essere ceduto all'ambiente attraverso elementi radianti a bassa temperatura (parete, pavimento, soffitto e battiscopa) oppure canalizzazioni che trasferiscono mediante circolazione forzata il calore prodotto direttamente agli ambienti.
- *Utilizzi*
 - Climatizzare e riscaldare gli ambienti;
 - riscaldare l'acqua sanitaria.
- *Condizioni per garantire un alto valore del rendimento*
 - Basso fabbisogno di potenza termica per il riscaldamento;
 - sistema di riscaldamento con grandi superfici riscaldanti (riscaldamento a pavimento, parete e soffitto).

Impianto solare termico per l'integrazione al riscaldamento e il raffrescamento (solar cooling)

L'energia solare può essere impiegata per la produzione di acqua calda per usi sanitari, per il riscaldamento e il raffrescamento.

Obiettivi

Produzione di acqua calda mediante l'utilizzo di una fonte rinnovabile e incremento della sostenibilità ambientale.

Caratteristiche

- *Tipologie dei collettori*
 - Collettori solari piani;
 - collettori con tubi sottovuoto;
 - collettori ad aria;
 - collettori scoperti.

- *Tipologie di impianti*
 - A circolazione naturale: l'acqua calda tende ad andare verso l'alto e quindi, senza bisogno di pompe elettriche, si riesce a fare circolare il liquido all'interno dei pannelli solari, facendolo confluire nel serbatoio che serve per conservare l'acqua calda;
 - a circolazione forzata: utilizzano, per fare circolare il fluido riscaldato dai raggi solari, una pompa elettrica, governata da una centralina solare e da alcune sonde. Generalmente il serbatoio di accumulo si trova all'interno dell'edificio.

- *Dimensionamento*
 - L'impianto deve essere opportunamente dimensionato in base alla destinazione d'uso e al numero di utenti.

Strategie progettuali

- *Utilizzi dell'acqua calda prodotta dai collettori solari*
 - Come integrazione al riscaldamento degli ambienti in abbinamento ad una caldaia;
 - per l'acqua sanitaria;
 - in abbinamento a pompe di calore per il riscaldamento e il raffrescamento;
 - in abbinamento a macchine frigorifere per il raffrescamento di grandi superfici (solar cooling).

- *Condizioni per garantire un alto valore del rendimento*
 - Corretto orientamento: sud, 30° sud-ovest, 30° sud-est;
 - inclinazione dei collettori solari:
 - tra 30° e 45°: per la produzione di acqua calda sanitaria;
 - tra 45° e 90°: per l'integrazione al riscaldamento;
 - dimensionamento ottimale del serbatoio di accumulo;
 - basso fabbisogno di potenza termica per il riscaldamento;
 - sistema di riscaldamento con grandi superfici riscaldanti (riscaldamento a pavimento, parete e soffitto).

- *Terminali*
 - Il calore può essere ceduto all'ambiente attraverso elementi radianti a bassa temperatura (parete, pavimento, soffitto) oppure canalizzazioni che trasferiscono mediante circolazione forzata il calore prodotto direttamente agli ambienti.

3.3.4 Ventilazione meccanica controllata

Soluzione impiantistica in cui il movimento dell'aria è realizzato con ventilatori e che utilizza almeno una parziale canalizzazione dei percorsi dell'aria.

Obiettivi

Raggiungere bassi consumi energetici ed elevati livelli di comfort termico, acustico e di qualità dell'aria interna.

Caratteristiche

- *Classificazione dei sistemi di ventilazione in base alle modalità di movimentazione dell'aria*
 - Ventilazione per semplice estrazione: il ventilatore di estrazione aspira l'aria dai locali da mantenere in depressione (bagni, cucine, ecc.) e l'aria esterna (non trattata) viene immessa direttamente in ambiente attraverso l'involucro esterno;
 - ventilazione per semplice immissione: l'aria esterna (generalmente trattata) viene immessa nei locali dal ventilatore di mandata, mentre l'espulsione avviene per semplice sovrappressione attraverso l'involucro;
 - ventilazione bilanciata: l'impianto realizza sia l'immissione che l'estrazione dell'aria, mantenendo una condizione di sostanziale neutralità per quanto riguarda le pressioni interna ed esterna;
 - ventilazione ibrida: soluzione intermedia fra le precedenti, si basa sulla ventilazione naturale, assistita da dispositivi meccanici che entrano in funzione solo quando le condizioni climatiche non sono idonee a garantire portate d'aria adeguate.

- *Vantaggi*
 - Continua e graduale immissione di aria fresca e possibilità di filtraggio con speciali filtri antipolline. Garantisce portate di ricambio adeguate, rispetto ai livelli di occupazione degli spazi e alle caratteristiche delle sorgenti di inquinamento presenti in ambiente, quando la ventilazione naturale non è sufficiente;
 - comfort acustico: grazie alla ventilazione non è necessario aprire le finestre;
 - comfort estivo: per il raffrescamento dell'aria di ricambio dovuto allo scambio di calore con il terreno;
 - inserita all'interno di un edificio caratterizzato da un ridotto fabbisogno energetico e da elevata tenuta all'aria: permette di incrementare ulteriormente il risparmio di energia (fino al 70%);
 - la ventilazione meccanica è condizione indispensabile per realizzare un edificio passivo;
 - consente in inverno il recupero di calore dall'aria in uscita e, in estate, di raffrescare l'aria in entrata senza l'uso di climatizzatori;
 - rende la ventilazione indipendente da fenomeni meteorologici incostanti e comportamenti casuali degli occupanti;
 - riduce le perdite di ventilazione.

- *Svantaggi*
 - Costo d'investimento elevato e maggiori oneri di gestione dovuti al cambio dei filtri e al costo dell'energia elettrica per i ventilatori.

Strategie progettuali

- I sistemi dovranno essere integrati nell'organismo edilizio per quanto riguarda le caratteristiche di:
 - permeabilità all'aria dell'involucro esterno;
 - requisiti di protezione dal rumore: senza trascurare la possibilità di attuare strategie di ventilazione ibrida (ventilazione naturale assistita da sistemi meccanici che intervengono solo in caso di ventilazione naturale insufficiente).
- Scelta della tipologia di impianto:
 - In base a destinazione d'uso e caratteristiche costruttive dell'edificio;
 - l'impianto deve garantire il ricambio d'aria necessario secondo le esigenze, essere silenzioso, essere di facile ispezione e manutenzione, consumare poca energia.
- Prevedere la possibilità di regolare la portata d'aria immessa negli ambienti.

3.3.5 Impianto elettrico

Obiettivi

Riduzione dei consumi di energia elettrica e dei campi elettromagnetici.

Strategie progettuali

Provvedimenti:

- *Evitare*
 - La previsione di apparecchiature elettriche in numero superiore al necessario: aumentano l'inquinamento elettromagnetico e i consumi energetici.
- *Staccare*
 - Prevedere un disgiuntore di rete automatico sul quadro elettrico di distribuzione: in caso di mancata richiesta di energia, disinnescia automaticamente la tensione di un circuito elettrico portandola da 230-440 V a 2,5-24 V. Questo sistema risulta particolarmente adatto negli edifici residenziali per consentire l'abbassamento di tensione nelle ore notturne negli ambienti dedicati al riposo. Non appena vi sia richiesta di energia, il disgiuntore crea nuovamente tensione a 230 V sulla linea di distribuzione.
- *Schermare*
 - Schermare i cavi elettrici, le scatole di derivazione, i quadri e le prese: si riducono notevolmente i campi elettrici.
- *Predisporre*
 - La messa a terra dell'impianto comprende tutte le parti metalliche come ad esempio le armature degli elementi costruttivi in calcestruzzo;
 - l'impianto elettrico a stella: la distribuzione interna dell'impianto dovrà essere eseguita evitando di formare anelli chiusi o parzialmente chiusi attorno ai locali destinati a permanenza di persone.
- *Prevedere*
 - L'impiego di lampade ad alta efficienza energetica con buone prestazioni dal punto di vista del colore e della luce in termini di tonalità di colore e di resa cromatica;
 - l'impiego di interruttori locali, interruttori a tempo, controlli azionati da sensori di presenza o da sensori di illuminazione naturale;
 - l'impiego di apparecchiature elettriche ad alta efficienza energetica.

Impianto fotovoltaico

La tecnologia fotovoltaica consente la trasformazione diretta della radiazione luminosa del sole in energia elettrica. L'energia elettrica prodotta genera una corrente continua, trasformata in alternata da un inverter. L'impianto permette la produzione di energia elettrica per l'utenza o per l'immissione in rete.

Obiettivi

Produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Caratteristiche

- *Tipologie di impianto*
 - Connesso a rete (grid connect): l'energia prodotta e non utilizzata dall'utenza, viene immessa nella rete di distribuzione nazionale;
 - isolato (stand alone): l'energia prodotta e non utilizzata dall'utenza, viene immagazzinata in batterie di accumulo per essere impiegata successivamente.
- *Tipologie di installazione dei moduli fotovoltaici*
 - *Non integrati*, quando i moduli sono installati:
 - a terra: sistemi fissi e ad inseguimento;
 - in modo non complanare alle superfici su cui sono fissati:
 - tetti a falda e facciate di edifici;
 - elementi di arredo urbano e viario: barriere acustiche, pensiline, pergole, tettoie, coperture dei parcheggi, lampioni connessi a rete;
 - *parzialmente integrati*, quando i moduli non sostituiscono i materiali delle superfici di appoggio e sono installati su:
 - tetti piani e terrazze di edifici;
 - anche su file parallele con i moduli inclinati non complanari al tetto;
 - in presenza di una balaustra intorno al tetto, l'inclinazione dei moduli deve essere tale che la quota corrispondente alla metà dell'altezza dei moduli non superi l'altezza della balaustra;
 - tetti a falda, coperture, facciate, balaustre, parapetti ed elementi di arredo urbano e viario in modo complanare;
 - *integrati*, se:
 - i moduli sostituiscono i materiali di rivestimento di tetti, coperture, facciate di edifici e fabbricati, avendo quindi la stessa inclinazione e funzionalità architettonica;
 - i moduli e i relativi sistemi di supporto costituiscono la struttura di copertura di pensiline, pergole e tettoie;
 - i moduli sostituiscono la parte trasparente o semi trasparente di facciate o lucernari, garantendo l'illuminamento naturale degli ambienti interni all'edificio;
 - i moduli sostituiscono parte dei pannelli fonoassorbenti delle barriere acustiche.

Strategie progettuali

- *Dimensionamento ottimale*
 - Valutare attentamente le condizioni locali ed ambientali del sito di progetto: prevedere l'installazione in zona ben soleggiata e priva di ombreggiamenti esterni;
 - dimensionare l'impianto in base ai consumi elettrici annui previsti.
- *Supporti*
 - Le strutture di supporto devono essere realizzate in modo da durare almeno quanto l'impianto, 25-30 anni, e devono essere montate in modo da permettere un facile accesso ai moduli per la sostituzione e la pulizia, e alle scatole di giunzione elettrica, per l'ispezione e la manutenzione.
- *Impianti ibridi*
 - E' possibile collegare ad un impianto fotovoltaico un aerogeneratore oppure abbinare una pompa di calore geotermica.

Impianti eolici

Obiettivi

Produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Caratteristiche

- Esistono diversi tipi in base alla forma, alla dimensione e alla potenza;
- aerogeneratori con pale lunghe 20 metri: producono 500-600 kW e soddisfano il fabbisogno energetico giornaliero di circa 500 famiglie.

Strategie progettuali

- Collocazione ideale: terreno con bassa classe di rugosità e con pendenza compresa tra i 6 e i 16 gradi;
- velocità e costanza del vento: deve superare la velocità di almeno 5,5 metri al secondo e soffiare in modo costante per gran parte dell'anno;
- è possibile collegare assieme più aerogeneratori oppure abbinare all'aerogeneratore ad un impianto fotovoltaico di piccola taglia utile per servire utenze isolate.

Impianti Mini Hydro e Micro Hydro

Sfruttano l'energia potenziale dell'acqua trasformandola in energia meccanica necessaria per la produzione di energia elettrica attraverso lo sfruttamento del salto dell'acqua.

Obiettivi

Produzione di energia elettrica.

Strategie progettuali

- Impiego di impianti per la produzione di energia elettrica fino ad 1 MW;
- possibile realizzazione anche con modeste portate d'acqua e piccoli salti;
- zone montane: gli impianti possono servire edifici isolati, piccole comunità, strutture ricettive,...

Domotica e risparmio energetico

La domotica è la disciplina che si occupa di studiare le tecnologie, atte a migliorare la qualità della vita degli uomini e può consentire il risparmio energetico.

Obiettivi

Comfort e risparmio energetico associato alla gestione dell'edificio.

Strategie progettuali

- Integrazione di tutti i controlli in un unico sistema (Building Energy Management System, BEMS). Ciò garantisce il coordinamento dei diversi sistemi impiantistici installati;
- è possibile monitorare le condizioni climatiche esterne, interne e lo stato di funzionamento dei vari impianti (riscaldamento, condizionamento, trattamento aria e ventilazione, accensione delle luci, sistemi di schermatura delle superfici vetrate, ecc.).

3.3.6 Impianto idraulico

L'impianto idraulico comprende l'allaccio dell'edificio all'acquedotto, la distribuzione dell'acqua potabile e dell'acqua per usi non alimentari, la produzione e la distribuzione dell'acqua calda sanitaria e il collegamento dell'impianto alla fognatura.

Obiettivi

Risparmio idrico.

Strategie progettuali

Misure per il risparmio idrico possibili:

- impiego di sciacquoni dotati di doppio tasto che consentono un risparmio idrico del 40%;
- impiego di rubinetti monocomando, che miscelano l'acqua fredda e calda, consentendo un risparmio sensibile rispetto all'uso di due rubinetti separati;
- impiego di rubinetti dotati di frangigetto che aggiunge aria all'acqua e riduce i consumi idrici del 30-50%;
- docce: impiego di rubinetti a serrata rapida che interrompono istantaneamente l'erogazione dell'acqua, consentendo un risparmio idrico del 50%;
- effettuare un periodico controllo sulla rubinetteria vecchia al fine di evitare perdite della rete che rappresentano una grave perdita economica.

Recupero delle acque piovane

Obiettivi

Risparmio idrico attraverso sistemi di recupero delle acque.

Caratteristiche

- *Componenti dell'impianto*
 - Cisterna;
 - filtro;
 - sistema di pompaggio.
- *Funzionamento dell'impianto*
 - L'acqua viene raccolta dalla copertura, immagazzinata in cisterne, previo passaggio attraverso un filtro e può essere utilizzata per l'alimentazione dei WC e degli elettrodomestici (es. lavatrice), l'irrigazione delle aree verdi,... grazie ad un sistema di pompaggio.

Strategie progettuali

- Corretto dimensionamento dell'impianto in base:
 - precipitazioni medie della zona;
 - consumi medi giornalieri dell'utenza;
 - superficie della copertura;
- un corretto dimensionamento evita il ristagno dell'acqua all'interno del serbatoio mantenendo inalterata la qualità dell'acqua.

Fitodepurazione

La fitodepurazione sfrutta, quale meccanismo di rimozione, la capacità delle piante di assorbire, immobilizzare o trasformare composti inorganici e organici presenti nel suolo, nelle acque e nei sedimenti. L'utilizzo di specifiche specie vegetali consente di ottenere effetti utili per la rimozione di diverse tipologie di contaminanti.

Obiettivi

Riutilizzo delle acque grigie depurate.

Caratteristiche

- *Componenti dell'impianto*
 - Bacino impermeabilizzato di dimensioni variabili;
 - essenze vegetali macrofite.
- *Tipologie di impianto*
 - A flusso orizzontale:
 - costituito da vasche riempite di materiale inerte di adeguata granulometria e conducibilità idraulica, da essenze vegetali;
 - l'acqua da depurare scorre in senso orizzontale, nelle vasche, rimanendo sempre al di sotto del livello del materiale inerte;
 - a flusso verticale:
 - costituito da vasche riempite di materiale inerte di adeguata granulometria e conducibilità idraulica, da essenze vegetali;
 - l'acqua da depurare scorre in senso verticale per percolazione in almeno due vasche poste in parallelo;
 - a flusso superficiale:
 - costituito da vasche o canali riempiti di materiale inerte di adeguata granulometria e conducibilità idraulica, da essenze vegetali;
 - l'acqua da depurare scorre in senso orizzontale a diretto contatto con l'atmosfera.

Strategie progettuali

- Corretto dimensionamento dell'impianto in base:
 - quantità di acque grigie da depurare;
 - superficie disponibile per realizzare l'impianto stesso.

4. COSTI/BENEFICI

I maggiori costi sostenuti nella fase iniziale rientrano nel medio-lungo periodo sotto forma di risparmio energetico, e quindi economico, che si ottiene contemporaneamente al raggiungimento di uno standard elevato di comfort e di qualità energetica.

Per raggiungere lo standard CasaClima B a titolo puramente indicativo l'incremento dei costi si aggira intorno al 5-10%.

L'onere aggiuntivo sostenuto per raggiungere prestazioni dell'involucro più elevate (incremento di spese per la coibentazione, parti vetrate con caratteristiche di trasmittanza specifiche...) è ripagato dal risparmio energetico conseguito e dal ridimensionamento della parte impiantistica, che deve soddisfare un fabbisogno energetico ridotto grazie all'efficienza dell'involucro.

5. MANUALI DI GESTIONE, USO E MANUTENZIONE

La documentazione tecnica del fabbricato dovrà essere messa a disposizione degli utenti e allegata ai manuali d'uso, di manutenzione dell'edificio.

Tramite questi strumenti è possibile redigere una diagnosi degli interventi di riduzione dei rischi eventualmente presenti, pianificare un programma definito di controlli e manutenzione, ottimizzare i costi di gestione e massimizzare i risparmi energetici nell'utilizzo dell'edificio.

Manuale di gestione

La documentazione tecnica riguardante il fabbricato deve contenere:

- documentazione tecnica completa dell'edificio: elaborati progettuali e relazioni con elevato livello di dettaglio;
- disegni tecnici degli impianti elettrico/telefonico/TV, dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento, di distribuzione dell'acqua, dei sistemi di scarico e allaccio alle reti pubbliche;
- documentazione tecnica del produttore sui sistemi installati;
- analisi energetica;
- relazione sullo stato di conservazione e consistenza dell'involucro, delle finiture principali e delle strutture con allegato elenco dei principali lavori di riordino, manutenzione, ristrutturazione eseguiti.

Manuale d'uso

L'obiettivo del manuale d'uso è informare gli utenti riguardo l'uso più appropriato dell'edificio, per garantire la buona prestazione dei componenti, dei materiali e di massimizzare la prestazione energetica.

Ciò può permettere di raggiungere forti risparmi, eliminando sprechi ed abusi di consumo, e di ridurre gli interventi di manutenzione.

Contenuti del manuale:

- schede per la corretta conduzione degli impianti che garantiscono il miglior rendimento;
- informazioni tecniche sugli elementi, con le istruzioni per l'uso dei componenti e per le pulizie ordinarie e periodiche;
- check list di individuazione dei guasti e dei principali interventi di riparazione.

Manuale di manutenzione

Attraverso il manuale è possibile gestire un programma di manutenzione dell'edificio in modo da ottimizzare gli interventi sui componenti fisici e sugli impianti tecnici.

La programmazione degli interventi di manutenzione dipende dalla tipologia delle parti/elementi dell'edificio e dalle eventuali condizioni di usura.

Contenuti del manuale:

- prevedere un calendario con l'articolazione dei controlli periodici sulle parti, sui sistemi e sui componenti dell'edificio;
- evidenziare i principali problemi che potrebbero verificarsi nel tempo;
- indicare le modalità di esecuzione degli interventi di manutenzione in relazione ai materiali impiegati, alle caratteristiche tecniche, strutturali e impiantistiche dell'immobile;
- indicare i tempi previsti per gli eventuali interventi di manutenzione, relazionandoli con le ispezioni e le verifiche prestazionali periodiche.

Monitoraggio dei consumi

- Il monitoraggio dei consumi di energia termica, elettrica ed acqua, è uno strumento di verifica delle prestazioni dell'edificio e della condotta degli utenti.
- Il monitoraggio può essere effettuato mediante l'impiego di contatori di calore, contatori dei consumi elettrici e d'acqua.
- Attraverso i dati raccolti nel tempo è possibile valutare il risparmio energetico conseguito, la bontà della gestione energetica dell'edificio e prevedere un'efficace pianificazione degli interventi manutentivi e migliorativi.

6. CHECK LIST RIASSUNTIVA PER I NUOVI EDIFICI

Strategie progettuali	Requisiti	Obbligatorietà	Verificato	Non verificato	Non applicabile	Verificabile con Casaclima	
Analisi del sito e progettazione	Analisi del sito	Sì				Sì	
	Studio degli ombreggiamenti (diagrammi solari)	Sì				Sì	
	Ombreggiamento mediante l'impiego barriere vegetali	No				No	
	Ombreggiamento delle facciate e/o delle aperture vetrate mediante l'impiego di elementi schermanti fissi o mobili	Sì				Sì	
	Orientamento dell'edificio	Sì				Sì	
	Forma dell'edificio	No				Sì	
	Distribuzione interna	No				No	
	Uso passivo dell'energia solare	No				Sì	
Isolamento termico							
Involucro	Verifica trasmittanza* delle strutture opache verticali	Sì				Sì	
	Verifica trasmittanza* della copertura	Sì				Sì	
	Verifica trasmittanza* del pavimento verso locale non riscaldato o verso l'esterno	Sì				Sì	
	Verifica trasmittanza* delle pareti verso vano scale non riscaldato	Sì				No	
	Verifica valori di sfasamento e smorzamento dell'onda termica per chiusure esterne verticali, orizzontali e inclinate	Sì				No	
	Continuità dell'involucro coibentato	Sì				No	
	Coibentazione o separazione termica dei balconi	Sì				No	
	Interruzione mensole finestre	Sì				No	
	Cassonetti coibentati per avvolgibili	Sì				No	
	Tenuta all'aria						
	Verifica della tenuta all'aria dell'edificio	Sì				No	
	Caratteristiche delle aperture vetrate						
	Percentuale delle aperture vetrate per ciascun orientamento	No				No	
	Verifica trasmittanza globale delle chiusure trasparenti ($U_w < 1,5$)	Sì				Sì	
Verifica trasmittanza dei vetri ($U_g < 1,2$)	Sì				Sì		
Verifica trasmittanza del telaio ($U_f < 1,7$)	Sì				Sì		

		<i>Impianti di riscaldamento e raffrescamento</i>					
Impianto centralizzato		Sì				No	
		<i>Terminali di impianto</i>					
Impianti di riscaldamento a bassa temperatura o ad elevato risparmio energetico		Sì**				No	
		<i>Generatori di calore da fonti non rinnovabili e rinnovabili</i>					
Impianti di riscaldamento e raffrescamento	Caldaie a condensazione in abbinamento a impianti di riscaldamento a bassa temperatura		Sì**			No	
	Impianti di cogenerazione					No	
	Caldaie a biomassa					No	
	Pompe di calore	ad elevata efficienza				No	
		in abbinamento a impianti di riscaldamento a bassa temperatura				No	
	Impianti geotermici						
	Impianto solare termico	Orientamento e inclinazione	Sì				Sì
		Verifica ombreggiamento	Sì				No
	Ventilazione meccanica		No				Sì
Impianto elettrico	Impianto a stella		Sì			No	
	Cavi elettrici, quadri e prese schermate		No			No	
	Disgiuntore di rete		No			No	
	Lampade e apparecchi elettrici a basso consumo		Sì			No	
	Impianto fotovoltaico	Orientamento e inclinazione	Sì***				Sì
		Verifica ombreggiamento					No
	Impianti eolici						No
	Impianti Mini Hydro e Micro Hydro						No
Domotica		No				No	
Impianto idraulico	Impiego di sistemi per la riduzione dell'uso di acqua potabile (sciacquoni doppio tasto, rubinetti monocomando e frangigetto,...)		Sì**			No	
	Impianti di recupero delle acque piovane		Sì			No	
	Impianti di fitodepurazione		No			No	

*Valori limite di riferimento: valori in vigore dal 1 gennaio 2010 in base al Decreto Legislativo 311/2006.

** E' indispensabile soddisfare almeno uno dei requisiti proposti.

***A livello normativo (D.Lgs 311/2006), sussiste l'obbligatorietà di utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica per edifici di nuova costruzione, ma le modalità applicative (decreti attuativi) non sono state ancora definite. Tra gli impianti descritti impiegarne almeno uno.

7. CERTIFICAZIONE ENERGETICA E CONTROLLI – AGENZIA PER L'ENERGIA

Si ritiene necessario che i controlli e la certificazione energetica degli edifici vengano eseguiti da un'agenzia indipendente, diversamente da quanto prevede l'attuale normativa in materia di risparmio energetico.

Per ogni nuova costruzione si propone quindi un processo di certificazione, che prevede per ciascuna fase (progettazione, esecuzione) un sistema di controlli e accertamenti a cura di un organismo esterno (APE-Udine) al processo produttivo che si pone come garante e supervisore dello stesso.

L'Agenzia per l'Energia vuole salvaguardare la distinzione in categorie di efficienza energetica proposte da CasaClima in quanto esse sono un efficace strumento di comunicazione del fabbisogno energetico dell'edificio. L'Agenzia è consapevole che l'attuale set di dati su cui si basa la certificazione CasaClima è riferito alla città di Bolzano, e per questo motivo sta operando per contestualizzare il software di calcolo alle condizioni riferite alle zone climatiche della nostra regione. Da gennaio 2008 sarà distribuita una versione del software di calcolo adattata alla regione Friuli Venezia Giulia.

7.1 Certificazione energetica dell'edificio

La certificazione CasaClima punta non solo all'efficienza energetica ma anche, e soprattutto, ad una qualità costruttiva che garantisca lo standard CasaClima raggiunto.

La richiesta di certificazione va formulata quando il progetto entra in fase esecutiva.

Iter di certificazione

1. Fase esecutiva del progetto: richiesta di certificazione all'APE;
2. Compilazione dei moduli scaricabili dal sito dell'Agenzia e consegna all'APE dei moduli assieme alla documentazione relativa al progetto:
 - Modulo di richiesta.
 - Calcolo CasaClima.
 - Progetto (piante, prospetti, sezioni con l'esatta indicazione delle zone riscaldate, degli elementi strutturali inseriti nel calcolo e relativa stratigrafia in scala adeguata) in formato digitale (dwg/dxf e possibilmente una copia in formato pdf) e cartaceo e dettagli costruttivi dei principali ponti termici con l'indicazione dei materiali utilizzati e delle soluzioni adottate per eliminarli e/o evitarli.
In particolare, saranno necessari:
 - progetto con piante, prospetti e sezioni 1:50;
 - dettagli costruttivi dei principali nodi 1:10;
 - Certificati di prova di materiali, porte, finestre utilizzati: ai fini della certificazione energetica dell'edificio, all'atto della domanda di certificazione, assieme al calcolo energetico, vengono richieste le schede dei prodotti impiegati nel progetto con i relativi certificati di prova (e non di calcolo) che attestino le prestazioni di efficienza energetica del prodotto. Infine, è cura del direttore dei lavori verificare in cantiere che sui materiali da costruzione -ove la legge lo prevede- sia presente il certificato di qualità del prodotto con relativa marchiatura CE a garanzia di conformità e qualità del prodotto (p. es sui materiali isolanti).
 - Schede tecniche relative agli impianti.
 - Accurata fotodocumentazione delle principali fasi costruttive al fine di avere sempre un controllo della qualità costruttiva dell'edificio.
 - Crono - programma delle fasi del cantiere.
 - Check-list inviata dall'Agenzia contenente i presupposti per ottenere la targhetta CasaClima.
 - Nel caso si tratti di una CasaClima *plus* (progetto con requisiti di ecocompatibilità) è necessario compilare apposito modulo.
3. Verifica da parte dell'APE del calcolo e della documentazione consegnata.
4. Visita del tecnico certificatore nominato da APE in cantiere. Il certificatore si occupa della procedura di controllo in cantiere.
5. Rilascio della certificazione, previo corretto superamento di tutti gli step del processo.
6. Rilascio della targhetta CasaClima: viene rilasciata soltanto per edifici che rientrano nelle categorie A e B la cui progettazione/esecuzione ha seguito correttamente e fedelmente l'iter di certificazione previsto dal protocollo.

7.2 Controlli

Durante le fasi di cantiere sono previsti al massimo due controlli da parte dei tecnici incaricati direttamente dall'agenzia, i quali sono esterni ed estranei a qualsiasi aspetto del processo costruttivo.

I controlli da parte dell'agenzia sono condizione necessaria ma non sufficiente per il successo del progetto e per il raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica.

La qualità del progetto nasce dalla corretta progettazione ed esecuzione in cantiere la cui direzione è garanzia fondamentale per gli obiettivi prefissati.

EDIFICI ESISTENTI

1. OBIETTIVI E METODO

1.1 Obiettivi

Obiettivo: riduzione dei consumi del 50% mediante risanamento globale dell'edificio.

Limitatamente al risparmio energetico per la climatizzazione invernale, l'obiettivo di contenimento dei consumi relativo agli edifici esistenti deve necessariamente prendere in considerazione la situazione di partenza.

Dal punto di vista della quantificazione del risparmio energetico, si propone agli enti partecipanti al tavolo di lavoro, di adottare un protocollo condiviso che prevede per alcuni interventi, ove possibile, il dimezzamento dei consumi energetici degli edifici esistenti rispetto al dato rilevato con la procedura di diagnosi.

Requisiti prestazionali per componente

Nel caso in cui non venga intrapreso un intervento di risanamento globale dove è possibile definire l'obiettivo sopra descritto (riduzione dei consumi al 50%), si stabiliscono invece le prestazioni *minime* che devono possedere le componenti del sistema edificio al termine dell'intervento di risanamento: per quanto riguarda le pareti opache e trasparenti (muri, infissi, parti vetrate...) il valore limite di trasmittanza (U) è definito dalla normativa vigente.

Per la parte impiantistica l'efficienza energetica deve essere ricercata oltre che nel rendimento di produzione (che deve essere possibilmente il massimo possibile per la tipologia prescelta di generatore di calore), anche nel rendimento di regolazione e distribuzione del calore.

1.2 Interventi per il contenimento del fabbisogno di energia termica

Le priorità degli interventi riguardano, nell'ordine:

1. Aumento delle prestazioni dell'involucro edilizio per favorire la riduzione dei consumi.

Ciò permette di conservare l'energia:

- riducendo le dispersioni che si verificano tra l'edificio e l'ambiente esterno;
- sfruttando gli apporti di calore interno e gli apporti solari gratuiti.

2. Aumento dell'efficienza del sistema di produzione dell'energia.

Dopo aver ottimizzato le prestazioni dell'involucro, è possibile intervenire migliorando le soluzioni impiantistiche aumentandone l'efficienza di trasformazione dell'energia (sostituzione della caldaia, intervento sulla rete di distribuzione del calore...).

3. Impiego di fonti di energia rinnovabile.

Il contenimento del fabbisogno di energia termica permette di orientare le scelte impiantistiche verso sistemi di produzione del calore che possono essere supportati da fonti rinnovabili di energia.

2. FASI E METODO

2.1 Fasi

Per un corretto approccio al problema del risanamento energetico, è necessario individuare in primo luogo una corretta sequenza di fasi:

- valutazione energetica dello stato di fatto (check list per il risanamento, collocazione in una categoria energetica definita);
- definizione degli obiettivi da raggiungere (qualità ambiente interno, fabbisogno energetico, qualità formale dell'intervento, ottimizzazione rapporto costi/benefici) nell'ottica di un concetto globale di risanamento da effettuare in più fasi mediante l'individuazione della corretta sequenza delle stesse.

2.1.1 Diagnosi e valutazione energetica

La corretta valutazione dello stato di fatto è il primo fondamentale passo per le successive scelte progettuali volte all'aumento delle prestazioni energetiche dell'edificio e quindi al contenimento dei consumi.

La diagnosi iniziale è fondamentale anche per la quantificazione degli obiettivi raggiunti in seguito all'intervento.

La diagnosi viene effettuata:

- durante il sopralluogo nel corso del quale è necessario valutare le caratteristiche dell'edificio (tipo di muratura, tipo di infissi, eventuali interventi di risanamento già eseguiti sull'edificio, tipo di impianto termico, elettrico,...);
- con l'individuazione degli eventuali ponti termici e dei difetti della costruzione (presenza di muffa, infiltrazioni...) per risalire alle cause. Solo attraverso la definizione delle stesse infatti si può procedere alla corretta scelta delle misure di risanamento;
- attraverso i consumi (documentati con le bollette dell'energia elettrica, dell'acqua e di riscaldamento degli ultimi tre anni). Anche soltanto attraverso i consumi di energia per riscaldamento è possibile definire la classe energetica dell'edificio.

2.1.2 Risanamento globale e definizione degli obiettivi e del programma di intervento

Dopo aver eseguito la diagnosi, si può dare avvio alla fase di progettazione.

Nell'approccio al risanamento, molto spesso, i problemi vengono affrontati secondo una visione parziale dovuta ad una particolare urgenza o contingenza. Viene ricercata una risposta immediata e non viene valutata la situazione nel suo complesso.

Una valutazione globale dell'intervento permette di definire gli obiettivi e le relative modalità per raggiungerli nei diversi ambiti, al fine di ottimizzare il risparmio energetico dell'edificio.

Obiettivi, strategie e programma di intervento:

- *Fabbisogno energetico da raggiungere*
 - Qual è l'obiettivo di risparmio energetico da raggiungere;
 - quali devono essere i requisiti prestazionali degli elementi costituenti l'edificio per raggiungere l'obiettivo di risparmio energetico prefissato;
 - quali sono i requisiti da imporre all'impianto termico e d'acqua calda sanitaria, relativamente a manutenzione, approvvigionamento energetico, costo del vettore energetico prescelto, costi dell'investimento, ecocompatibilità.
- *Qualità dell'ambiente interno*
 - Con quali misure è possibile innalzare il comfort interno;
 - quali sono i requisiti da imporre all'intero edificio (involucro ed impianti) relativamente al comfort interno.
- *Aspetti formali dell'intervento*
 - Qual è l'ordine di esecuzione ottimale delle diverse azioni da pianificare nell'intervento di risanamento.
- *Vincoli/limiti di budget e ottimizzazione costi-benefici*
 - Nella sequenza di intervento quali sono i vincoli dati dagli aspetti economici/finanziari, e quanto pesano sull'efficacia dell'intervento.

3. INTERVENTI

Al fine di effettuare un risanamento dell'edificio è utile valutare inizialmente le condizioni dell'intorno e la distribuzione interna degli ambienti.

3.1 Analisi del sito e progettazione: condizioni dell'intorno e distribuzione interna

E' possibile raggiungere migliori livelli di comfort interno e di risparmio energetico mediante:

- impiego di elementi schermanti per l'attenuazione della radiazione solare incidente sull'edificio:
 - barriere vegetali;
 - elementi schermanti fissi o mobili, orizzontali o verticali;
- modifica della distribuzione interna degli ambienti in relazione all'orientamento dell'edificio;
- prevedere soluzioni progettuali atte a garantire maggiori guadagni solari diretti;
- verificare ed eventualmente modificare l'estensione delle superfici vetrate rispetto all'orientamento.

Dopo aver valutato gli aspetti relativi al sito e alla distribuzione interna, si devono prendere in considerazione le caratteristiche costruttive e tecnologiche dell'edificio al fine di concepire un intervento di risanamento energetico globale attraverso fasi distinte.

Per avere maggior garanzia di successo, gli interventi possono essere combinati tra di loro e organizzati in pacchetti.

3.2 Pacchetti di intervento

È importante che il singolo pacchetto dei provvedimenti sia pensato per parti ben definite e indipendenti in modo da poterlo iniziare ed eseguire completamente, ove possibile, fino alla consegna.

Il vantaggio nel concepire il risanamento in fasi graduali, consiste nella possibilità di gestire il cantiere e prevedere le fasi in cui l'utilizzo e l'accesso all'edificio necessariamente dovrà essere limitato o ridotto.

Nell'ottica di ridurre prima i consumi e secondariamente di aumentare l'efficienza energetica del sistema, gli interventi in ordine di priorità si concentreranno prima sull'involucro e poi sulla parte impiantistica.

3.3 Pacchetto involucro (Fase 1)

Questo pacchetto prevede interventi parziali di miglioramento sull'involucro (pareti o tetto o solaio verso locale non riscaldato), così come contempla un'azione simultanea su tutte le sue parti (pareti e tetto e solaio verso locale non riscaldato):

- pareti e finestre
oppure
- pareti, tetto e solaio verso locale non riscaldato
oppure
- tetto e installazione dell'impianto solare termico

3.3.1 Interventi sull'involucro

Isolamento termico

L'intervento di riqualificazione energetica è una occasione importante che determinerà l'indice energetico dell'edificio per un periodo medio-lungo. Le scelte relative al livello di prestazione dell'involucro edilizio incideranno sul suo fabbisogno energetico per i successivi 30-40 anni.

Poiché attraverso la miglior coibentazione delle strutture murarie si possono ridurre le perdite di calore per trasmissione fino a 2/3, nella definizione degli spessori isolanti vanno valutati correttamente gli obiettivi di risparmio da conseguire.

Obiettivi

Migliorare le prestazioni termiche dell'involucro ed eliminare/ridurre i ponti termici.

Strategie progettuali

- *Materiali isolanti*
 - Gli spessori e le tipologie di materiali isolanti devono essere scelti non solo per ridurre le dispersioni ma anche per evitare problemi di surriscaldamento nel periodo estivo;
 - per incrementare le prestazioni isolanti in regime estivo e incrementare l'inerzia termica dell'elemento strutturale sono da privilegiare materiali isolanti con densità e capacità termiche elevate (fibre di legno, sughero...).
- *Pareti*
 - *Sistema a cappotto*
 - Dove possibile prediligere sempre l'isolamento termico esterno per praticità di esecuzione e per l'efficacia con cui vengono risolti i problemi relativi ai ponti termici;
 - è necessario verificare che la superficie esterna sia uniforme, piana e in grado di portare i pannelli isolanti, opportunamente incollati e fissati con appositi sistemi di ancoraggio;
 - è importante che l'isolamento termico interessi per uno spessore pari a quello di facciata (o almeno di tre centimetri ove non sia possibile) anche le spallette e il lato superiore del foro delle finestre e quindi il telaio delle stesse, in modo da eliminare il ponte termico che verrebbe a formarsi in questo punto;
 - l'isolamento deve prevedere una continuità con l'isolamento presente in copertura.
 - *Facciata ventilata*
 - E' l'alternativa al cappotto;
 - sulla superficie esterna del muro viene posata un'orditura tra cui sono fissati i pannelli isolanti. Un'ulteriore orditura concorre alla formazione della camera di ventilazione, su cui viene posato il rivestimento esterno. Il sistema rende possibile la scelta di diversi tipi di rivestimento di facciata, rispondendo ad esigenze estetiche e formali di vario tipo;
 - il sistema a doppia facciata è più costoso rispetto al sistema a cappotto e necessita di spessore maggiori.
 - *Isolamento interno*
 - Isolamento svantaggioso poiché molti ponti termici non vengono risolti e in tali punti si riscontrano dispersioni termiche e la formazione di muffa.
 - *Isolamento verso vani non riscaldati*
 - E' indispensabile prevedere l'isolamento dell'edificio dai vani non riscaldati posizionando il materiale isolante sul lato del locale non riscaldato.
- *Copertura*
 - *Tetto in legno*
 - L'isolamento termico può essere collocato tra i puntoni o, soluzione migliore, al di sopra degli stessi;
 - se possibile prevedere una guaina di tenuta all'aria e sigillare accuratamente tutti i giunti;
 - impiegare guaine traspiranti;
 - inserire uno strato di ventilazione se assente: previene il surriscaldamento e contribuisce allo smaltimento dell'umidità che si può formare nella copertura, favorendo la durata dei materiali isolanti.
 - *Tetto piano o in latero-cemento*
 - Coibentato con spessore adeguato, valutando attentamente lo smaltimento delle acque meteoriche;
 - l'isolamento termico deve comprendere anche il coronamento e la sporgenza della falda per ridurre il ponte termico ad essi associato.
- *Solai*
 - *Isolamento dell'ultimo solaio*
 - Nel caso in cui non sia possibile isolare la copertura e l'edificio sia dotato di un sottotetto non abitato ma praticabile, è possibile posare la coibentazione sulla superficie dell'ultimo solaio. Pur non essendo la soluzione ottimale, poiché non risolve i ponti termici, consente comunque di migliorare parzialmente le prestazioni energetiche dell'edificio.

- *Solaio verso cantina/locale non riscaldato*
 - Non sono da trascurare le dispersioni termiche imputabili al solaio confinante con un locale non riscaldato. Per incrementare le prestazioni termiche di questo elemento strutturale, senza procedere al rifacimento dei pavimenti, l'isolamento termico può essere posato sul lato inferiore del solaio, per la maggiore superficie possibile. Al fine di evitare ponti termici, è necessario comunque isolare completamente mediante un isolamento a cappotto anche le pareti perimetrali, qualora siano strutturali, del vano non riscaldato.
- *Solaio contro terra*
 - Ove possibile prevedere l'isolamento del solaio a partire dal primo strato disponibile.

Aperture vetrate

Obiettivi

Migliorare le prestazioni termiche dell'involucro.

Strategie progettuali

- *Requisiti prestazionali degli infissi*
 - Impiegare prodotti con elevate prestazioni: i requisiti prestazionali degli infissi dovranno rispettare i valori di trasmittanza massima previsti dalla normativa;
 - nella sostituzione delle finestre è importante verificare la corretta tenuta all'aria e al vento delle stesse, che può essere garantita con l'ausilio di specifici nastri e guarnizioni.
- *Ventilazione naturale e meccanica*
 - Per evitare la formazione di condensa, i locali vanno ventilati correttamente attraverso l'apertura manuale delle finestre o attraverso sistemi meccanici di ventilazione atti a garantire il corretto e costante ricambio dell'aria;
 - la ventilazione meccanica è consigliata al fine di garantire un corretto ricambio d'aria dal punto di vista del comfort e di ridurre ulteriormente i consumi energetici e le dispersioni associate alla necessità di ventilare i locali.
- *Ombreggiamento*
 - Nei confronti del surriscaldamento, è necessario predisporre sistemi di ombreggiamento, volti a garantire il comfort estivo. La sostituzione delle finestre rende possibile la scelta di sistemi di ombreggiamento integrati, che permettono di regolare gli apporti solari nei mesi più caldi, riducendo le necessità di condizionare gli ambienti interni. I sistemi di ombreggiamento devono essere sempre posizionati sul lato esterno della finestra. Per quanto riguarda le tipologie, valgono gli stessi principi che guidano la scelta per gli edifici di nuova costruzione.

Ponti termici

Obiettivi

Migliorare le prestazioni termiche dell'involucro ed eliminare/ridurre i ponti termici.

Caratteristiche

- Si formano in corrispondenza delle giunzioni tra elementi strutturali (nodo parete-solaio verso locale non riscaldato, parete-solaio contro terra, tetto-parete, balconi sporgenti...) realizzati con materiali aventi valori diversi di conducibilità termica.

Strategie progettuali

- *Ponti termici geometrici*
 - Si verificano in corrispondenza di angoli, sbalzi, terrazze, mensole che si prolungano dall'interno all'esterno dell'edificio;
 - soluzioni:
 - eliminazione della soletta sporgente e suo ripristino con soluzioni prefabbricate che ne garantiscono la separazione termica;
 - eliminazione della soletta sporgente e suo ripristino mediante l'impiego di un elemento

- isolante che separa la struttura dell'edificio da quella della soletta stessa;
 - rivestimento delle solette sporgenti con materiale isolante su entrambi i lembi: per sporgenze superiori ai 150 cm, l'isolamento termico può interrompersi a questa lunghezza, in quanto oltre questa estensione l'influenza del ponte termico non è sensibile;
 - terrazze: rendere la terrazza parte integrante del volume riscaldato dell'edificio mediante l'applicazione di un cappotto esterno sul lato inferiore della soletta e sul lato esterno del parapetto e l'installazione di elementi trasparenti (serramenti) nella parte aperta.

- *Ponti strutturali*
 - Si verificano in presenza di pacchetti costruttivi con valori di trasmittanza diversi;
 - soluzioni:
 - prevedere un isolamento verso l'esterno che riequilibri il valore di trasmittanza globale degli elementi costruttivi.

- *Ponti esecutivi*
 - Si verificano in presenza di:
 - elementi estranei alle strutture edilizie che ne interrompono e riducono lo spessore;
 - riduzioni dello spessore delle murature dovute alla presenza di nicchie per l'alloggiamento di corpi scaldanti e cassonetti;
 - soglie in pietra o marmo poste senza interruzione dall'interno all'esterno;
 - soluzioni:
 - predisporre vani adeguati dedicati agli impianti o terminali dell'impianto di riscaldamento al fine di evitare la riduzione dello spessore delle strutture edilizie;
 - rendere uniforme, ove possibile, la trasmittanza della parete interessata da nicchie o fori, mediante il tamponamento degli stessi o l'isolamento;
 - cassonetti: installare cassonetti verso l'esterno in corrispondenza dello spessore del cappotto esterno, dotati di isolamento termico o procedere alla loro coibentazione su tutti i lati con uno spessore adeguato di isolamento termico;
 - interrompere i davanzali, interporre, tra l'esterno e l'interno in corrispondenza del serramento, uno strato di isolante che deve proseguire al di sotto del davanzale e unirsi al cappotto esterno.

3.4 Pacchetto impianti (Fase 2)

Questo pacchetto prevede interventi sugli impianti, in particolare;

- sostituzione della caldaia e del sistema di distribuzione del calore;
- centralizzazione degli impianti termici se in presenza di impianti autonomi;
- integrazione nel sistema di riscaldamento/raffrescamento di fonti di energia rinnovabile;
- realizzazione di impianti di ventilazione meccanica controllata;
- provvedimenti di risparmio energetico su tubazioni, impianti elettrici, impianti e sistemi per il recupero delle acque.

3.4.1 Interventi sugli impianti termici

Obiettivi

- Elevato risparmio energetico e incremento della sostenibilità ambientale;
- la scelta di un nuovo sistema impiantistico deve:
 - essere coerente con l'effettivo fabbisogno energetico dell'edificio;
 - considerare la fattibilità dell'intervento in relazione alle condizioni dettate dalle caratteristiche dell'edificio stesso.

Riscaldamento, distribuzione del calore e sistemi di ottimizzazione e regolazione

Strategie progettuali

- *Sostituzione della caldaia esistente*
 - Scelta della caldaia: deve essere effettuata in base alle reali esigenze energetiche dell'edificio e nell'ottica del risparmio energetico.
- *Sostituzione della caldaia esistente e dei terminali di impianto*
 - E' possibile, al fine di raggiungere elevati livelli di risparmio energetico, prevedere l'installazione combinata di:
 - generatori di calore da fonti rinnovabili (caldaie a biomassa, pompe di calore, impianti geotermici, impianti solari termici) o da fonti non rinnovabili (caldaia a condensazione);
 - sistemi di distribuzione del calore a bassa temperatura (sistemi radianti a pavimento, parete e soffitto).
- *Applicazione di sistemi di regolazione all'impianto esistente*
 - Valvola termostatica: da installare su ogni radiatore al fine di regolare l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta consentendo il risparmio di energia che può arrivare fino al 20%.
- *Centralizzazione degli impianti*
 - Intervento consigliato nel caso di presenza di più utenze separate con impianto autonomo;
 - comporta notevoli risparmi e minori costi di manutenzione e gestione;
 - introduzione della contabilizzazione individuale dei consumi consente di mantenere i vantaggi di un impianto centralizzato e gestire invece autonomamente orari, durata e temperatura di riscaldamento.
- *Tubazioni*
 - Un ulteriore provvedimento di semplice realizzazione, efficace e a basso costo, è la coibentazione delle tubazioni nude dell'impianto di riscaldamento che attraversano ambienti non riscaldati.

Ventilazione meccanica controllata (VMC)

Caratteristiche

- Un impianto di ventilazione meccanica controllata consente un adeguato ricambio regolare dell'aria in modo completamente automatico;
- impianto dotato di recupero del calore: permette un ulteriore risparmio energetico;
- vantaggi:
 - comfort: assenza di correnti d'aria e di freddo;
 - salute: assenza di inquinanti, pollini, fumo, radon;
 - igiene: assenza di condensa, assenza di muffe;
 - redditività: risparmio sulle spese di riscaldamento.

Strategie progettuali

- Valutare l'installazione dell'impianto sin dalla prima fase di progettazione: gli alloggiamenti per le canalizzazioni e la distribuzione dell'aria devono essere studiati attentamente;
- progettare correttamente i dettagli relativi all'acustica dell'impianto: silenziatore in tutti gli allacciamenti ai canali dell'aria principali e scelta di una sezione del canale tale da comportare una velocità massima del flusso di 2,5 m/s;
- è possibile installare sistemi di ventilazione non-centralizzati che consentono di ventilare i singoli locali separatamente mediante un apparecchio individuale installato in fori appositamente creati. Questa tipologia di impianto viene adottata laddove non è possibile eseguire altri interventi sull'involucro (presenza di vincoli artistici o altro) se non la sostituzione delle finestre. Il risparmio energetico si consegue così attraverso il recupero del calore connesso alle singole macchine di ventilazione.

Per le indicazioni riguardo le tipologie di impianti da utilizzare nei casi di risanamento energetico è possibile far riferimento a quanto previsto per le nuove edificazioni.

Valutazione economica

Per compiere un'analisi tecnico-economica, i fattori che influenzano la scelta della tecnologia impiantistica da adottare sono:

- fabbisogno energetico annuo;
- potere calorifico dei vettori energetici;
- rendimenti dei sistemi utilizzati;
- prezzo dell'energia utilizzata e della sua distribuzione;
- costi d'investimento: per l'acquisto della centrale di generazione di calore e l'adeguamento della struttura che ospita la centrale termica
- costi di gestione e manutenzione;
- tempi di ammortamento dell'impianto

3.4.2 Interventi sugli impianti elettrici

Nonostante questi interventi non influiscono direttamente sulla classe energetica dell'edificio, in cui si prende in considerazione solamente il fabbisogno di energia termica, nell'ottica di un risparmio energetico globale e di una maggiore sostenibilità ambientale, è bene prenderli in considerazione in quanto concorrono anch'essi all'aumento dei costi di gestione, esercizio e manutenzione degli edifici.

Obiettivi

Riduzione dei consumi di energia elettrica e dei campi elettromagnetici.

Strategie progettuali

- Sostituzione integrale dell'impianto: fare riferimento alle indicazioni previste per i nuovi edifici;
- interventi su impianti esistenti al fine di aumentare il risparmio energetico:
 - prevedere un disgiuntore di rete automatico sul quadro elettrico di distribuzione;
 - schermare le scatole di derivazione, i quadri e le prese: si riducono notevolmente i campi elettrici;
 - impiegare lampade ad alta efficienza energetica con buone prestazioni dal punto di vista del colore e della luce in termini di tonalità di colore e di resa cromatica;
 - impiegare lampade dotate di sensori di illuminazione naturale;
 - impiegare apparecchiature elettriche ad alta efficienza energetica;
 - ove possibile, utilizzare fonti di energia rinnovabile per la produzione di energia elettrica;
 - impiegare sistemi di domotica da applicare all'impianto elettrico esistente.

3.4.3 Interventi sugli impianti idraulici

Al fine di realizzare un risparmio energetico globale dell'edificio è necessario considerare anche i consumi derivanti dagli impianti idrici.

Obiettivi

Risparmio idrico.

Strategie progettuali

- Sostituzione integrale dell'impianto: fare riferimento alle indicazioni previste per i nuovi edifici;
- interventi su impianti esistenti al fine di aumentare il risparmio energetico:
 - impiego di sciacquoni dotati di doppio tasto;
 - impiego di rubinetti monocomando;
 - impiego di rubinetti dotati di frangigetto;
 - effettuare un periodico controllo sulla rubinetteria vecchia al fine di evitare perdite della rete che rappresentano una grave perdita economica;
 - prevedere l'impiego di impianti di recupero delle acque piovane: qualora non sia possibile prevedere il collegamento del serbatoio di accumulo esterno alla rete distribuzione idrica interna, si può semplicemente impiegare l'acqua accumulata per usi esterni come ad esempio l'irrigazione delle aree verdi;
 - prevedere ove possibile l'impiego di impianti di fitodepurazione delle acque grigie.

4. COSTI/BENEFICI

Il fabbisogno energetico per riscaldamento rappresenta la voce più onerosa delle spese di esercizio di un edificio: pertanto, maggiori saranno i risparmi di energia ottenuti in questo ambito, maggiore sarà la redditività dell'intervento.

La possibilità di effettuare, congiuntamente agli interventi di riqualificazione energetica, opere di manutenzione comunque previste (per esempio: posa del cappotto e rifacimento dell'intonaco) garantisce una razionalizzazione dell'intervento.

Per diminuire i consumi energetici è necessario aumentare le prestazioni dell'involucro, a partire dalle chiusure opache (muri esterni, solai e tetto).

In un rapporto costi/benefici, a fronte della spesa sostenuta per la sostituzione degli infissi, questa operazione risulta la più onerosa rispetto al risparmio energetico ottenuto. Il guadagno principale è soprattutto relativo all'incremento del comfort interno.

E' necessario valutare il miglior rapporto in termini di costi/benefici tra la sostituzione degli infissi e un maggiore investimento in isolamento termico per le superfici opache, considerando anche l'estensione delle superfici vetrate.

Gli interventi di risanamento dovranno essere mirati al raggiungimento della soglia più alta possibile di risparmio energetico, considerando anche che le opere di riqualificazione di un edificio sono concepite in un'ottica di medio lungo termine (20-30 anni).

5. CHECK LIST RIASSUNTIVA PER GLI EDIFICI ESISTENTI

Strategie progettuali	Requisiti	Obbligatorietà	Verificato	Non verificato	Non applicabile	Verificabile con CasaClima
Fasi e metodo	<i>Diagnosi e valutazione energetica</i>					
	Calcolo del fabbisogno energetico dello stato di fatto	Si				No
	Definizione degli obiettivi	Si				No
	Definizione delle strategie/programma di intervento	Si				No
Analisi del sito e progettazione	<i>Condizioni del contorno e distribuzione interna</i>					
	Ombreggiamento mediante l'impiego di barriere vegetali	No				No
	Ombreggiamento delle facciate e/o delle aperture vetrate mediante l'impiego di elementi schermanti fissi o mobili	Si				Si
	Distribuzione interna	No				No
	Uso passivo dell'energia solare	No				Si
Pacchetto involucro	<i>Isolamento termico</i>					
	Isolamento termico pareti esterne: cappotto esterno o facciata ventilata	Si**				Si
	Verifica trasmittanza* delle strutture opache verticali	Si				Si
	Continuità dell'involucro coibentato	Si**				No
	Isolamento termico della copertura	Si**				Si
	Verifica trasmittanza* della copertura	Si				Si
	Isolamento termico pavimento verso locale non riscaldato o contro terra	Si				Si
	Verifica trasmittanza* del pavimento verso locale non riscaldato o contro terra	Si				Si
	Isolamento termico delle pareti verso vano scale non riscaldato	Si				Si
	Verifica trasmittanza* delle pareti verso vano scale non riscaldato	Si				No
	Verifica valori di sfasamento e smorzamento per chiusure esterne verticali, orizzontali e inclinate	Si				No
	<i>Caratteristiche delle aperture vetrate</i>					
	Sostituzione finestre	No				Si
	Verifica trasmittanza* globale U_w delle chiusure trasparenti sostituite	Si				Si
	Verifica trasmittanza* dei vetri U_g sostituiti	Si				Si
	Verifica trasmittanza* del telaio U_f sostituito	Si				Si

Predisposizione di sistemi di ombreggiamento per le aperture vetrate a Sud, Est ed Ovest	No				No
<i>Riduzione dei ponti termici</i>					
Ponti termici geometrici: coibentazione o separazione termica di balconi, aggetti sporgenti,...	Sì				No
Ponti termici esecutivi: realizzazione vani adeguati per impianti e terminali d'impianto	Sì				No
Ponti termici esecutivi: interruzione avanzate finestre	Sì				No
Ponti termici esecutivi: cassonetti coibentati per avvolgibili	Sì				No

Pacchetto impianti	<i>Interventi sugli impianti termici</i>					
	Sostituzione della caldaia esistente con generatori di calore da fonti rinnovabili	Sì***				Sì
	Sostituzione della caldaia esistente con generatori di calore da fonti non rinnovabili (solo caldaia a condensazione)					Sì
	Sistemi di distribuzione del calore a bassa temperatura in abbinamento a generatori di calore da fonti rinnovabili e non.	Sì				No
	Sistemi di regolazione – valvole termostatiche	Sì				No
	Centralizzazione degli impianti	No				Sì
	Ventilazione meccanica controllata	No				Sì
	<i>Interventi sugli impianti elettrici</i>					
	Sostituzione integrale dell'impianto	No				No
	Interventi su impianti esistenti	No				No
	Impianto a stella	Sì				No
	Cavi elettrici, quadri e prese schermate	No				No
	Disgiuntore di rete	No				No
	Lampade e apparecchi elettrici a basso consumo	Sì				No
	Integrazione con fonti energetiche rinnovabili (fotovoltaico, eolico, mini hydro e micro hydro)	Sì****				No
	Domotica	No				No
	<i>Interventi sugli impianti idraulici</i>					
	Impiego di sistemi per la riduzione dell'uso di acqua potabile (sciacquoni doppio tasto, rubinetti monocomando e frangigetto,...)	Sì***				No

	Impianti di recupero delle acque piovane	No				No
	Impianti di fitodepurazione	No				No

*Valori limite di riferimento: nel caso di risanamento globale il valore della trasmittanza degli elementi costruttivi dovrà essere tale da garantire un dimezzamento dei consumi energetici globali dell'edificio. Nel caso di interventi su singole componenti dell'edificio, i valori di trasmittanza saranno quelli previsti dal Decreto Legislativo 311/2006.

**Impiegare sempre tale soluzione. Solo in presenza di particolari vincoli è possibile impiegare soluzioni alternative.

*** E' indispensabile soddisfare almeno uno dei requisiti proposti.

****A livello normativo (D. Lgs 311/2006), sussiste l'obbligatorietà di utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica per edifici soggetti a ristrutturazioni integrali con superficie utile maggiore di 1000 mq, ma le modalità applicative (decreti attuativi) non sono state ancora definite. Tra gli impianti descritti impiegare almeno uno.

6. CERTIFICAZIONE ENERGETICA E CONTROLLI – AGENZIA PER L'ENERGIA

Per la certificazione energetica CasaClima, nel caso di riqualificazioni energetiche globali, si procede come gli edifici di nuova costruzione.

La richiesta va avanzata con le stesse modalità: in aggiunta ai documenti richiesti per il normale iter di certificazione, è richiesto il calcolo del fabbisogno energetico anche per lo stato di fatto. Questo permette di verificare e quantificare i risparmi energetici ottenuti con l'intervento, e può costituire un valido strumento per valorizzare e giustificare le azioni proposte nel progetto.

La targhetta CasaClima, come per gli edifici esistenti, viene rilasciata soltanto se vengono raggiunti specifici obiettivi di efficienza energetica (classi A,B), mentre per i restanti casi viene rilasciata la semplice certificazione che definisce il fabbisogno energetico conseguito.

7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Normativa nazionale - risparmio energetico

- *Legge 9 gennaio 1991, n. 10.*
Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- *Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192.*
Attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- *Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311.*
Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005 n° 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico in edilizia.

Normativa nazionale – incentivi e finanziamenti

- *Decreto Ministeriale 22 dicembre 2006.*
Ministero dello Sviluppo Economico. Approvazione del programma di misure e di interventi su utenze energetiche pubbliche ai sensi dell'art. 13 del Decreto del Ministro delle attività produttive, di concerto con il Ministro dell'ambiente e delle tutela del territorio 20 luglio 2004.
- *Legge 27 dicembre 2006, n. 296.*
Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2007 e bilancio pluriennale per il triennio 2007-2009.
- *Decreto Interministeriale 19 febbraio 2007.*
Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296.
- *Decreto Ministeriale 19 febbraio 2007.*
Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387
- *Circolare del 31/05/2007 n. 36.*
Detrazione d'imposta del 55% per gli interventi di risparmio energetico previsti dai commi 344- 345-346 e 347 della legge 27 dicembre 2006 n. 296.

Normativa regionale

- *Legge regionale 18 agosto 2005, n°023.*
Disposizioni in materia di edilizia sostenibile.
- *Legge regionale 23 febbraio 2007, n° 5.*
Riforma dell'urbanistica e disciplina dell'attività edilizia e del paesaggio.
- *Legge regionale 18/06/2007, n° 015.*
Misure urgenti in tema di contenimento dell'inquinamento luminoso, per il risparmio energetico nelle illuminazioni per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici.

Normativa regionale – incentivi e finanziamenti

- *Bandi regionali in conto capitale.*
Prevedono incentivi per l'installazione di impianti solari termici, fotovoltaici e biomasse.

8. DOCUMENTI PRELIMINARI ALLA PROGETTAZIONE: CRITERI DI BASE PER IL RISPARMIO ENERGETICO

EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE

Obiettivi

Raggiungimento indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale previsti dal D. Lgs. 311/2006 per l'anno 2010.

Un progetto che ha come obiettivo il risparmio energetico deve prendere in considerazione gli aspetti relativi all'analisi del sito, alle caratteristiche costruttive e distributive dell'edificio e agli impianti.

In particolare, gli aspetti a cui prestare maggiore attenzione saranno:

Analisi del sito e progettazione

- Analisi del sito di progetto
 - Temperatura dell'aria
 - Precipitazioni
 - Umidità relativa
 - Radiazione solare
 - Venti dominanti
- Studio degli ombreggiamenti
 - Diagrammi solari
- Strategie per l'ombreggiamento
 - Barriere vegetali
 - Elementi schermanti fissi e mobili
 - Elementi schermanti orizzontali e verticali
- Orientamento dell'edificio lungo l'asse est-ovest
- Forma dell'edificio
 - Verifica del rapporto superficie volume
- Distribuzione interna dell'edificio
- Guadagni solari diretti mediante l'uso passivo dell'energia solare
- Verifica estensione delle superfici vetrate rispetto all'orientamento

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Progettazione dell'involucro, attenzione a:

- Coibentazione
 - Continuità della coibentazione attorno all'involucro
 - Presenza di coibentazione verso locali non riscaldati ma a contatto con l'edificio
- Correzione dei ponti termici
- Tenuta all'aria
- Caratteristiche dei materiali e dei pacchetti costruttivi:
 - Conducibilità termica
 - Trasmittanza
 - Inerzia termica
 - Sfasamento e smorzamento
 - Traspirabilità
 - Condensa
- Caratteristiche delle aperture vetrate

- Tramittanza globale, del vetro e del telaio
- Trasparenza energetica

Impianti

- Impianti di riscaldamento
 - Impianto centralizzato con eventuale contabilizzazione del calore
 - Tipologia di generatore di calore per riscaldamento e/o raffrescamento
 - da fonti energetiche non rinnovabili: caldaia a condensazione, impianti di cogenerazione
 - da fonti energetiche rinnovabili: caldaia a biomassa, pompe di calore, impianti geotermici e solari termici
 - Terminali di impianto: a bassa temperatura (pavimento, parete e soffitto)
 - Ventilazione meccanica controllata
- Impianti elettrici
 - Progettazione:
 - Impianto a stella
 - Disgiuntore di rete automatico sul quadro di distribuzione
 - Previsione di apparecchiature elettriche in numero non superiore al necessario
 - Interruttori locali, interruttori a tempo, sensori di presenza, sensori di illuminazione naturale
 - Sistemi di domotica
 - Esecuzione ed utilizzo:
 - Cavi elettrici, scatole di derivazione, quadri e prese: schermati
 - Lampade ad elevata efficienza energetica
 - Apparecchiature ad elevata efficienza energetica
 - Integrazione dell'impianto elettrico con fonti di energia rinnovabili:
 - Impianto fotovoltaico
 - Impianto eolico
 - Mini Hydro e Micro Hydro
- Impianti idraulici
 - Progettazione:
 - Integrazione con impianto di recupero delle acque piovane
 - Integrazione con impianto di fitodepurazione delle acque grigie
 - Esecuzione ed utilizzo
 - Misure per il risparmio idrico: sciacquoni doppio tasto, rubinetti monocomando, a serrata rapida, dotati di frangigetto, ecc...

EDIFICI ESISTENTI

Obiettivi

- Risanamento globale: dimezzamento dei consumi energetici per la climatizzazione invernale rispetto allo stato di fatto;
- interventi parziali su componenti: raggiungimento dei valori di trasmittanza previsti dalla normativa vigente.

Un progetto che ha come obiettivo il risparmio energetico deve prendere in considerazione gli aspetti relativi allo stato di fatto, alla tipologia e programmazione degli interventi in base agli obiettivi predefiniti. In particolare, gli aspetti a cui prestare maggiore attenzione saranno:

Stato di fatto

Calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio

Obiettivi

- Fabbisogno energetico da raggiungere
- Requisiti prestazionali degli elementi costituenti gli edifici
- Requisiti prestazionali degli impianti
- Qualità dell'ambiente interno

Strategie e programma di intervento

- Pianificazione ottimale dell'intervento
- Ottimizzazione costi/benefici

Interventi

Progettazione

- Strategie per l'ombreggiamento
 - Barriere vegetali
 - Elementi schermanti fissi e mobili
 - Elementi schermanti orizzontali e verticali
- Distribuzione interna dell'edificio
- Guadagni solari diretti mediante l'uso passivo dell'energia solare
- Verifica estensione delle superfici vetrate rispetto all'orientamento

Pacchetto involucro

- Isolamento termico
 - Pareti
 - Cappotto esterno
 - Facciata ventilata
 - Isolamento interno
 - Isolamento verso vani non riscaldati
 - Coperture
 - Isolamento della copertura
 - Creazione della ventilazione se assente
 - Solai
 - Isolamento dei solai controterra, verso locale non riscaldato
 - Isolamento solaio dell'ultimo piano (se la copertura non viene isolata)
- Continuità della coibentazione attorno all'involucro ove possibile
- Correzione dei ponti termici
- Verifica della tenuta all'aria dei componenti interessati dall'intervento

- Caratteristiche dei materiali e dei pacchetti costruttivi
 - Conducibilità termica
 - Trasmittanza
 - Inerzia termica
 - Sfasamento e smorzamento
 - Traspirabilità
 - Condensa
- Caratteristiche delle aperture vetrate
 - Tramittanza globale, del vetro e del telaio
 - Trasparenza energetica

Impianti

- Impianti di riscaldamento
 - Sostituzione della caldaia
 - Sostituzione della caldaia esistente e dei terminali di impianto
 - da fonti energetiche non rinnovabili: caldaia a condensazione, impianti di cogenerazione
 - da fonti energetiche rinnovabili: caldaia a biomassa, pompe di calore, impianti geotermici e solari termici
 - terminali di impianto: a bassa temperatura (pavimento, parete e soffitto)
 - Applicazione di sistemi di regolazione all'impianto esistente
 - Centralizzazione degli impianti
 - Coibentazione di tubazioni nude in ambienti non riscaldati
 - Ventilazione meccanica controllata
- Impianti elettrici
 - Sostituzione integrale dell'impianto
 - Progettazione
 - Impianto a stella
 - Disgiuntore di rete automatico sul quadro di distribuzione
 - Previsione di apparecchiature elettriche in numero non superiore al necessario
 - Interruttori locali, interruttori a tempo, sensori di presenza, sensori di illuminazione naturale
 - Sistemi di domotica
 - Esecuzione ed utilizzo
 - Cavi elettrici, scatole di derivazione, quadri e prese: schermati
 - Lampade ad elevata efficienza energetica
 - Apparecchiature ad elevata efficienza energetica
 - Integrazione dell'impianto elettrico con fonti di energia rinnovabili
 - Impianto fotovoltaico
 - Impianto eolico
 - Mini Hydro e Micro Hydro

Interventi sugli impianti esistenti

- Progettazione
 - Disgiuntore di rete automatico sul quadro di distribuzione
 - Sistemi di domotica
- Esecuzione ed utilizzo
 - Scatole di derivazione, quadri e prese: schermati
 - Lampade ad elevata efficienza energetica
 - Apparecchiature ad elevata efficienza energetica
- Integrazione dell'impianto elettrico con fonti di energia rinnovabili
 - Impianto fotovoltaico

- Impianto eolico
- Mini Hydro e Micro Hydro

- Impianti idraulici
Sostituzione integrale dell'impianto
 - Progettazione
 - Integrazione con impianto di recupero delle acque piovane
 - Integrazione con impianto di fitodepurazione delle acque grigie
 - Esecuzione ed utilizzo
 - Misure per il risparmio idrico: sciacquoni doppio tasto, rubinetti monocomando, a serrata rapida, dotati di frangigetto, ecc...

Interventi sugli impianti esistenti

- Progettazione
 - Integrazione con impianto di recupero delle acque piovane ove possibile
 - Integrazione con impianto di fitodepurazione delle acque grigie ove possibile
- Esecuzione ed utilizzo
 - Misure per il risparmio idrico: sciacquoni doppio tasto, rubinetti monocomando, a serrata rapida, dotati di frangigetto, ecc...

9. ASPETTI REGOLAMENTARI

Le misure che i Comuni possono adottare ed introdurre nei regolamenti edilizi in materia di risparmio energetico e bioarchitettura vengono definite nelle leggi regionali riportate in seguito.

Legge Regionale 27 novembre 2006, n. 024

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi agli enti locali in materia di agricoltura, foreste, ambiente, energia, pianificazione territoriale ed urbanistica, mobilità, trasporto pubblico locale, cultura, sport.

Capo III

Riordino delle funzioni in materia di energia

Art. 21 - Funzioni dei Comuni

1. In materia di energia i Comuni esercitano le seguenti funzioni:

a) promozione delle fonti rinnovabili e del risparmio energetico, attività in materia di controllo e di uso razionale di energia;

Art. 59 – Modifica alla LR 30/2002

<<Art. 4 - Funzioni dei Comuni

1. I Comuni, in conformità con gli indirizzi della programmazione regionale in campo energetico e nel rispetto della normativa di settore, svolgono le seguenti attività:

a) certificazione energetica degli edifici e adozione di provvedimenti atti a favorire su scala comunale il risparmio energetico e l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia;

c) promozione delle fonti rinnovabili e del risparmio energetico, funzioni in materia di controllo e di uso razionale di energia;

Legge regionale 23 febbraio 2007, n. 5

Riforma dell'urbanistica e disciplina dell'attività edilizia e del paesaggio.

Art. 39 - Misure per la promozione della bioedilizia, della bioarchitettura e del rendimento energetico nell'edilizia.

1. I Comuni introducono nel regolamento edilizio disposizioni finalizzate a promuovere la bioedilizia, la bioarchitettura, nonché gli interventi per il risparmio energetico, nel rispetto dell'articolo 6 della legge regionale 18 agosto 2005, n. 23 (Disposizioni in materia di edilizia sostenibile).

Art. 6 legge regionale 18 agosto 2005, n. 23.

Protocollo regionale bioedilizia

1. Il <<Protocollo regionale per la valutazione della qualità energetica e ambientale di un edificio>>, in seguito denominato Protocollo, è lo strumento attuativo di cui si dota la Regione per disciplinare la valutazione del livello di biosostenibilità dei singoli interventi in bioedilizia e per graduare i contributi previsti dalla presente legge.

2. La Giunta regionale, in sede di prima applicazione, entro novanta giorni dall'entrata in vigore della presente legge e successivamente ogni due anni, previo parere della Commissione consiliare competente, adotta il Protocollo.

3. Il Protocollo è diviso in aree di valutazione e comprende i requisiti bioedili richiesti con le corrispondenti scale di prestazione quantitativa e di prestazione qualitativa che determinano il punteggio di valutazione dei singoli interventi, con riferimento anche alle seguenti materie:

a) utilizzo delle risorse climatiche finalizzato al riscaldamento, al raffrescamento e alla ventilazione naturale degli edifici (climatizzazione passiva);

b) elevazione della qualità ambientale degli spazi esterni attraverso il controllo della temperatura superficiale e dei flussi d'aria, dell'inquinamento acustico, luminoso, atmosferico ed elettromagnetico, nonché la valutazione degli aspetti di percezione sensoriale dell'ambiente costruito;

c) integrazione paesaggistica degli edifici con il contesto ambientale;

- d) integrazione dell'edificato con la cultura locale, nel recupero delle tradizioni costruttive;
- e) contenimento dell'utilizzazione di risorse da realizzarsi mediante l'impiego di materiali da costruzione a limitato consumo, nelle fasi di produzione e di trasporto;
- f) riduzione del fabbisogno di energia elettrica mediante l'utilizzo di impianti di illuminazione e di elettrodomestici a basso consumo;
- g) contenimento dei consumi idrici di acqua potabile negli edifici, impianti e relative pertinenze;
- h) riduzione dei consumi energetici per il riscaldamento degli edifici, garantendone l'ottimale isolamento termico, il miglior rendimento degli impianti e l'impiego di energie rinnovabili;
- i) realizzazione di impianti di ventilazione e raffrescamento efficienti, mediante il controllo degli apporti calorici solari e dell'inerzia termica degli elementi costruttivi;
- j) impiego di energie rinnovabili per la produzione di energia elettrica e di acqua calda sanitaria;
- k) riduzione dei carichi ambientali degli edifici valutati nel corso dell'intero loro ciclo di vita, quali i rifiuti da costruzione e demolizione, le emissioni in atmosfera, il deflusso di acque reflue anche mediante il riutilizzo delle acque saponate, l'inquinamento acustico, la fitodepurazione;
- l) elevazione della qualità ambientale visiva, acustica, termica, elettromagnetica e dell'aria esterna e interna agli edifici;
- m) elevazione della qualità dei servizi forniti dagli edifici, in termini di adattabilità, flessibilità, gestione e controllo impiantistico;
- n) distanza da servizi sociali e qualità ambientale delle comunicazioni e dei trasporti esterni (accessibilità e prossimità dei servizi);
- o) predisposizione degli impianti.

4. Il Protocollo costituisce criterio di priorità nei finanziamenti, per gli interventi di acquisto, costruzione e/o ristrutturazione di edifici pubblici o privati previsti dalla legislazione regionale vigente sotto qualsiasi forma, ed in tal senso vanno modificati i regolamenti di esecuzione della legge regionale 7 marzo 2003, n. 6 (Riordino degli interventi regionali in materia di edilizia residenziale pubblica), e i regolamenti eventualmente adottati ai sensi dell'articolo 30 della legge regionale 20 marzo 2000, n. 7 (Testo unico delle norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso).

5. Ai fini della priorità prevista dal comma 4 e degli incentivi urbanistici previsti dall'articolo 11, il Protocollo individua inoltre minimi punteggi di valutazione dei singoli interventi sotto i quali la priorità nei finanziamenti e gli incentivi urbanistici non sono previsti.

2. Gli interventi per il risparmio energetico sono ammessi anche in deroga ai vigenti regolamenti nelle more dell'adeguamento di cui al comma 1.

3. Gli interventi finalizzati al perseguimento di obiettivi di risparmio energetico e che necessitano anche di limitate modifiche volumetriche possono essere realizzati anche in deroga agli indici urbanistico-edilizi previsti dagli strumenti urbanistici e dai regolamenti edilizi.

4. Copia semplice dell'attestato di certificazione energetica o di rendimento energetico dell'edificio di cui al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 (Attuazione della direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002, relativa al rendimento energetico nell'edilizia), e successive modifiche, e' depositata presso il Comune competente a cura del costruttore o del proprietario dell'immobile all'atto della richiesta di agibilità dell'immobile. Le modalità di raccolta ed elaborazione dei dati e di monitoraggio dei livelli prestazionali energetici degli edifici sono stabilite ai sensi dell'articolo 62.

5. I Comuni stabiliscono, per gli interventi di cui al comma 1, una riduzione del contributo di costruzione, se dovuto, in misura non inferiore al 5 per cento dell'importo.

Legge Regionale 18 giugno 2007, n. 015

Misure urgenti in tema di contenimento dell'inquinamento luminoso, per il risparmio energetico nelle illuminazioni per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici.

Art. 1- Finalità

1. La presente legge ha come finalità:

- a) la riduzione dell'inquinamento luminoso e ottico, nonché la riduzione dei consumi energetici da esso derivanti;
- b) l'uniformità dei criteri di progettazione per il miglioramento della qualità luminosa degli impianti per la sicurezza della circolazione stradale;
- c) la protezione dall'inquinamento luminoso dell'attività di ricerca scientifica e divulgativa svolta dagli osservatori astronomici;
- d) la protezione dall'inquinamento luminoso dell'ambiente naturale inteso anche come territorio, dei ritmi naturali delle specie animali e vegetali, nonché degli equilibri ecologici sia all'interno che all'esterno delle aree naturali protette;
- e) la salvaguardia del cielo notturno per tutta la popolazione;
- f) la diffusione tra il pubblico delle tematiche relative all'inquinamento luminoso e la formazione di tecnici con competenze nell'illuminazione.

Art. 5 - Compiti dei Comuni

1. I Comuni:

- a) si dotano, entro tre anni dalla data di entrata in vigore della presente legge, di piani dell'illuminazione che disciplinano le nuove installazioni in conformità alla presente legge, al decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 (Nuovo codice della strada), e successive modifiche e integrazioni, alla legge 9/1991, e successive modifiche e integrazioni e alla legge 10/1991, e successive modifiche e integrazioni, attinenti il Piano energetico nazionale, fermo restando quanto previsto alla lettera d) e all'articolo 8, comma 1; tali piani, in conformità agli articoli 8 e 11, programmano, oltre alla realizzazione di nuove installazioni, la modifica e l'adeguamento, la manutenzione, la sostituzione e l'integrazione degli impianti d'illuminazione del territorio già esistenti alla data di entrata in vigore della presente legge, nonché i relativi finanziamenti e le previsioni di spesa;
- b) adeguano i regolamenti edilizi alle disposizioni della presente legge.

AMBIENTE, SOSTENIBILITÀ, SALUTE E BENESSERE: IL PROGETTO NATURALE

1. INTRODUZIONE: LA SCELTA BIOECOLOGICA

Il legame esistente tra l'architettura e le tecnologie costruttive che rende possibile l'architettura sostenibile si esprime attraverso un approccio consapevole nei confronti della costruzione e delle ripercussioni di questa sul mondo circostante, secondo una linea temporale che considera lo sviluppo del presente e del futuro reciprocamente dipendenti.

Per questo l'approccio alla costruzione deve essere sostenibile sin dalle prime fasi, a partire da una progettazione che permetta di concepire l'edificio attraverso materiali e componenti facilmente separabili nell'ottica di un loro riciclaggio o riutilizzo.

Le conoscenze delle prestazioni dei diversi materiali e dei componenti tecnici si completano con le cognizioni relative all'impatto degli stessi sull'ambiente naturale e sull'uomo, valutando le loro fasi di produzione, impiego e dismissione a conclusione del ciclo di vita.

Questo significa porre grande attenzione alle risorse fisiche, ambientali, energetiche e tecnologiche del nostro pianeta e alle questioni relative alla salute e all'efficienza dei processi costruttivi, in modo che questi provochino il minor impatto possibile sull'ambiente e sui singoli individui.

Anche il recupero di edifici esistenti appartiene a pieno titolo alla cultura del costruire sostenibile in quanto utilizza le risorse edilizie già presenti sul territorio, senza sprecarne ulteriori.

La conoscenza del manufatto esistente permette di comprendere come le modalità costruttive degli edifici del passato abbiano in sé i principi base della sostenibilità, soprattutto in relazione al reperimento delle materie prime, alla loro lavorazione, al loro utilizzo ed eventuale riuso e alle tecniche adoperate per un sapiente intervento nel rispetto dei vincoli ambientali.

2. GESTIONE SOSTENIBILE DELL'ATTIVITA' DI CANTIERE

2.1 CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI, DELLE RISORSE AMBIENTALI, DEI MATERIALI E GESTIONE DEI RIFIUTI

Le nuove tecniche, gli impianti e i nuovi materiali introdotti soprattutto in quest'ultimo mezzo secolo, in particolare quelli provenienti dalla chimica (vernici, additivi, isolanti, impermeabilizzanti, guarnizioni, rivestimenti), hanno reso i nostri edifici meno salubri, meno separabili nelle loro parti costituenti e hanno anche reso i cantieri di costruzione molto più sporchi, rumorosi e inquinanti.

Obiettivi

Contenere i consumi di energia, delle risorse ambientali, dei materiali e per una corretta gestione dei rifiuti da costruzione o demolizione nell'ambito del cantiere.

Strategie progettuali

Per le nuove costruzioni e per gli interventi su edifici esistenti, è indispensabile:

- *Rifiuti*
 - Ridurre i rifiuti da costruzione e demolizione: valutare i sistemi di costruzione, assemblaggio, recupero e riciclaggio degli elementi;
 - accertare l'assenza di tossicità dei materiali da demolire;
 - prevedere la raccolta differenziata dei rifiuti da cantiere al fine di raccogliere materiali di recupero omogenei, evitando comportamenti scorretti quali l'interro dei materiali di risulta o l'incenerimento degli stessi;
 - prevedere un corretto ed idoneo stoccaggio dei diversi materiali all'interno dell'area di cantiere.

- *Materiali, modalità costruttive, contenimento dei consumi energetici*
 - Ridurre il consumo di materie prime non rinnovabili: utilizzare materiali ricavati da materie prime rinnovabili, il cui ciclo di vita evidenzia un basso impatto ambientale e la possibilità di riciclarli e impiegarli in nuove edificazioni;
 - prevedere l'impiego di materiali/componenti con lunghi cicli di vita che consentano di ridurre gli interventi di manutenzione degli edifici;
 - impiegare modalità costruttive che consentano demolizioni selettive attraverso componenti e materiali facilmente separabili e in seguito riutilizzabili;
 - favorire l'impiego di materiali locali, mantenendo così viva la tradizione costruttiva del luogo;
 - favorire il riutilizzo della maggior parte dei fabbricati esistenti: disincentivare le demolizioni e gli sventramenti in presenza di strutture recuperabili;
 - recupero di edifici esistenti: per la pulitura dei materiali procedere mediante azioni meccaniche, azioni fisiche, trattamenti, disinfestazioni, rimozioni e trattamenti con detersivi, esenti da prodotti provenienti da sintesi petrolchimica e non tossici per l'ambiente, l'uomo, gli animali o le piante.

- *Gestione delle risorse ambientali*
 - Suolo
 - Conservazione attraverso strategie di controllo dell'erosione e della sedimentazione del suolo per proteggere il terreno durante la costruzione;
 - prevenzione e controllo di possibili inquinamenti del suolo dovuti a sversamenti, smaltimento di residui di materiali o sostanze impiegati durante il processo di costruzione dell'edificio.
 - Acqua
 - Prevenzione e controllo di possibili inquinamenti delle acque dovuti a sversamenti, smaltimento di residui di materiali o sostanze impiegati durante il processo di costruzione dell'edificio;
 - prevedere il recupero delle acque piovane da riutilizzarsi per tutti gli impieghi che non prevedono l'utilizzo di acqua potabile.
 - Aria
 - Minimizzare i trasporti: preferire materiali e tecnologie locali (raggio di provenienza 100 km);
 - ridurre le emissioni di polveri, odori e fumi.

3. STRATEGIE PROGETTUALI: AZIONI DI PROGETTO E MODALITA' DI ATTUAZIONE

3.1 QUALITÀ DELL'AMBIENTE ESTERNO

3.1.1 Comfort termico degli spazi esterni e ventilazione naturale

La qualità ambientale degli spazi esterni viene determinata dalla morfologia del terreno e degli edifici, dalle caratteristiche fisiche dei materiali impiegati per le pavimentazioni e i rivestimenti esterni, e dal microclima del luogo.

Obiettivi

Per una corretta progettazione degli spazi esterni è quindi fondamentale valutare il controllo della temperatura superficiale e il controllo dei flussi d'aria poiché queste tecniche permettono di gestire in modo ottimale il microclima esterno riducendo il carico di calore incidente sull'edificio.

Strategie progettuali

Al fine di controllare la temperatura superficiale, valutare:

- *Suolo*
 - Riveste particolare importanza ai fini del microclima in quanto la temperatura dell'aria di un luogo è determinata dallo scambio di calore con il terreno. Ogni tipo di suolo ha valori di albedo caratteristici;
 - al fine di controllare la temperatura superficiale, valutare:
 - inclinazione del terreno: le superfici orizzontali riflettono una quantità maggiore di radiazione solare rispetto alle superfici verticali;
 - tipologia del terreno: i terreni aridi (sabbia e ghiaia) determinano temperature più elevate e minore umidità, mentre i terreni umidi (argilla e acquitrini) determinano temperature basse e contenuti elevati di umidità.
- *Radiazione solare*
 - Varia di quantità ed intensità nell'arco della giornata e al mutare delle stagioni;
 - subisce dei fenomeni di riflessione e di diffusione diversi sia in relazione alle caratteristiche della superficie su cui incide, sia all'angolo di inclinazione con cui raggiunge la superficie stessa.
- *Acqua*
 - Possiede la capacità di moderare le variazioni della temperatura e di stabilizzare le condizioni termiche;
 - la presenza o la vicinanza di acqua attenua le temperature minime invernali e massime estive, poiché assorbe e cede calore più lentamente del suolo per effetto dell'evaporazione e della maggiore riflessione.
- *Scelta dei materiali di rivestimento del terreno*
 - Dipende da:
 - quantità di radiazione solare incidente nel terreno: elevata se diretta, ridotta se schermata da elementi fissi presenti nel contesto;
 - caratteristiche termofisiche dei materiali: albedo (coefficiente di riflessione della radiazione solare), emissività (coefficiente di emissione delle radiazioni termiche), la conduttività e la capacità termica;
 - grado di levigatezza superficiale dei materiali: le superfici ruvide diffondono la radiazione, mentre le superfici levigate riflettono la luce in raggi paralleli prevedibili (l'angolo con il quale i raggi colpiscono una superficie riflettente sarà uguale all'angolo dei raggi riflessi).
- *Verde*
 - La vegetazione possiede proprietà termofisiche che, differenziandosi da quelle del terreno nudo e da quelle delle superfici dure sia naturali (roccia) che artificiali (asfalto urbano, superfici edilizie) producono variazioni microclimatiche considerevoli nell'ambiente in cui viene

- introdotta;
- la sistemazione a verde di un sito non ha solamente effetti positivi sul comfort termico degli spazi esterni, bensì contribuisce in modo significativo a ridurre il carico termico degli edifici localizzati nel sito stesso;
 - le principali proprietà termofisiche che producono effetti sugli scambi radiativi, sulla dinamica dei venti, sulla temperatura, umidità e qualità dell'aria, sono:
 - capacità e conduttanza termica minori di quelle delle superfici non vegetate;
 - radiazione solare assorbita principalmente dalle foglie;
 - possibilità di filtraggio della radiazione solare diretta che raggiunge il suolo o altre superfici, in funzione della copertura delle foglie;
 - filtraggio della polvere e altri inquinanti dell'aria;
 - assorbimento dell'energia cinetica del vento, con modificazione dei relativi campi di velocità e pressione, più graduale rispetto alle barriere solide;
 - elementi determinanti le caratteristiche fisiche delle alberature in funzione dell'ombreggiamento:
 - livello di accrescimento: influenza l'efficacia nel tempo della funzione di ombreggiamento;
 - altezza della pianta: influenza la profondità della zona d'ombra;
 - portamento e forma della chioma: preferire vegetazione con chioma sferoide ed espansa che consente un ombreggiamento esteso; una distribuzione continua di un filare di alberi può altresì produrre effetti di ombreggiamento rilevanti anche se la forma della chioma è fusiforme od ovoidale;
 - tipo di fogliame: l'efficacia dell'ombreggiamento prodotto dagli alberi sul suolo o sulle pareti degli edifici è legato ai cicli stagionali. Impiegare a protezione dei fronti maggiormente soleggiati alberature a foglia caduca, mentre a protezione dei fronti più freddi preferire alberature sempreverdi;
 - densità della chioma: influenza l'efficacia nel tempo della funzione di ombreggiamento.
 - *Sistemi insediativi – ombreggiamento in rapporto al costruito*
 - Inseediamento a scacchiera:
 - densità alta: prevalenza dei pieni sui vuoti:
 - scarso soleggiamento sulle pareti degli edifici sia in estate che in inverno;
 - il sole colpisce direttamente solo gli edifici perimetrali;
 - climi caldi: si riduce l'apporto termico grazie all'ombreggiamento e la mancanza di una adeguata ventilazione provoca il ristagno dell'aria e del calore;
 - densità media: pieni equivalenti ai vuoti:
 - il sole penetra tra gli spazi liberi degli edifici e si riduce l'ombreggiamento;
 - la mutua protezione tra edifici, in particolare in estate, avviene solo in prima mattinata e nel tardo pomeriggio;
 - in inverno gli edifici vengono irradiati solo a mezzogiorno;
 - climi caldi: si regola l'apporto termico e garantisce una buona ventilazione e un discreto ricambio d'aria;
 - densità bassa: prevalenza dei vuoti sui pieni:
 - i raggi solari raggiungono sempre sia il suolo che le pareti degli edifici;
 - l'apporto termico è massimo: il soleggiamento non risulta mai ostacolato;
 - climi freddi: la bassa intensità consente un irraggiamento costante e continuo, ma in inverno gli edifici sono sottoposti all'azione diretta del vento con conseguente aumento delle dispersioni termiche e riduzione della temperatura;
 - insediamento a corte:
 - la presenza di corti centrali all'interno di un insediamento consente di avere vaste aree ombreggiate;
 - per sfruttare al meglio l'ombreggiamento interno è consigliabile:
 - climi caldi: superficie chiusa all'esterno e aperta verso l'interno;
 - climi freddi: superficie aperta all'esterno e chiusa verso l'interno.
 - E' possibile utilizzare schermi (artificiali, vegetali o misti) per il controllo della radiazione solare diretta (schermi orizzontali) e riflessa (schermi verticali) del terreno, incidente sullo spazio d'utenza.

Strategie progettuali

Al fine di controllare i flussi d'aria, valutare:

- *Suolo*
 - Può essere utilizzato per la creazione di barriere antivento artificiali: la struttura densa e solida di tali barriere assicura una migliore riduzione della velocità del vento, ma solo per piccole distanze a causa della presenza di forti turbolenze dovute alla mancanza di permeabilità della barriera stessa.

- *Acqua*
 - Crea correnti d'aria fresche dall'acqua verso il suolo.

- *Verde*
 - Elementi determinanti le caratteristiche fisiche delle alberature in funzione della protezione dai venti:
 - livello di accrescimento: determina a livello progettuale la scelta delle alberature da impiegare come frangivento;
 - altezza della pianta: determina l'ampiezza della zona d'ombra (zona sottovento) e devia la direzione del flusso del vento;
 - portamento e forma della chioma: preferire vegetazione con chioma sferoide ed espansa che consente una riduzione e una modifica efficace della velocità e della direzione del vento;
 - organizzazione e disposizione degli elementi vegetali: preferire la disposizione continua degli elementi di vegetazione posti perpendicolarmente alla direzione delle correnti fredde e con lunghezza maggiore dell'elemento che si vuole riparare;
 - tipo di fogliame: impiegare a protezione dei fronti più freddi e ventosi alberature sempreverdi;
 - densità della chioma: non molto elevata in modo da non creare turbolenze nella zona sopra vento.

- *Barriere frangivento: muri, pareti e recinzioni*
 - Presentano un'efficacia di riduzione della velocità del vento diversa rispetto alle barriere naturali: producono infatti un effetto maggiore subito dopo l'ostacolo, ma minore a distanze superiori.

- *Barriere frangivento: edifici*
 - Se il vento impatta contro un edificio in direzione pressoché ortogonale rispetto ad una delle sue facciate:
 - viene rallentato determinando un'area di sovrappressione (lato sopravvento): si forma quindi una zona di turbolenza la cui entità dipende dal rapporto tra larghezza ed altezza della facciata;
 - viene deviato ed accelerato lungo la copertura e le facciate laterali e posteriori dove si genera una depressione;
 - maggiore è l'accelerazione provocata dalla forma e dalla dimensione dell'edificio, maggiore sarà la depressione;
 - edifici isolati a sviluppo prevalentemente verticale (basso rapporto di forma):
 - altezza elevata: determina un aumento della velocità del vento e della pressione. Gli edifici sono sottoposti a enormi sollecitazioni dinamiche, elevate sollecitazioni statiche e forti scambi termo igrometrici;
 - edifici isolati con elevata superficie di facciata e notevole dimensione dei lati (rapporto di forma prossimo a 1):
 - si determina una forte turbolenza alla base dell'edificio con grave disturbo del comfort;
 - sistemi insediativi – tessuto a maglia ortogonale:
 - le dinamiche delle componenti del vento dipendono dalle densità localizzative planimetriche e dall'orientamento degli edifici rispetto alla direzione del vento;
 - maggiore sarà la densità localizzativa planimetrica, maggiori saranno la pressione e le turbolenze sugli edifici;

- direzione del vento parallela alla facciata principale di due edifici aventi la medesima altezza: aumento della velocità del vento in funzione della distanza tra i due edifici;
- direzione del vento ortogonale alla facciata principale di due edifici adiacenti aventi la medesima altezza: forte aumento della velocità del vento;
- direzione del vento ortogonale alla facciata di due edifici lineari contrapposti aventi diversa altezza:
 - presenza di zona di calma assoluta di vento tra gli edifici:
 - nel caso in cui non ci sia elevata differenza di altezza tra gli edifici;
 - con edifici di elevata differenza di altezza, nel caso in cui il vento impatti prima sull'edificio più alto;
 - presenza di forti turbolenze di vento tra gli edifici:
 - con edifici di elevata differenza di altezza, nel caso in cui il vento impatti prima sull'edificio più basso.
- elementi determinanti le caratteristiche degli edifici in funzione della protezione dai venti:
 - conferire all'edificio una forma che asseconi la dinamica del vento;
 - il profilo che determina una maggiore ombra di vento è quello verticale;
 - il profilo inclinato riduce le turbolenze (si creano sulla facciata sopravvento) e produce un'ombra di vento leggermente più corta rispetto alla facciata verticale;
 - l'esposizione al vento può essere ridotta:
 - manipolando la pendenza e l'altezza del tetto;
 - integrando l'involucro dell'edificio con la conformazione del terreno per ridurre la superficie esposta;
 - uso di angoli arrotondati: il flusso d'aria viene così condotto intorno alla struttura;
 - uso di superficie lisce prive di sporgenze, alette o schermi per offrire la minor resistenza possibile al flusso d'aria.

3.1.2 Inquinamento elettromagnetico

La presenza sul territorio di tutta una serie di dispositivi che generano campi elettromagnetici quali gli impianti radio-TV, i telefoni cellulari, la rete di distribuzione dell'energia elettrica, ecc. rappresenta per l'uomo fonte di esposizione non sotto valutabile.

Obiettivi

Riduzione dei campi elettromagnetici presenti all'interno degli edifici generati da sorgenti esterne.

Caratteristiche

I campi elettromagnetici si dividono in:

- stazionari: campo magnetico terrestre;
- non stazionari:
 - lentamente variabili: generati da onde a bassissima frequenza (trasporto energia elettrica);
 - rapidamente variabili: generati da onde a media ed alta frequenza (radio telecomunicazioni, telefonia cellulare).

I campi elettromagnetici si classificano a seconda della frequenza:

Campi statici, frequenza pari a 0 Hz	
Campi ELF (Extremly Low Frequency)	da 30 a 3000 Hz
Campi VLF (Very Low Frequency)	da 3 a 30 kHz
Campi LF (Low Frequency)	da 30 a 300 kHz
Campi RF (Radio Frequenze)	da 300 a 300 MHz
Campi MO (Microonde)	da 300 MHz a 300 GHz

Rischi per la salute

- Le interazioni dei campi elettromagnetici con i sistemi biologici dipendono da: frequenza, intensità e tempo di esposizione.
- Nel settore della protezione dai campi elettromagnetici non ionizzanti occorre tenere conto dei concetti di:
 - interazione;
 - effetto biologico: variazioni morfologiche o funzionali a carico di strutture di livello superiore a quello molecolare (cellule, tessuti, ecc.);
 - effetto sanitario (danno).
- Effetti acuti che le radiazioni provocano a livello tissutale in relazione alla frequenza:
 - campi indotti da frequenza ELF (50 – 60 Hz) legati al trasporto di energia elettrica: provocano nei tessuti una induzione di correnti minimali che attraversano il sistema per scaricarsi a terra. L'effetto sanitario acuto consiste nella folgorazione;
 - campi indotti da radiofrequenze e microonde provocati da installazioni emittenti ed industriali, e da sistemi per le telecomunicazioni: provocano un innalzamento della temperatura. L'effetto sanitario si identifica con il riscaldamento tissutale e conseguente danno d'organo.

Caratteristiche ed effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici:

Denominazione	Frequenza (Hz)	Lunghezza d'onda (m)	Applicazioni	Lavoratori esposti	Popolazione esposta
Correnti alternate	50	6000 km	Trasporto energia elettrica	Addetti alle linee ed impianti elettrici ad alta tensione, addetti alle linee ed impianti telefonici	Residenti in prossimità di linee ed impianti elettrici e telefonici
Bassissime frequenze	30 kHz	10 km	Telefonia		
Radiofrequenze RF	30 kHz	10 km	Telecomunicazioni, saldatura, fusione	Lavorazioni industriali dei settori, metalmeccanico, chimico del legno	Residenti nelle vicinanze degli impianti per le telecomunicazioni
	3 MHz	100 m	Tempera, sterilizzazione	Addetti agli impianti per le telecomunicazioni	
	3 MHz	100 m	Riscaldamento, essiccamento, incollaggio, saldatura, emissioni radio	Lavorazioni industriali dei settori: metalmeccanico, chimico, elettronico	Residenti nelle vicinanze di emittitori e ripetitori di radio e TV, impianti radar
Radiofrequenze RF	300 MHz	1 m	Emissioni radio, radioastronomia, radar, emissioni TV, radar meteorologici, ponti	Lavorazioni industriali dei settori: metalmeccanico, chimico, elettronico, operatori di impianti radar, ricercatori	Residenti nelle vicinanze di emittitori e ripetitori radio e TV, impianti radar, pazienti.
Microonde MO	300 MHz	1 m	Meteorologici, ponti radio, forni a microonde, telemetria	Impianti radar, addetti alla radar terapia, addetti alla cucina con forni a microonde	Personale domestico, pazienti, residenti in vicinanze di trasmettitori TV
	3 GHz	10 cm	Radar - terapia		
Ultravioletto UV	750 THz	400 nm	Sterilizzazione ed altri impieghi medici	Addetti alle sorgenti UV	Pazienti
	3000 THz	100 nm			

Campi elettromagnetici a bassissima frequenza (ELF)

Caratteristiche

- Sono determinati da tutti gli apparecchi elettrici funzionanti alla frequenza di rete (50 Hz) utilizzati in campo industriale e domestico e dalla produzione, trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica.
- Le principali sorgenti sono classificabili in due categorie a seconda che si trovino in aree esterne o in ambienti confinati:
 - sorgenti in ambiente esterno, ovvero tutta la rete di distribuzione dell'energia elettrica:
 - elettrodotti: i valori di campo magnetico rilevati negli edifici prossimi a tali sorgenti sono sempre risultati inferiori a quelli previsti dalla normativa vigente pari a 100 microTesla, ma quasi sempre superiori a quei valori che alcuni studi epidemiologici associano allo sviluppo di tumori per esposizioni croniche, ovvero uguali o maggiori a 0,2 microTesla;
 - stazioni e cabine primarie:
 - il campo elettrico e magnetico rilevabile è piuttosto elevato ma è comunque un problema che interessa i lavoratori;
 - chi risiede in prossimità di stazioni o cabine primarie, può subire l'esposizione ai campi magnetici prodotti dalle linee elettriche che terminano e si dipartono dagli impianti stessi se questi si trovano in prossimità di aree urbane;
 - cabine di trasformazione MediaTensione/BassaTensione:
 - trasformano l'energia dalla media tensione (MT) alla tensione di utilizzazione (bassa tensione, BT);
 - cabina di trasformazione dislocata all'interno di un edificio: campo magnetico significativo (da 0,2 microTesla fino a 1 microTesla a seconda dell'utenza servita) solo nel locale posto al di sopra dell'impianto;

- sorgenti in ambiente confinato: tutti gli impianti elettrici domestici e gli apparecchi elettrici ed elettronici ad essi collegati.

Strategie progettuali

- *Cavi interrati*
 - Consentono una diminuzione del campo magnetico e riducono l'impatto ambientale;
 - impiego in linee elettriche ad alta e media tensione con geometria dei cavi a "trifoglio";
 - devono essere segnalati e non essere adiacenti agli spazi esterni in cui si prevede la significativa presenza di individui.
- *Cavi aerei*
 - Per la distribuzione a media tensione;
 - per la distribuzione dell'alta tensione: linee compatte (riducono il campo magnetico rispetto ad una linea tradizionale e l'impatto paesaggistico).
- *Fasce di rispetto*
 - Elettrodotti realizzati con conduttori nudi:
 - mantenere una distanza di sicurezza tale da ottenere esposizioni trascurabili (inferiori a $0,2 \mu\text{T}$) ai campi magnetici a bassa frequenza;
 - distanze consigliate: linea a 150 kV – 70 m; linea a 220 kV – 100 m; linea a 380 kV – 150 m;
 - stazioni e cabine primarie: evitare di realizzarle in prossimità di aree urbane;
 - nuove cabine di trasformazione MT/BT realizzate all'interno di edifici:
 - adottare soluzioni tecniche tali da ridurre al minimo l'esposizione al campo magnetico oppure fare in modo che i locali confinanti non siano adibiti a permanenza prolungata;
 - cabine elettriche collocate all'esterno di edifici pubblici come scuole ed asili o all'interno di parchi e giardini, andrebbero recintate per evitare esposizioni indebite;
 - collocazione degli edifici: verificare preventivamente tramite misurazioni e simulazioni il livello dei campi elettrici e magnetici a 50 Hz che saranno presenti.
- *Sorgenti in ambiente confinato*
 - Impiego di soluzioni migliorative a livello di organismo abitativo attraverso l'uso di disgiuntori e cavi schermati, decentramento di contatori e dorsali di conduttori e/o impiego di bassa tensione.

Campi elettromagnetici ad alta frequenza

Caratteristiche

- Campi compresi nella banda delle radiofrequenze (RF – da 100 kHz a 300 MHz) e delle microonde (MO – da 300 MHz a 300 GHz).
- Principali sorgenti: apparati utilizzati per scopi terapeutici ed industriali (radar e marconiterapia, risonanza magnetica, macchina per l'incollaggio della plastica, ecc.), alcuni dispositivi domestici (telefoni cellulari, babyphone, forni a microonde, ecc.) e tutti gli apparati per telecomunicazioni (trasmettenti radiotelevisive, antenne per la telefonia cellulare, radar, ponti radio, ecc.).
- Limiti di esposizione:
 - intensità campo elettrico: 6 V/m;
 - intensità campo magnetico: 0,016 A/m;
 - densità di potenza dell'onda piana equivalente: $0,10 \text{ W/m}^2$ ($3 \text{ MHz} < f < 300 \text{ GHz}$).

Strategie progettuali

- Scelta della collocazione degli spazi esterni in cui si trascorre un significativo periodo di tempo: verificare preventivamente tramite misurazione e simulazione il livello dei campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde generati da impianti di teleradiocomunicazioni.
- Prevedere gli spazi esterni in cui può essere trascorso un significativo periodo di tempo in aree in

cui non vengano in nessun caso superati i limiti di esposizione.

- Determinare per ogni antenna emittente una zona di rispetto, che coinciderà con la regione intorno ad essa in cui vengono superati i limiti di esposizione, all'interno della quale non devono essere previsti spazi esterni in cui può essere trascorso un significativo periodo di tempo.

Normativa

- *DPCM 23/04/1992* - fissa i limiti di esposizione limitati ai soli campi elettromagnetici generati alla frequenza di trasmissione dell'energia elettrica (50 Hz) ed alla popolazione; questi limiti fanno riferimento agli effetti acuti (o a breve termine) ma non agli effetti cronici (o a lungo termine):
 - art. 4: fissa i limiti di esposizione pari a 5000 V/m² e 100 microTesla, rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di campo magnetico, in aree o ambienti in cui si possa ragionevolmente attendere che individui della popolazione trascorrono una parte significativa della giornata;
 - art.5: prevede l'osservanza di distanze di rispetto delle linee dai fabbricati che variano a seconda della tipologia della linea:
 - linee a 132 kV ≥ 10 m
 - linee a 220 kV ≥ 18 m
 - linee a 380 kV ≥ 28 m
- *Decreto del Ministero dell'Ambiente 381/1998* - norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza, compatibili con la salute umana, in relazione al funzionamento e all'esercizio di sistemi fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi operanti nell'intervallo di frequenza tra i 100 kHz e i 300 GHz:
 - art. 3: limiti di esposizione per livelli di campi elettrici, magnetici e di densità di potenza, mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti (vedi tabella successiva):

Frequenza <i>f</i>	Valore efficace di intensità di campo elettrico <i>E</i>	Valore efficace di intensità di campo magnetico <i>H</i>	Densità di potenza dell'onda piana equivalente <i>D</i>
MHz	V/m	A/m	W/m ²
0,1 - 0,3	60	0,2	-
>3 - 3000	20	0,05	1
>3000 - 300000	40	0,1	4

- art. 4 comma 2: misure di cautela ed obiettivi di qualità. Definisce i limiti di esposizione in edifici, nuovi ed esistenti, adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore:
 - intensità campo elettrico: 6 V/m;
 - intensità campo magnetico: 0,016 A/m;
 - densità di potenza dell'onda piana equivalente: 0,10 W/m² (3 MHz < f < 300 GHz).
- *DPCM 8 luglio 2003* - fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra i 100 kHz e i 300 GHz:
 - valori limite: come decreto 381/1998;
 - vengono valutati i valori limite in relazione ad effetti a breve e a lungo termine;
 - art. 3: fissa i limiti di esposizione pari a 5000 V/m² e 100 microTesla, rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di campo magnetico, in aree o ambienti in cui si possa ragionevolmente attendere che individui della popolazione trascorrono una parte significativa della giornata. Per la protezione da effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per induzione magnetica, il valore di attenzione di 10 microTesla da intendersi come media di valori nell'arco di 24 ore;
 - il decreto fissa gli obiettivi di qualità al fine di minimizzare l'esposizione ai campi

- elettromagnetici;
- individua le tecniche di misurazione dei livelli di esposizione.
- In assenza di un organica normativa italiana numerose Regioni (Piemonte, Emilia Romagna, Toscana, Abruzzo, Toscana, Veneto) si sono dotati di strumenti legislativi propri volti a regolare l'utilizzo dei campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde, almeno in alcuni settori.

3.1.3 Inquinamento acustico

Fattore di degrado della qualità dell'ambiente esterno, è uno dei problemi ambientali più seri nelle aree urbane, sia per l'entità delle conseguenze sociali e sanitarie che ne derivano, sia per l'impegno tecnico ed economico che occorre riservare alla sua risoluzione.

Obiettivi

Raggiungere il contenimento dei livelli del rumore e delle vibrazioni al di sotto di soglie di accettabilità.

Caratteristiche

- Cause dell'inquinamento acustico: classificate in base al tipo di sorgente sonora che lo determina, e in base alle modalità di trasmissione del rumore dalla sorgente al soggetto disturbato.
- Tipi di sorgente:
 - traffico causato dai veicoli stradali: emissioni diffuse sul territorio con carattere di continuità nel tempo;
 - traffico causato dai mezzi su rotaia e dagli aeromobili: impatto circoscritto ad aree più limitate con carattere di discontinuità;
 - impianti, esterni o interni all'insediamento considerato.
- Modalità di propagazione si distingue fra:
 - il rumore trasmesso per via aerea e "filtrato" dal potere fonoisolante dell'involucro edilizio;
 - il rumore trasmesso per via solida, ovvero attraverso le strutture dell'edificio: ad esempio il rumore da calpestio.

Strategie progettuali

- Verificare i requisiti di controllo acustico e delle vibrazioni, sia nella scelta dei materiali, dei componenti per l'involucro e per le strutture, sia riguardo alle soluzioni impiantistiche adottate, sia nell'inserimento dell'edificio nel tessuto urbano, soprattutto in rapporto alla posizione e alle caratteristiche delle sorgenti di rumore e vibrazioni esistenti.
- Minimizzare le emissioni di rumore attraverso la definizione degli accessi ai lotti edificati e del tracciato dei percorsi viari, adottando eventualmente accorgimenti per limitare la velocità dei veicoli.
- Favorire la massima estensione delle zone pedonali e ciclabili.
- Controllare la presenza di sorgenti di rumore da traffico o di tipo impiantistico:
 - mitigare l'effetto aumentando il più possibile la distanza tra edificio e sorgente;
 - prevedere schermature naturali o artificiali che ostacolino la propagazione del rumore, quali, ad esempio, rimodellamenti del terreno e creazione di fasce di vegetazione;
 - definire la distribuzione degli ambienti all'interno dell'organismo edilizio orientando i locali che richiedono la massima protezione dal rumore sui lati meno esposti alle sorgenti di rumore.
- Specifici accorgimenti dovranno inoltre essere adottati per contenere le emissioni di rumore e vibrazioni nella fase di cantiere.

3.1.4 Inquinamento luminoso

Ogni forma di irradiazione di luce artificiale rivolta direttamente o indirettamente verso la volta celeste.

Obiettivi

Riduzione dell'inquinamento luminoso.

Caratteristiche

- E' fonte di inquinamento luminoso la luce che un apparecchio di illuminazione disperde al di fuori della zona che dovrebbe illuminare. Le stesse superfici illuminate producono inquinamento luminoso allorquando riflettono o diffondono nell'ambiente la luce che giunge loro.

Strategie progettuali

- Impiego di lampade ad elevata efficienza.
- Non sovrailluminare:
 - limitare i livelli di luminanza ed illuminamento delle superfici illuminate a quanto effettivamente necessario;
 - non applicare livelli superiori al minimo previsto dalle norme di sicurezza, quando presenti, in modo da garantire la sicurezza senza produrre eccessivo inquinamento luminoso;
 - quando non siano presenti norme specifiche, i livelli di luminanza dovrebbero essere commisurati a quelli delle aree circostanti (nelle migliori leggi e nei migliori regolamenti si applica il limite di una candela al metro quadro).
- Minimizzare la dispersione diretta di luce da parte degli apparecchi di illuminazione al di fuori delle aree da illuminare:
 - utilizzare apparecchi di illuminazione totalmente schermati in tutti gli impianti, pubblici e privati, aventi un'emissione di 0 cd/klm a 90 gradi ed oltre rispetto la verticale verso il basso;
 - evitare corpi illuminanti orientati dal basso verso l'alto.
- Prevedere la possibilità di una diminuzione dei livelli di luminanza e illuminamento in quegli orari in cui le caratteristiche di uso della superficie lo consentano, mediante l'impiego di dispositivi automatici per la regolazione dell'accensione/spegnimento dei corpi illuminanti.

3.1.5 Inquinamento atmosferico

E' dovuto alla presenza nell'aria di sostanze che vengono immesse sistematicamente, o accidentalmente, per effetto delle attività residenziali (impianti termici civili), connesse con i trasporti, di carattere produttivo.

Obiettivi

Riduzione dell'inquinamento nelle aree edificate.

Caratteristiche

- I fattori climatici e orografia: contribuiscono a modificare gli effetti di diffusione dell'inquinamento.
- Inquinanti più dannosi:
 - biossido di zolfo: prodotto nelle reazioni di ossidazione, per la combustione di materiali contenenti zolfo, quali gasolio, nafta, carbone, utilizzati per la produzione di calore;
 - ossidi di azoto: prodotti, in parte preponderante (70-80%), dalla circolazione veicolare o da impianti che producono composti azotati, possono entrare in reazione con l'umidità atmosferica, dando luogo alla sintesi di acido nitrico, con l'immediata conseguenza di piogge acide;
 - monossido di carbonio: notevolmente tossico, presente nell'ambiente per combustione incompleta di idrocarburi (fenomeno frequente nel caso delle emissioni degli autoveicoli);
 - ozono: non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto; è anche responsabile di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di specie arboree dalle aree urbane;
 - polveri di vario spettro dimensionale: hanno origini diverse (condensazione di vapori, asportazione per attrito, reazione tra specie gassose presenti nell'atmosfera), sono dannose per la salute a seconda della loro origine e diminuiscono la trasparenza dell'atmosfera;
 - piombo: quasi esclusivamente di derivazione dalle benzine.
- Effetti inquinanti:
 - effetti dannosi sull'uomo: prodotti da tutto l'insieme dell'ambiente atmosferico, comprese le condizioni meteorologiche e le variazioni stagionali;
 - danni ai materiali: degrado sotto il profilo estetico, fenomeni corrosivi, deterioramenti chimici, in relazione al tipo di inquinante;
 - danni alla vegetazione: a seconda della specie, le sostanze inquinanti allo stato gassoso, possono penetrare nella struttura delle piante modificandone l'attività vegetativa.

Strategie progettuali

- Individuazione di tutte le fonti di inquinamento rilevanti nell'intorno ed eventuali fonti di inquinamento interne all'insediamento stesso.
- Localizzazione degli spazi esterni del sito di progetto, in relazione alle fonti inquinanti e ai flussi d'aria prevalenti.
- Prevedere la massima estensione delle aree verdi, pedonabili e ciclabili.
- Protezione da fonti di inquinamento interne:
 - ridurre le potenziali fonti all'interno dell'area (ridurre il traffico veicolare, estendendo al massimo le zone pedonali e ciclabili);
 - localizzare gli spazi esterni fruibili, in modo da minimizzare l'eventuale interazione con le aree parcheggio o le strade di accesso;
 - impiegare elementi naturali, o artificiali, con funzione di barriera, in modo da schermare i flussi d'aria che si prevede possano trasportare sostanze inquinanti.
 - utilizzare la vegetazione come filtro dell'inquinamento atmosferico, in quanto:
 - svolge un'azione di separazione tra la fonte di inquinamento e le aree adiacenti;
 - assorbe gli agenti inquinanti;
 - scegliere alberi resistenti agli agenti inquinanti: le specie sempreverdi risultano preferibili,

poiché efficaci anche d'inverno, quando l'inquinamento urbano raggiunge i massimi livelli; le specie decidue, comunque, mantengono una funzione filtrante anche d'inverno, in conseguenza dell'impatto delle polveri sui rami e sul fusto. Tale scelta deve essere correlata con altre classi di requisiti (benessere termoigrometrico, percettivo,...), insieme ai quali determina, e qualifica, molti aspetti legati alla progettazione degli spazi esterni.

3.1.6 Inquinamento e bonifica del terreno e delle acque

Inquinamento del terreno

Si verifica con la presenza nel suolo di composti inorganici, aromatici, alifatici, nitrobenzeni, clorobenzeni, fenoli, ammine, diossine, fitofarmaci, idrocarburi, amianto,...

Obiettivi

Prevenzione, controllo ed eventuale bonifica dell'inquinamento nei terreni.

Strategie progettuali

- Individuazione delle fonti inquinanti presenti nel sito caratterizzandone la quantità e l'area interessata anche mediante un'indagine storica relativa agli usi del suolo.
- Prevenzione e controllo di possibili inquinamenti del suolo dovuti a sversamenti, smaltimento di residui di materiali o sostanze impiegati durante il processo di costruzione di un edificio.
- Le tecniche di bonifica dei suoli variano in base alla tipologia dell'inquinante presente e devono essere valutate caso per caso: ad es. per gli inquinanti organici esistono metodi di rimozione elettrocinetica, ossidazione, vetrificazione e riduzione chimica.

Inquinamento delle acque

Obiettivi

Prevenzione, controllo ed eventuale bonifica dell'inquinamento nelle acque.

Strategie progettuali

- Individuare la presenza di potenziali inquinanti:
 - nelle falde sotterranee e nel dilavamento delle acque pluviali: prevedere sistemi per lo smaltimento separato delle acque inquinate;
 - nelle aree utilizzate per attività inquinanti: adozione di un impianto di smaltimento delle acque superficiali;
 - prevenzione e controllo di possibili inquinamenti delle acque dovuti a sversamenti, smaltimento di residui di materiali o sostanze impiegati durante il processo di costruzione di un edificio.

3.2 QUALITÀ DELL'AMBIENTE INTERNO

3.2.1 Comfort termico degli spazi interni

Stato psicofisico di soddisfazione che l'occupante prova per le condizioni termoigrometriche in cui si trova e in cui il suo corpo è in condizioni di neutralità termica.

Obiettivo

Raggiungere condizioni termoigrometriche per ottenere livelli di comfort interno ottimali.

Caratteristiche

- Parametri che influiscono sul comfort termico:
 - tipologia di attività svolta dagli occupanti;
 - tipologia di vestiario;
 - temperatura media operante data dalla temperatura superficiale delle pareti che racchiudono un ambiente e dalla temperatura dell'aria del locale; legata al tipo di costruzione, all'isolamento termico e al riscaldamento degli ambienti;
 - umidità dell'aria: umidità relativa e assoluta;
 - velocità dell'aria;
 - grado di ricambio dell'aria;
 - altri fattori legati direttamente o indirettamente alla ventilazione degli ambienti.

Strategie progettuali

Il benessere termico si ha quando vengono rispettati tutti i seguenti valori:

- umidità dell'aria:
 - umidità relativa: comfort garantito con quantità comprese tra 35% e 70%;
 - umidità assoluta: comfort garantito con quantità inferiore di 12 g H₂O/kg di aria;
- velocità dell'aria: comfort garantito con velocità inferiore a 0,15 m/s;
- grado di ricambio dell'aria: per esigenze igieniche da 0,4 a 0,7 all'ora;
- parametro estivo: comfort garantito con un numero d'ore annue molto basso in cui la temperatura interna percepita sia >26°C .

3.2.2 Qualità dell'aria interna

Obiettivi

Garantire, nell'ambiente, aria di buona qualità priva di inquinanti specifici in concentrazioni dannose per la salute dell'occupante e percepita come soddisfacente dagli occupanti.

Strategie progettuali

Il controllo della qualità dell'aria può avvenire secondo l'approccio prescrittivo e l'approccio prestazionale:

- approccio prescrittivo: stabilisce una portata d'aria esterna per persona o in funzione della superficie o un numero di ricambi orari in base alla categoria dell'edificio e alla specifica destinazione del locale;
- approccio prestazionale: stabilisce dei contaminanti principali, la cui concentrazione deve essere mantenuta al di sotto di determinati valori di soglia;
- parametri per l'elevata qualità dell'aria:
 - ventilazione: aerazione dei locali, estrazione dell'aria dai locali privi di aperture verso l'esterno;
 - controllo delle fonti inquinanti interne: materiali a bassa emissione di VOC, controllo della migrazione di radon;
 - controllo dell'umidità relativa interna.

Ventilazione naturale

Attuata mediante l'apertura delle finestre serve a far entrare aria fresca e ricambiare quella esausta.

Obiettivi

Ottenere un'efficace ventilazione naturale degli ambienti.

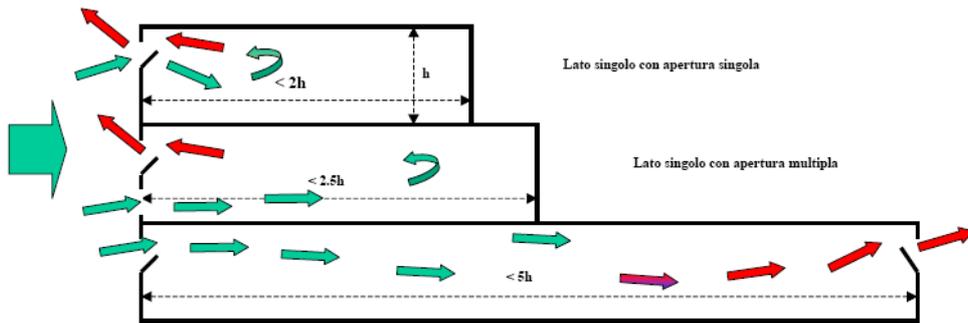
Caratteristiche

- Avviene in modo discontinuo ed è influenzata da molti fattori non controllabili dagli utenti;
- mesi invernali: l'apertura continua di piccole finestre porta al raffreddamento dell'ambiente e ad una notevole perdita energetica.

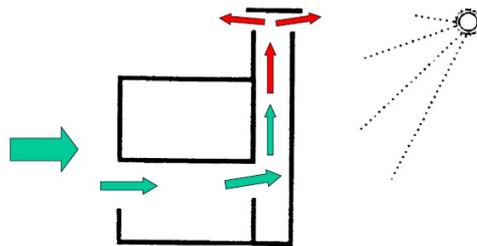
Strategie progettuali

- Principali sistemi di ventilazione passiva:
 - *ventilazione passante orizzontale:*
 - il flusso d'aria attraversa uno o più locali, con immissione e uscita dell'aria da aperture collocate su pareti opposte o adiacenti (ma non complanari), poste alla stessa altezza del piano di pavimento (in caso di altezze differenti, si aggiunge al vento la componente effetto camino);
 - *ventilazione passante verticale:*
 - l'immissione dell'aria avviene da un'apertura posta più in alto rispetto a quella di uscita;
 - il sistema prevede un condotto verticale di immissione che collega l'apertura d'ingresso dell'aria al vano da ventilare;
 - l'apertura d'ingresso deve essere rivolta sopravvento, in relazione ai venti dominanti;
 - sistema adatto:
 - in condizioni di vento prevalente relativamente costante, nel periodo caldo;
 - in situazioni di aree densamente edificate, in cui è difficile utilizzare aperture ordinarie (finestre) collocate a livello del vano per l'immissione d'aria, soprattutto ai primi piani fuori terra;
 - *ventilazione a lato singolo (singola apertura o apertura multipla):*
 - ricambio d'aria prodotto in un vano quando vi sono unicamente una o più aperture collocate sulla medesima parete esterna.
L'efficacia della ventilazione dipende da:
 - numero di aperture;
 - profondità del vano libero in rapporto all'altezza del vano stesso;

- eventuale presenza di partizioni, che aumentano la resistenza al flusso, riducendo ulteriormente la portata d'aria;
- *ventilazione combinata vento - effetto camino*:
 - combina l'effetto del vento con quello determinato dalla differenza di temperatura dell'aria tra esterno ed interno (effetto camino);
 - immissione dell'aria in zona sopravvento, ad altezza del locale da ventilare, ed estrazione naturale da un'apertura posta più in alto, all'estremità di un condotto o vano verticale (ad esempio un vano-scala o un atrio con aperture apribili in copertura).
- *ventilazione ibrida*:
 - immissione d'aria a vento ed estrazione assistita da ventilazione meccanica.

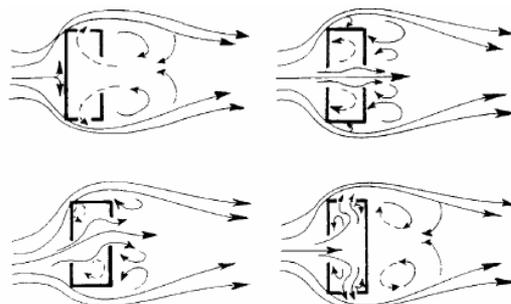


Sistemi di ventilazione passiva: ventilazione a lato singolo con apertura singola e multipla; ventilazione passante orizzontale.

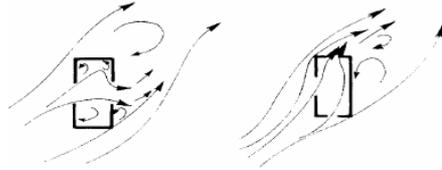


Sistemi di ventilazione passiva: ventilazione combinata vento - effetto camino.

- Posizione delle chiusure: collocazione reciproca di due, o più chiusure esterne.
- variazione della collocazione in senso orizzontale lungo il perimetro dell'edificio:
 - disporre le chiusure sia sul lato sopravvento, che su quelli sottovento;
 - chiusure poste unicamente sui lati sottovento: condizione di ventilazione insufficiente;
 - vento perpendicolare alle facciate dotate di chiusure permeabili: non collocarle su pareti opposte in modo direttamente confrontantisi;
 - aperture poste su due, o tre, pareti perimetrali contigue: ventilazione efficace, anche in caso di vento perpendicolare, purché le chiusure stesse siano sufficientemente distanziate;
- vento con direzione obliqua rispetto alle facciate dell'edificio: ventilazione passante più efficace di quella del vento perpendicolare, sia con chiusure confrontantisi, posizionate su pareti opposte, sia con chiusure poste su tre pareti contigue;

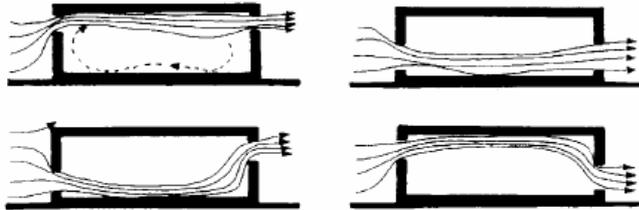


Posizionamento orizzontale - vento perpendicolare



Posizionamento orizzontale - vento obliquo

- variazione in senso verticale (in sezione):
 - per il raffrescamento corporeo: chiusure collocate ad altezza d'uomo;
 - per il raffrescamento della massa muraria: chiusura di ingresso (non è necessario che lo sia anche quella di uscita) posizionata vicino alla massa da raffrescare, ovvero vicino al soffitto o al pavimento.



Posizionamento verticale

- Tipologia e geometria delle chiusure esterne permeabili:
 - determinano la possibilità di controllo dell'area di apertura e della direzione di flusso;
 - finestre a rotazione su asse verticale:
 - regolano la direzione di flusso in senso orizzontale;
 - finestra a battente (singolo o doppio): massima area di apertura pari al 90% dell'area di chiusura;
 - bilico verticale: massima area di apertura pari al 70% di quella della chiusura;
 - finestre a rotazione su asse orizzontale:
 - regolano la direzione di flusso in senso verticale;
 - vasistas e ribalta: area di apertura pari ad 1/3 dell'area della chiusura;
 - bilico orizzontale: area di apertura pari a 2/3 dell'area della chiusura;
 - finestre scorrevoli verticali ed orizzontali:
 - area di apertura massima del 50% rispetto all'area totale della chiusura;
 - finestre ad apertura combinata (vasistas bilanciato: scorrevole+rotazione su asse orizzontale; vasanta: rotazione su asse orizzontale+rotazione su asse verticale):
 - uniscono le caratteristiche di regolazione del flusso connesse con la modalità di apertura adottata.
- Per un efficace raffrescamento ventilativo degli ambienti interni, valutare:
 - destinazione d'uso dei locali;
 - periodi di occupazione;
 - orientamento dell'edificio;
 - posizione delle chiusure esterne permeabili;
 - requisiti di sicurezza;
 - requisiti di qualità dell'aria;
 - distribuzione planimetrica:
 - limitare le partizioni perpendicolari al flusso d'aria prevalente;
 - collocare gli arredi in modo da non ridurre eccessivamente la velocità dell'aria interna.

Ventilazione meccanica controllata

Soluzione impiantistica in cui il movimento dell'aria è realizzato con ventilatori e che utilizza almeno una parziale canalizzazione dei percorsi dell'aria.

Obiettivi

Raggiungere bassissimi consumi energetici ed elevati livelli di comfort termico, acustico e di qualità dell'aria interna.

Caratteristiche

- *Classificazione dei sistemi di ventilazione in base alle modalità di movimentazione dell'aria*
 - *Ventilazione per semplice estrazione:* il ventilatore di estrazione aspira l'aria dai locali da mantenere in depressione (bagni, cucine, ecc.) e l'aria esterna (non trattata) viene immessa direttamente in ambiente attraverso l'involucro esterno;
 - *ventilazione per semplice immissione:* l'aria esterna (generalmente trattata) viene immessa nei locali dal ventilatore di mandata, mentre l'espulsione avviene per semplice sovrappressione attraverso l'involucro;
 - *ventilazione bilanciata:* l'impianto realizza sia l'immissione che l'estrazione dell'aria, mantenendo una condizione di sostanziale neutralità per quanto riguarda le pressioni interna ed esterna;
 - *ventilazione ibrida:* soluzione intermedia fra le precedenti, si basa sulla ventilazione naturale, assistita da dispositivi meccanici che entrano in funzione solo quando le condizioni climatiche non sono idonee a garantire portate d'aria adeguate.
- *Vantaggi*
 - Comfort igienico: continua e graduale immissione di aria fresca e possibilità di filtraggio con speciali filtri antipolline. Garantisce portate di ricambio adeguate, rispetto ai livelli di occupazione degli spazi e alle caratteristiche delle sorgenti di inquinamento presenti in ambiente, quando la ventilazione naturale non è sufficiente;
 - comfort acustico: grazie alla ventilazione non è necessario aprire le finestre;
 - comfort estivo: per il raffrescamento dell'aria di ricambio grazie allo scambio di calore con il terreno.
- *Svantaggi*
 - Costo d'investimento elevato;
 - maggiori oneri di gestione dovuti al cambio dei filtri e al costo dell'energia elettrica per i ventilatori.

Strategie progettuali

- I sistemi dovranno essere integrati nell'organismo edilizio per quanto riguarda le caratteristiche di:
 - permeabilità all'aria dell'involucro esterno;
 - requisiti di protezione dal rumore: senza trascurare la possibilità di attuare strategie di ventilazione ibrida (ventilazione naturale assistita da sistemi meccanici che intervengono solo in caso di ventilazione naturale insufficiente).
- Scelta della tipologia:
 - in base a destinazione d'uso e caratteristiche costruttive dell'edificio.

Fonti inquinanti interne: presenza VOC nell'ambiente

Obiettivi

Riduzione dei VOC negli ambienti.

Caratteristiche

I maggiori VOC inquinanti sono:

- formaldeide (l'emissione aumenta all'aumentare della temperatura e dell'umidità relativa):
 - nelle resine a base di urea-formaldeide usata per colle termoisolanti, pannelli lignei, truciolari;
 - nella carta;
 - in alcuni prodotti della lucidatura;
 - nelle moquettes;
- pentaclorofenolo:
 - trattante del legno;
 - industria della cellulosa e della carta;
 - antimuffa nelle vernici;
 - industria conciaria;
- derivati del fenolo:
 - resine sintetiche;
 - coloranti;
 - disinfettanti;
- composti derivanti da processi di combustione e prodotti di largo consumo nelle case (spray, smacchiatori, vernici):
 - benzeni (benzene, etilbenzene, toluene, xilene) nei materiali plastici, nelle vernici impiegate per laccare i mobili, nelle colle per pavimenti e tappezzerie, nelle moquettes;
 - idrocarburi (smacchianti-trielina, spray);
 - terpeni o oli essenziali (profumi ecc...).

Presenza negli ambienti dovuta principalmente a:

- materiali da costruzione (tramite rilascio diretto, da inquinanti assorbiti dal materiale e poi rilasciati in un secondo momento, da composti chimici o loro residui utilizzati nei processi di produzione e trattamento);
- attività umane svolte (fumo, videotermini, fotocopiatrici).

Rischi per la salute

- Disturbi irritativi a carico delle mucose oculari e delle prime vie aeree, con un effetto mutageno e cancerogeno nei confronti delle mucose nasali.

Strategie progettuali

- Per la riduzione dei VOC negli ambienti:
 - identificare materiali e prodotti edilizi certificati a bassa emissione di VOC;
 - determinare quantità e utilizzo di ciascun materiale;
 - determinare se il materiale sarà esposto all'aria interna oppure alle correnti dell'aria insufflata o di ritorno: in genere il movimento dell'aria incrementa le emissioni;
 - determinare il grado di contatto del materiale con l'occupante;
 - scegliere materiali con superfici lisce: le superfici ruvide assorbono gli inquinanti presenti nell'aria e in seguito li rilasciano;
 - scegliere preferibilmente modalità di posa a secco;
 - porre attenzione al degrado dei materiali: procedere alla sostituzione prima che i processi di usura possano causare rilasci.

Radon

Gas radioattivo, incolore, inodore, estremamente volatile, prodotto dal decadimento dell'uranio 235, uranio 238 e del torio 232. Presente nel terreno, si diffonde nell'aria del sottosuolo che è in costante scambio con l'aria dell'atmosfera.

Obiettivi

Prevenzione e mitigazione del gas radon.

Caratteristiche

Presenza negli ambienti interni legata a:

- materiali edilizi:
 - di origine minerale, provenienti da cave di sabbia, di marne e di materiali lapidei;
 - quantità legata alla concentrazione dei radioelementi nei materiali, allo stato di aggregazione, alla granulometria e alla porosità;
 - concentrazione più alta: tufi, pozzolane, gessi e graniti;
 - concentrazione più bassa: marmi e arenarie;
- acque potabili:
 - presente in livelli più o meno elevati nelle acque di falda, nei pozzi e nelle sorgenti;
- suolo e sottosuolo:
 - diffusione maggiore in presenza di:
 - terreno frantumato in granuli o poroso;
 - faglie e fratture del terreno.

Migrazione del radon verso l'interno dell'edificio, dipende da:

- caratteristiche del suolo;
- variazioni di temperatura e di pressione dell'aria esterna: determinano oscillazioni stagionali e giornaliere della concentrazione;
- depressione che si viene a creare tra i locali abitati e il suolo:
 - indotta dalla differenza di temperatura tra l'edificio e il suolo;
 - influenzata da aperture come camini, finestre, lucernari e impianti di aspirazione delle cucine e dei bagni;
 - determina l'aspirazione dell'aria dal suolo e con essa del radon;
- infiltrazioni, possono verificarsi in corrispondenza di:
 - crepe e giunti in pavimenti e pareti;
 - fori di passaggio cavi;
 - tubazioni e fognature;
 - pozzetti ed aperture di controllo;
 - aperture nei locali interrati (camini,...);
 - componenti costruttivi permeabili.

Rischi per la salute

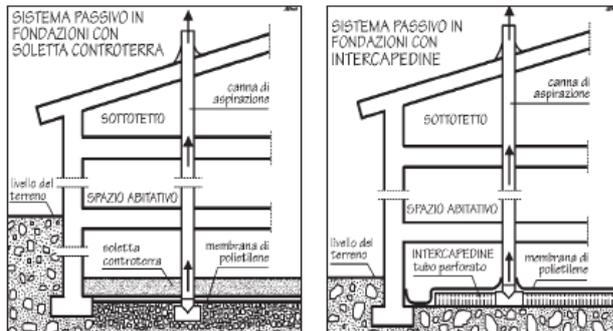
Gravi danni all'apparato respiratorio:

- causa: parte di prodotti di decadimento del radon si attaccano a polvere, fumo e vapore diventando inalabili;
- effetto: le particelle inalate si fessano all'interno dell'apparato respiratorio (bronchi e polmoni), danneggiandone le cellule ed aumentando il rischio di possibili processi cancerogeni.

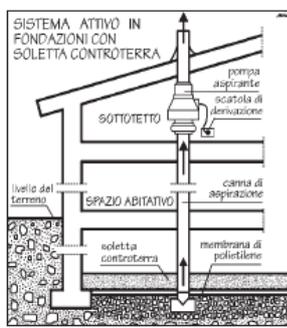
Strategie progettuali

- Ventilazione naturale dei vani siti ai piani terra, interrati o seminterrati;
- evitare l'impiego di materiali potenzialmente radioattivi;
- sigillatura delle vie di ingresso: sigillare crepe e fessure di solette interrate, intercapedini, pozzetti o altre canalizzazioni provenienti dal sottosuolo;
- alcuni esempi di riduzione del gas radon:
 - sistema di depressurizzazione passiva sub-soletta controterra o sub-membrana:
 - installare una serie di pozzetti di raccolta collegati a condotti di estrazione, che

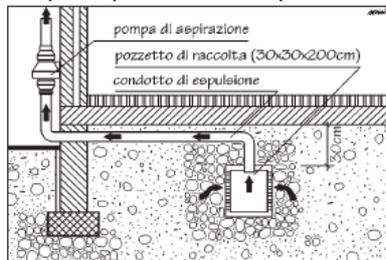
raggiungono la copertura, dotati di ventilatore di estrazione posizionato in copertura. Si migliora la prestazione di questa tecnica applicando una membrana di isolamento sulla ghiaia;



- sistema di depressurizzazione attiva sub-soletta controterra o sub-membrana:
 - installare una serie di pozzetti di raccolta collegati a condotti di estrazione, che raggiungono la copertura, dotati di pompa aspirante posizionata nel sottotetto. Si migliora la prestazione di questa tecnica applicando una membrana di isolamento sulla ghiaia;



- depressurizzazione del suolo:
 - installare pozzetti di raccolta al di sotto del vespaio: l'aria del sottosuolo viene raccolta in un semplice pozzo sotto il pavimento esistente e dispersa mediante aspirazione.



- ventilazione del terreno:
 - efficace per valori di concentrazione elevati;
 - eseguire drenaggi e opportuna ventilazione dei vespai, dell'anello drenante e delle intercapedini.

Normativa

- Decreto Legislativo n° 241 del 26/05/2000
 - Ambienti di lavoro: livello massimo di riferimento per l'esposizione al radon 500 Bq/m³ (soglia di attenzione a 400 Bq/m³).
- Raccomandazione Euratom n. 143/90 della Commissione Europea del 21 febbraio 1990
 - Edifici residenziali esistenti: livello massimo raccomandato per l'esposizione al radon 400 Bq/m³;
 - edifici residenziali di nuova costruzione: livello massimo raccomandato per l'esposizione al

radon 200 Bq/m³.

- *Raccomandazione Euratom n. 928/2001 della Commissione Europea del 20 dicembre 2001*
 - Acqua delle rete idrica pubblica o commerciale: oltre una concentrazione di 100 Bq/l, è necessario definire un livello di riferimento per il radon, da utilizzare per stabilire se occorrono azioni correttive per tutelare la salute umana. Per le concentrazioni superiori 1000 Bq/l, è necessario effettuare un'azione correttiva di protezione dalle radiazioni;
 - acqua delle rete idrica da approvvigionamento individuale: per le concentrazioni superiori 1000 Bq/l, è necessario effettuare un'azione correttiva di protezione dalle radiazioni.

Controllo dell'umidità relativa interna

Obiettivi

Garantire il mantenimento della qualità dell'aria all'interno degli ambienti.

Caratteristiche

Alti livelli di umidità possono essere causati da:

- fenomeni di condensa superficiale;
- fenomeni di condensa interstiziale.

Strategie progettuali

Controllare:

- *Condensa superficiale*
 - Prevedere un elevato isolamento termico dell'involucro opaco e trasparente;
 - prevedere la riduzione dei ponti termici;
 - prevedere un adeguato rinnovo d'aria: adozione di serramenti permeabili all'aria e dotati di dispositivi per il controllo della ventilazione, adozione di sistemi a ventilazione meccanica controllata;
 - prevedere l'impiego di materiali traspiranti e non igroscopici (verificare il valore di resistenza al passaggio del vapore μ , il valore dello spessore equivalente di diffusione Sd e la permeabilità al vapore W_{DD}).
- *Condensa interstiziale*
 - Prevedere una disposizione corretta degli strati costituenti l'involucro opaco (disposizione verso il lato esterno degli strati caratterizzati da maggiore resistenza termica e da minore resistenza alla diffusione del vapore);
 - adottare le barriere al vapore solo se necessario: possono portare a una riduzione dell'asciugamento estivo e al non smaltimento dell'umidità presente nelle strutture all'atto della costruzione);
 - prevedere un adeguato rinnovo d'aria;
 - prevedere l'impiego di materiali traspiranti e non igroscopici e verificare:
 - il valore di resistenza al passaggio del vapore μ
 - $\mu < 10$ diffusione molto elevata
 - $10 < \mu < 50$ diffusione media
 - $50 < \mu < 500$ diffusione limitata (freno al vapore)
 - $500 < \mu < \infty$ diffusione molto limitata (barriera al vapore)
 - il valore dello spessore equivalente di diffusione Sd
 - Sd < 0,2 m materiale traspirante
 - 0,2 < Sd < 100 m materiale freno a vapore
 - Sd > 100 m materiale barriera al vapore
 - permeabilità al vapore W_{DD}
 - W_{DD} > 120 materiale traspirante
 - W_{DD} < 120 materiale freno al vapore
 - W_{DD} < 0,24 materiale barriera al vapore

3.2.3 Inquinamento elettromagnetico indoor

Obiettivi

Riduzione dei campi elettromagnetici presenti all'interno degli edifici generati da sorgenti interne ed esterne.

Campi elettromagnetici a bassa frequenza (50 Hz)

Caratteristiche

- Dovuti principalmente alle emissioni degli apparati e dispositivi elettrici ed elettronici e di tutti i componenti dell'impianto di distribuzione dell'energia elettrica dell'edificio (conduttori, quadri elettrici, cabine elettriche, dorsali).
- Ai campi magnetici emessi da queste sorgenti si possono sommare eventuali contributi provenienti da sorgenti esterne come le linee elettriche ad alta, media e bassa tensione. Infatti i materiali tradizionali che costituiscono l'involucro degli edifici non sono in grado di schermare i campi magnetici a bassissima frequenza, contrariamente a quanto capita con i campi elettrici che invece sono schermati con grande efficacia.
- Ambienti critici: aventi alta densità di apparecchiature elettriche, come gli uffici in cui sono presenti numerosi computer, videotermini, fax, fotocopiatrici.

Strategie progettuali

Controllo e riduzione delle emissioni negli ambienti interni

- Studiare una disposizione delle sorgenti di campo in modo che sia rispettata una distanza di sicurezza da esse tale da garantire livelli di esposizione i più bassi possibili, per il campo magnetico inferiori a $0,2 \mu\text{T}$, valore limite cautelativo per la protezione dagli effetti a lungo termine.
- Utilizzare apparecchiature elettriche a bassa produzione di campo, concepite cioè per emettere durante il funzionamento campi magnetici ed elettrici di livello trascurabile. Per alcune apparecchiature, ad esempio i videotermini, esistono delle certificazioni che attestano questa qualità.
- Residenze:
 - configurazione della distribuzione dell'energia elettrica nei singoli locali secondo lo schema a "stella": la distribuzione interna dell'impianto dovrà essere eseguita evitando di formare anelli chiusi o parzialmente chiusi attorno ai locali destinati a permanenza di persone;
 - impiego del disgiuntore di rete nella zona notte per l'eliminazione dei campi elettrici in assenza di carico a valle;
 - impiego di cavi e scatole schermati;
 - impiego di vernici ed intonaci schermanti per ridurre il campo elettrico alternato.

Protezione dalle emissioni di sorgenti esterne negli ambienti interni

- Verificare la collocazione rispetto agli organismi edili delle linee elettriche aeree o interrate: in base alla tensione e all'intensità di corrente che caratterizza la linea e alle sue caratteristiche tecniche deve essere determinata una distanza di sicurezza che garantisca la presenza negli ambienti indoor di campi magnetici inferiori a $0,2 \mu\text{T}$.

Campi elettromagnetici ad alta frequenza (100 kHz – 300 Ghz)

Caratteristiche

- Di norma non sono presenti negli ambienti interni sorgenti di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde di intensità significativa.
- La presenza di campi elettromagnetici ad alta frequenza è dovuta alle emissioni di antenne per le teleradiocomunicazioni.

Strategie progettuali

- Nei nuovi edifici valutare i livelli di campo elettromagnetico che potranno essere presenti, sommando i contributi di antenne già esistenti con quelli calcolati di future installazioni.

3.2.4 Illuminazione naturale ed artificiale

Obiettivi

Garantire il contenimento dei consumi energetici, adottando tipologie edilizie che presentano soluzioni costruttive ed impiantistiche appropriate e realizzare un ambiente luminoso, gradevole nel quale siano garantite le condizioni ottimali per il benessere visivo.

Caratteristiche

- Illuminazione naturale degli interni – componenti principali:
 - luce diretta del sole;
 - luce proveniente dalla volta celeste;
 - luce proveniente per riflessione dalle superfici interne ed esterne.
- Lo sfruttamento della luce naturale porta, inoltre, ad una significativa riduzione dei consumi per l'illuminazione artificiale.

Strategie progettuali

- La progettazione dell'illuminazione naturale deve garantire:
 - una sufficiente quantità di luce naturale entrante;
 - una distribuzione uniforme della luce;
 - la vista verso l'esterno;
 - la penetrazione della radiazione luminosa all'interno dell'ambiente, soprattutto nel periodo invernale;
 - la privacy;
 - l'oscurabilità.
- Per una corretta illuminazione verificare:
 - la tipologia di illuminazione prevista (naturale, artificiale, mista);
 - le caratteristiche dell'ambiente e delle superfici che lo costituiscono;
 - le caratteristiche dell'utenza (attività svolta, età, aspetti psicologici).
- Al fine di contenere i consumi energetici e garantire il comfort interno:
 - verificare il corretto dimensionamento delle superfici finestrate in rapporto alla profondità dei locali, in modo da evitare il verificarsi di fenomeni di abbagliamento e di illuminare anche le zone più lontane:
 - la profondità dell'ambiente non deve essere molto maggiore della sua larghezza;
 - la profondità dell'ambiente deve essere al massimo due volte maggiore dell'altezza dal pavimento al filo superiore della finestra;
 - le superfici della zona più lontana devono essere chiare;
 - adottare sorgenti ad elevata resa cromatica e temperatura del colore opportuna in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente;
 - prevedere l'impiego di sistemi di captazione solare nel caso di ambienti che non possono disporre di superfici vetrate;
 - prevedere un adeguato colore delle superfici interne ed esterne in modo da controllare la riflessione della luce: a colori chiari corrispondono maggiori valori dei coefficienti di riflessione ρ , a colori scuri minori valori di ρ (vedi tabella seguente);

Colore	Fattore di riflessione medio ρ , %
beige	45
Bianco	70
Blu	20
Bruno	25
Giallo	50
Grigio	35
Rosso	20
verde	30

- verificare il valore del Fattore Medio di Luce Diurna rispetto alla normativa vigente:
 - il D.L. del 5 luglio 1975 prescrive che l'ampiezza delle aperture deve essere proporzionata in modo da assicurare valori di η_m non inferiori a:

η_m	Tipologia edilizia	
2%	Edilizia residenziale	Per tutti i locali
1%	Edilizia scolastica	Uffici, corridoi, servizi
2%		Palestre, mense
3%		Aule, laboratori
1%	Edilizia ospedaliera	Uffici, corridoi, servizi
2%		Palestre, mense
3%		Degenze, laboratori

- verificare il Fattore di Luce Diurna: esprime il livello di illuminamento naturale interno, calcolato in un punto preciso del locale o per una griglia di punti, come una percentuale dell'illuminamento esterno;
 - il FLD può assumere diversi valori che forniscono l'indicazione della luminosità del locale:

FLD (%)	Contributo della illuminazione naturale	Impressione di luminosità
> 6%	Molto buono	Molto luminosa
3 - 6%	Buono	Mediamente luminosa
1 - 3%	Normale	Tendente allo scuro
0 - 1%	Scarso	Molto scura

- vista verso l'esterno:
 - posizionare l'edificio nel sito e gli ambienti interni in modo da ottimizzare la vista verso l'esterno;
 - localizzazioni urbane: preferire la vista verso ambienti esterni dinamici in termini di svolgimento di attività e di variabilità delle condizioni meteorologiche;
 - maggiormente gradita quando include un livello superiore (volta celeste), un livello intermedio (edifici, collina, montagna) e un livello inferiore (strade, persone, alberi);
- progettare la zonizzazione degli ambienti in base alla maggiore o minore necessità di illuminazione, soprattutto in funzione alle attività svolte;
- collocazione e forma delle superfici vetrate:
 - finestre dei principali spazi ad uso diurno: collocate in modo da ricevere radiazione solare diretta anche nel periodo invernale con basse altezze solari. E' preferibile l'orientazione Sud perché più facilmente schermabile nel periodo estivo;
 - le superfici vetrate devono essere disposte in modo da ridurre al minimo l'oscuramento dovuto ad edifici o altre ostruzioni esterne;
 - filo superiore della finestra: più alto possibile. Le finestre verticali rappresentano la soluzione migliore per garantire nello stesso tempo la quantità di luce naturale necessaria, la visione verso l'esterno e la penetrazione in profondità della luce;

- elementi schermanti:
 - devono permettere l'ingresso della luce naturale diretta nel periodo invernale e ostacolarla nel periodo estivo per evitare problemi di surriscaldamento:
 - ideali gli schermi mobili esterni (veneziane, frangisole, tende...) anche se più soggetti a problemi di manutenzione e non consentono la vista verso l'esterno quando sono abbassati;
 - superfici vetrate esposte a Sud: più facilmente schermabili mediante semplici oggetti.

3.2.5 Comfort acustico

Condizione psicofisica per cui un individuo, immerso in un certo ambiente sonoro, si trova in condizioni di benessere rispetto all'attività che sta svolgendo.

Obiettivi

Garantire una buona qualità acustica attraverso una buona ricezione del suono e l'assenza di disturbi.

Caratteristiche

- Indici di prestazione:
 - rumori di tipo aereo: potere fonoisolante. Dipende da:
 - caratteristiche fisiche (massa frontale, stratigrafia, etc);
 - caratteristiche geometriche (posizione, connessioni, etc.);
 - caratteristiche del suono incidente (frequenza, angolo di incidenza);
 - trasmissione per via strutturale: livello di pressione sonora di calpestio. Dipende da:
 - massa frontale della struttura;
 - tipo di rivestimento superficiale;
 - stratigrafia;
 - tipo di connessione;
 - impianti: livello di rumore prodotto.

Strategie progettuali

- Requisiti di comportamento acustico da considerare per l'involucro edilizio:
 - *isolamento acustico di facciata*
 - Rumore esterno generato principalmente dal traffico veicolare e dagli impianti;
 - orientamento e posizionamento degli edifici: interporre massima distanza tra la sorgente di rumore e l'edificio, sfruttando ove possibile l'effetto schermante di ostacoli naturali o artificiali;
 - distribuzione planivolumetrica degli ambienti interni: i locali destinati al riposo dovranno essere situati sul lato dell'edificio meno esposto al rumore esterno;
 - gli elementi dell'involucro esterno dovranno garantire valori elevati di potere fonoisolante;
 - adozione di dispositivi per la ventilazione dei locali (griglie, bocchette) trattate acusticamente in modo da non costituire ponti acustici che compromettano il comportamento acustico della facciata;
 - attenzione nella posa dei serramenti e alla realizzazione degli accoppiamenti fra serramento e muratura;
 - evitare i ponti acustici dovuti ai cassonetti non adeguatamente silenziati.
 - *Isolamento acustico delle partizioni interne*
 - Posizionare ambienti interni contigui con medesime destinazione d'uso o con simili livelli di rumorosità;
 - isolare internamente le partizioni interne e assemblarle in modo tale da ridurre al minimo la presenza di ponti acustici e di trasmissioni sonore laterali.
 - *Isolamento al calpestio*
 - impiego di rivestimenti superficiali del pavimento in materiali morbidi (tappeti), in materiali flessibili (gomma naturale), in materiali compositi realizzati con materiali resistenti (linoleum

- o gomma) sovrapposti a strati più morbidi (feltri o materiali porosi);
- impiego di pavimenti galleggianti: da proteggere con materiale fonoassorbente e non rigido lungo l'intero perimetro dalle pareti laterali dell'ambiente;
- adozione di connessioni flessibili e di strati resilienti quali elementi di interruzione del rumore.
- *Isolamento acustico dei sistemi tecnici*
 - Il controllo della rumorosità dell'impianto può avvenire attraverso scelte progettuali mirate, relative a:
 - componenti impiantistici: da collocare in zone adeguate degli edifici a garantire il minimo impatto acustico;
 - attenuazione della propagazione del rumore nei condotti,
 - riduzione della trasmissione per via strutturale;
 - isolamento delle pareti dei locali tecnici;
 - distribuzione planivolumetrica degli ambienti interni: i locali destinati al riposo dovranno essere situati lontano dai locali maggiormente rumorosi (bagni, cucine e ascensori);
 - bagni:
 - collocare il wc, che è la maggiore fonte di rumore, nelle immediate vicinanze della colonna di scarico;
 - adottare wc a flussimetro (riduce il rumore nella fase di riempimento);
 - interporre del materiale elastico tra lo scarico e le strutture murarie;
 - ascensore:
 - impiegare componenti certificati di elevata qualità;
 - installare le macchine su una base inerziale sospesa elasticamente;
 - fonoisolare adeguatamente il vano macchine.

Normativa

- *DPCM 01/03/1991*: Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.
- *Legge 26 ottobre 1995, n° 447*: legge quadro sull'inquinamento acustico.
- *DPCM del 5/12/1997*: stabilisce dei requisiti acustici degli elementi di involucro degli edifici, in funzione della destinazione d'uso e fissa dei limiti sulla rumorosità degli impianti tecnologici a funzionamento continuo (impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento) e discontinuo (ascensore, impianto idro-sanitario).

3.2.6 Materiali e finiture

Introduzione

Per garantire la salute degli utenti all'interno di un edificio, le pareti, il tetto, i pavimenti devono respirare, permettendo lo scambio d'aria e la libera uscita dei vapori.

I materiali utilizzati nella produzione edilizia influiscono infatti sull'ambiente che li accoglie.

La produzione e il trasporto dei materiali incide inoltre sul progressivo processo di esaurimento delle risorse esistenti sul pianeta con conseguente, non trascurabile, consumo energetico.

La produzione edilizia odierna si caratterizza per il grande consumo di materie prime e di energia.

Al contrario molti dei materiali naturali, descritti approfonditamente in seguito, non producono inquinamento e vengono riassorbiti nei cicli naturali dell'ambiente mediante il riciclo e il riutilizzo, una volta terminata la loro funzione.

In sede comunitaria, la Direttiva 106/89 recepita nel nostro ordinamento con il DPR 246/93, nel contesto dei requisiti essenziali che i materiali da costruzione dovranno dimostrare per avere libera circolazione nel mercato europeo inserisce anche quello che viene titolato come igiene, salute e ambiente.

L'edificio deve essere concepito in modo da non provocare alcun danno alla salute e da non causare sviluppo di gas tossici, presenza di particelle o di gas pericolosi per gli organismi nell'aria, accumulo di tali particelle o di tali gas, emissioni di radiazioni pericolose, inquinamento o tossicità dell'acqua e del suolo, difetti nello scarico delle acque luride, dei rifiuti solidi o liquidi, e formazione di umidità sulle pareti.

Obiettivi

Impiego di materiali per la costruzione che richiedano poca energia, sia per essere prodotti che trasportati, e che abbiano un basso livello di impatto negativo sull'ambiente e sull'uomo.

Caratteristiche

Le tre grandi categorie di classificazione dei materiali sono:

- *prodotti minerali*: materiali silicei quali sabbia, ghiaia, ciottoli, ma anche gres, granito, vetro. A questa categoria appartengono inoltre i calcari, le argille, il marmo, le rocce saline dalle quali è tratto il gesso, da cui deriva quello per le costruzioni, tutti i minerali come ferro, acciaio, ghisa, alluminio, zinco, nickel, rame e piombo usati nelle costruzioni;
- *prodotti vegetali*: legno e i suoi derivati diretti, i prodotti naturali tessili come la lana e le fibre di cocco, gli oli per la realizzazione delle tinteggiature a base naturale, la cera d'api e altre fibre usate nel costruire, tra cui la paglia e le varie canne usate da sempre in edilizia;
- *prodotti artificiali a base chimica*: vernici, caucciù sintetico, PVC, poliesteri, resine e tutti gli isolanti sintetici.

I materiali e i prodotti adatti ad un'edilizia secondo criteri di eco-sostenibilità dovrebbero rispettare i seguenti requisiti:

- non emettere sostanze tossiche nocive (polveri, radiazioni, gas...) sia durante la fase di fabbricazione che al momento dell'uso;
- i materiali e le tecniche costruttive impiegate dovranno permettere la conservazione costante della bioecologicità del prodotto in ogni fase di utilizzo e trasformazione, evitando di danneggiare l'ambiente e gli operatori;
- non devono aver subito trasformazioni determinanti nella modificazione della struttura e della composizione chimica, quindi non essere inquinanti;
- deve essere usata poca energia per la loro produzione, trasporto, uso e devono possibilmente essere reperibili in loco, riducendo in tal modo i costi e l'inquinamento dovuti al trasporto;
- una volta esaurita la loro funzione dovranno ritornare alla natura, oppure essere riutilizzati in altri processi costruttivi o in altri campi. Il riciclaggio dei materiali è indispensabile anche in funzione del risparmio energetico;
- durabilità e manutenibilità dei diversi prodotti al fine di evitare sprechi energetici ed economici;
- essere buoni conservatori di energia.

MATERIALI	IMPIEGHI
STRUTTURE E PARTIZIONI	
Acciaio per armature e reti anti-ritiro	- Strutture di fondazione - Strutture in elevazione puntiformi - Strutture orizzontali e inclinate (cordoli e solai in latero-cemento, legno-laterizio)
Argilla espansa in blocchi	- Strutture in elevazione continue e tamponamenti
Calcestruzzo	- Strutture di fondazione - Strutture in elevazione puntiformi - Strutture in elevazione continue e tamponamenti - Strutture orizzontali e inclinate (cordoli e solai in latero-cemento, legno-laterizio)
Ciottoli e pietre	- Vespai aerati - Strutture in elevazione continue e tamponamenti
Gesso	- Partizioni interne e controsoffitti
Laterizi alveolati	- Strutture in elevazione continue e tamponamenti - Partizioni interne
Laterizi pieni o forati	- Vespai aerati - Strutture in elevazione continue e tamponamenti - Partizioni interne - Strutture orizzontali e inclinate in latero-cemento, legno-laterizio
Legno	- Strutture in elevazione puntiformi - Strutture in elevazione continue e tamponamenti - Strutture orizzontali e inclinate - Partizioni interne
Terra cruda	- Strutture in elevazione continue e tamponamenti
Vetro	- Partizioni interne: vetrocemento

MASSETTI	
Malta di calce idraulica	- Legante per massetti
Argilla espansa, perlite espansa, pomice, sughero e vermiculite espansa	- Materiali di alleggerimento per massetti
Rete in acciaio	- Funzione anti-ritiro per massetti

MATERIALI ISOLANTI	
<i>Isolanti di origine minerale</i>	
Argilla espansa	- Isolamento termico e acustico
Isolante minerale	- Isolamento termico
Perlite espansa	- Isolamento termico e acustico
Pomice	- Isolamento termico e acustico
Silicato di calcio	- Protezione dal fuoco
Vermiculite espansa	- Isolamento acustico e protezione dal fuoco

<i>Isolanti di origine vegetale</i>	
Canapa	- Isolamento termico e acustico
Canna palustre	- Isolamento termico e acustico
Cellulosa	- Isolamento termico e acustico
Cocco	- Isolamento termico e acustico
Cotone	- Isolamento termico e acustico
Fibra di legno	- Isolamento termico e acustico
Juta	- Isolamento acustico
Kenaf	- Isolamento termico e acustico
Lana di legno mineralizzata con cemento Portland	- Isolamento termico, acustico e protezione dal fuoco
Lana di legno mineralizzata con megnosite	- Isolamento termico, acustico e protezione dal fuoco
Lino	- Isolamento termico e acustico
Mais	- Isolamento termico e acustico
Paglia	- Isolamento termico e acustico
Sughero	- Isolamento termico e acustico
<i>Isolanti di origine animale</i>	
Lana di pecora	- Isolamento termico e acustico

IMPERMEABILIZZAZIONI	
<i>Carte</i>	
Carta craft	- Protezione anti-vento e anti-polvere
Carta oleata	- Protezione anti-vento, anti-polvere e freno al vapore
<i>Guaine</i>	
Guaina in polietilene traspirante	- Impermeabilizzazione coperture
Guaina in poliacrilico	- Impermeabilizzazione coperture
Guaina bentonitica	- Impermeabilizzazione opere in cls interrato

INTONACI	
Gesso	- Legante per intonaci
Malta di calce aerea	- Legante per intonaci
Malta di calce idraulica naturale	- Legante per intonaci
Perlite, argilla espansa, pomice, sughero e vermiculite espansa	- Materiali di isolamento per intonaci
Terra cruda	- Legante per intonaci

COPERTURE	
<i>Manti</i>	
Alluminio	- Manti di copertura
Coppi (laterizi pieni)	- Manti di copertura
Rame	- Manti di copertura
CHIUSURE	
<i>Serramenti, infissi esterni e porte interne</i>	
Alluminio	- Serramenti ed infissi esterni
Legno	- Serramenti, infissi esterni e porte interne
Vetro	- Serramenti

FINITURE	
<i>Pavimenti e pareti</i>	
Ceramiche	- Rivestimenti di pareti e pavimenti
Ciottoli e pietre	- Rivestimenti di pareti e pavimenti
Cotto	- Rivestimenti di pareti e pavimenti
Gres	- Rivestimenti di pavimenti
Legno	- Rivestimenti di pareti e pavimenti
Linoleum naturale	- Rivestimenti di pavimenti
<i>Pitture per esterni ed interni</i>	
Pittura alla calce	- Pittura per interni ed esterni
Pittura alla caseina	- Pittura per interni
Pittura alle resine vegetali	- Pittura per interni ed esterni
Pittura ai silicati	- Pittura per interni ed esterni
Tempera al latte-uovo	- Pittura per interni
<i>Trattamenti per il legno</i>	
Cera d'api	- Protezione, finitura e manutenzione
Olio di lino	- Protezione, finitura e manutenzione
Sali di boro	- Protezione e manutenzione
<i>Trattamenti per il cotto</i>	
Cera d'api	- Protezione, finitura e manutenzione
Olio di lino	- Protezione, finitura e manutenzione
<i>Lastre, rivestimenti, soglie, davanzali, cornici</i>	
Alluminio	- Rivestimenti e davanzali
Legno	- Rivestimenti, soglie e davanzali
Pietra	- Lastre, rivestimenti, soglie, davanzali e cornici

Le schede di approfondimento dei materiali elencati si trovano in allegato.

3.2.7 Marchi ecologici e di qualità

Marchio di qualità: certificazione CE

La Comunità europea ha tra i suoi ruoli istituzionali quello di promulgare le direttive che devono essere recepite dai vari paesi comunitari e quindi convertite in legge. Una volta recepite godono di piena validità giuridica e diventano punto di riferimento per costruttori, installatori, rivenditori a cui spetta adempiere agli obblighi previsti dalla legislazione. Sono documenti che fissano i requisiti essenziali dei prodotti e rinviano, se esistono, a norme specifiche, norme di prodotto, per tutte le altre caratteristiche che devono possedere.

La marcatura CE, obbligatoria dal 2000, apposta ad un prodotto fornisce la "presunzione di conformità": cioè l'assicurazione all'utilizzatore che quel prodotto sia conforme a tutte le direttive e norme applicabili. Pertanto l'apposizione della marcatura diventa l'atto finale di un processo che, partendo dalla progettazione fino al collaudo e alla validazione del progetto, assicura la conformità.

Certificazione di qualità ambientale

La qualità dei materiali impiegati in edilizia riguarda sia le loro caratteristiche intrinseche (provenienza, proprietà meccaniche, proprietà elettromagnetiche e radioattive, infiammabilità, protezione dal fumo e dall'umidità, porosità, capillarità, permeabilità...), sia una valutazione globale che prende in considerazione la loro produzione, l'utilizzo e il riciclo, nell'ottica di diminuire i consumi energetici e l'impatto sull'ambiente.

Per la valutazione di tutti questi parametri viene utilizzato il metodo del Life Cycle Analysis che analizza l'intero ciclo di vita dei prodotti, in particolare:

- *acquisizione di materie prime*: comprende tutte le operazioni di estrazione dall'ambiente e reperimento di materie prime e delle fonti energetiche;
- *produzione*: include tutte le operazioni di trasformazione delle materie prime ovvero la manifattura del materiale di base, la produzione del prodotto finale, la distribuzione;
- *uso/manutenzione*: inizia dopo la distribuzione del prodotto e include sia l'utilizzo che ogni operazione con cui il prodotto viene mantenuto o trattato per allungarne la vita;
- *riciclo/smaltimento*: inizia alla fine della vita utile e include le operazioni dirette a reintrodurre in nuove attività economiche il prodotto (riciclo) o a sottoporlo ai processi di smaltimento e a immetterlo nell'ambiente.

Per ognuna delle fasi di vita elencate si definiscono i bilanci energetici e di materie prime, le emissioni nocive in acqua, aria e suolo, le quantità di rifiuti generate, le possibilità di riutilizzare o riciclare in vari momenti del ciclo i prodotti di scarto, le condizioni di smaltimento dei prodotti, l'impatto sulla salute umana e sugli ecosistemi.

Marchi di qualità ecologica di prodotto

- *Ecolabel*: l'analisi del ciclo di vita dei materiali viene spesso utilizzata nell'ambito Ecolabel, marchio che attesta la qualità ecologica dei materiali, permettendo così di conoscere le fasi di maggior impatto per i prodotti.

Con l'Ecolabel, previsto dal regolamento CEE del 1982 n°880, approvato dal Consiglio del 23 marzo 1992, concernente un sistema comunitario di assegnazione di un marchio di qualità ecologica, viene promosso presso le aziende produttrici, la concezione e la realizzazione di prodotti aventi un impatto minore sull'ambiente durante il loro intero ciclo di vita. Il sistema di marchio comunitario di qualità ecologica prevede l'adesione volontaria da parte delle aziende e stimola la produzione di prodotti ecologici.

Per ogni prodotto vengono presi in esame i principali aspetti ambientali connessi alla sua realizzazione in particolare la qualità dell'aria, dell'acqua, del suolo, la produzione di rifiuti, il consumo di risorse ed energia, la sicurezza e la salute dei lavoratori e dei consumatori, l'inquinamento acustico e la tutela della biodiversità.

- *Altri marchi:* oltre 20 paesi adottano differenti etichette ambientali basate tutte sull'adesione volontaria dei produttori. Alcuni esempi sono:
 - etichetta "Green Seal" (USA): viene rilasciata a prodotti che rispondono ai requisiti di riduzione dell'inquinamento atmosferico, uso sostenibile delle risorse naturali, corretta gestione dei rifiuti;
 - etichetta "Blauer Engel" (germania): considera l'intero ciclo di vita del prodotto, tutti gli aspetti di protezione ambientale e la tutela della salute;
 - etichetta "White Swan" (paesi scandinavi): viene assegnata alle categorie di prodotti caratterizzati da un minor impatto ambientale rispetto ad altri analoghi; ha una durata temporale limitata da 6 mesi a 3 anni.

Marchi di qualità ecologica di prodotto conferiti da enti privati

- *Natureplus:* il marchio Natureplus rappresenta, in Europa, il "sigillo di garanzia" per prodotti edili, materiali da costruzione ed elementi di arredo ecologici, atossici e ad elevate prestazioni. Il gruppo dei promotori di Natureplus è composto da rappresentanti di sette Paesi europei: Germania, Austria, Svizzera, Italia, Paesi Bassi, Belgio e Lussemburgo. Inoltre, il marchio riceve l'appoggio del WWF, delle associazioni dei consumatori, dei produttori e dei rivenditori. I marchi ecologici già esistenti quali Eco, IBO e TÜV, confluiscono in Natureplus. I parametri di valutazione riguardano:
 - materiali naturali;
 - minimo consumo d'energia durante la fabbricazione;
 - esclusione di sostanze altamente inquinanti;
 - rispetto dei più severi standard di emissione inquinante:
 - divieto d'utilizzo di sostanze che possono nuocere alla salute;
 - applicazioni inoffensive;
 - longevità dei materiali:
 - indicazione dei modi di applicazione qualificati;
 - rispetto delle norme di produzione europea.
- *Anab-Icea:* valuta l'impatto sulle risorse, sulla salute umana e l'impatto del processo produttivo sull'ecosistema.
- *IBN e IBR:* definiscono l'ecologicità dei prodotti edili attraverso prove di laboratorio inerenti le caratteristiche fisiche e chimiche, con particolare attenzione alle problematiche relative alla tossicità dei prodotti.

Marchi specifici per categorie di prodotto

- *FSC:* sistema di certificazione volontario per le foreste, il legno e i suoi derivati. Il logo FSC su un prodotto indica che il legno usato per fabbricarlo proviene da foreste gestite in modo ecologicamente compatibile, socialmente utile ed economicamente conveniente.

3.2.8 Progetto del colore per gli ambienti interni

Obiettivi

Impiego del colore come strumento per migliorare l'esistenza negli ambienti di lavoro, nella casa, nella scuola e negli ambienti esterni.

Strategie progettuali

Utilizzo del colore negli ambienti interni

- *Riflessi del colore sulla percezione degli ambienti*
 - Ambienti chiari: sembrano più luminosi e più grandi;
 - le pareti chiare sembrano respingersi: si otterrà un ambiente rilassante;
 - le pareti scure sembrano attrarsi: si otterrà un ambiente eccitante;
 - se si contrappongono pareti chiare e pareti scure, la proporzione si modifica;
 - i soffitti scuri sembrano più bassi e pericolosi (pesanti);
 - i colori caldi rimpiccioliscono l'ambiente;
 - i colori freddi dilatano l'ambiente;
 - le strombature alle finestre aumentano l'intensità della luce;
 - elementi troppo colorati, si spengono su superfici di eguale colore;
 - elementi con colori di contrasto simultaneo generano armonia;
 - colori scuri su particolari di finitura, aumentano la preziosità;
 - colori scuri su muri e strutture li fanno sembrare più solidi e resistenti;
 - colori chiari su muri e strutture li fanno sembrare più fragili;
 - il bianco, per vivere bene, necessita di enorme chiasso di colore intorno.
- *Riflessi del colore sulla psicologia del fruitore*
 - Colori schiariti o ingrigiti sono più rilassanti (luminosità);
 - i colori molto saturi, sono più eccitanti (saturazione).
- *Il colore negli ambienti*
 - Uffici: utilizzare colori vivaci al fine di migliorare la produttività e i rapporti interpersonali, ridurre la fatica;
 - scuole:
 - il colore influisce sullo stato di benessere e sul rendimento degli studenti;
 - scelta dei colori: da farsi in base all'età degli alunni, dalla scuola materna all'università, i colori utilizzati dovrebbero essere in scala dai più saturi e caldi a quelli meno saturi e freddi;
 - nei disimpegni e nelle zone di ricreazione: colori saturi ed estroversi che aiutano i ragazzi a scaricare i loro nervosismi e tensioni;
 - nelle aule: colori poco saturi per favorire la concentrazione;
 - abitazioni:
 - zona giorno: impiegare colori caldi che stimolano la concentrazione, l'attività e il dinamismo;
 - zona notte: impiegare colori freddi che favoriscono il rilassamento, il sonno, il riposo e rallentano i ritmi vitali.

Utilizzo del colore negli ambienti esterni

- Preferire l'impiego di colori chiari al fine di evitare il surriscaldamento delle superfici.

3.2.9 Arredi

Obiettivo

Impiegare arredi ecologici ed ergonomici

Caratteristiche

- Influenzano il microclima interno degli ambienti:
 - possibile inquinamento dell'aria, elettrificazione dell'ambiente e delle persone.

Strategie progettuali

- Arredi ecologici costruiti con solo legno o con altri materiali naturali:
 - non devono contenere:
 - resine sintetiche a base di formaldeide;
 - prodotti sintetici, polimeri come la plastica o la formica;
 - non devono essere trattati con:
 - vernici contenenti insetticidi e fungicidi;
 - prodotti a base di pentaclorofenolo;
 - composti derivanti da processi di combustione e prodotti di largo consumo nelle case (spray, smacchiatori, vernici) quali benzeni (benzene, etilbenzene, toluene, xilene) e idrocarburi (smacchianti-trielina, spray).
- Preferire arredi ergonomici che consentono un comfort elevato in quanto sono contraddistinti da un adattamento delle forme e delle proporzioni al corpo umano.

4. CHECK LIST RIASSUNTIVA AMBIENTE, SOSTENIBILITA', SALUTE E BENESSERE

Strategie progettuali	Requisiti	Verificato	Non verificato	Non applicabile
Gestione sostenibile dell'attività di cantiere	<i>Contenimento dei consumi energetici, delle risorse ambientali, dei materiali e gestione dei rifiuti</i>			
	Riduzione dei rifiuti			
	Riciclaggio dei rifiuti			
	Materiali: riduzione del consumo di materie prime			
	Impiego di materiali locali			
	Riutilizzo di materiali provenienti da edifici esistenti			
	Gestione del suolo			
	Gestione dell'acqua			
	Gestione dell'aria			
Qualità dell'ambiente esterno	<i>Comfort termico degli spazi esterni e ventilazione naturale</i>			
	Controllo della temperatura superficiale: suolo			
	Controllo della temperatura superficiale: radiazione solare			
	Controllo della temperatura superficiale: acqua			
	Controllo della temperatura superficiale: materiali di rivestimento			
	Controllo della temperatura superficiale: vegetazione			
	Controllo della temperatura superficiale: sistemi insediativi			
	Controllo dei flussi d'aria: suolo			
	Controllo dei flussi d'aria: acqua			
	Controllo dei flussi d'aria: vegetazione			
	Controllo dei flussi d'aria: barriere frangivento (muri, pareti, recinzioni)			
	Controllo dei flussi d'aria: barriere frangivento (edifici)			
	<i>Inquinamento elettromagnetico</i>			
	Verifica campi elettromagnetici a bassissima frequenza			
	Strategie per la riduzione dei campi elettromagnetici a bassissima frequenza			
	Verifica campi elettromagnetici ad alta frequenza			
	Strategie per la riduzione dei campi elettromagnetici ad alta frequenza			
	<i>Inquinamento acustico</i>			
	Verifica dell'inquinamento acustico esistente			
	Strategie per la riduzione dell'inquinamento acustico			
	<i>Inquinamento atmosferico</i>			
	Verifica dell'inquinamento atmosferico esistente			

Qualità dell'ambiente esterno	Strategie per la riduzione dell'inquinamento atmosferico			
	<i>Inquinamento luminoso</i>			
	Verifica dell'inquinamento luminoso esistente			
	Strategie per la riduzione dell'inquinamento luminoso esistente			
	Strategie per le riduzione dell'inquinamento luminoso nelle nuove progettazioni			
	<i>Inquinamento e bonifica del terreno e delle acque</i>			
	Verifica dell'inquinamento esistente			
	Bonifica del terreno e delle acque			
	Strategie per la prevenzione dell'inquinamento			
Qualità dell'ambiente interno	<i>Comfort termico degli spazi interni</i>			
	Qualità dell'aria interna: ventilazione naturale			
	Qualità dell'aria interna: ventilazione meccanica controllata			
	Qualità dell'aria interna: fonti inquinanti interne (VOC)			
	Qualità dell'aria interna: radon			
	Qualità dell'aria interna: controllo dell'umidità relativa interna			
	<i>Inquinamento elettromagnetico indoor</i>			
	Verifica campi elettromagnetici a bassa frequenza (50 Hz)			
	Strategie per la riduzione dei campi elettromagnetici a bassa frequenza (50 Hz)			
	Verifica campi elettromagnetici ad alta frequenza (100 kHz-300 GHz)			
	Strategie per la riduzione dei campi elettromagnetici ad alta frequenza (100 kHz-300 GHz)			
	<i>Illuminazione naturale e artificiale</i>			
	Strategie per la corretta progettazione dell'illuminazione naturale			
	Strategie per la corretta progettazione dell'illuminazione artificiale			
	<i>Comfort acustico</i>			
	Strategie per la corretta progettazione del comfort acustico: isolamento acustico di facciata			
	Strategie per la corretta progettazione del comfort acustico: isolamento acustico delle partizioni interne			
	Strategie per la corretta progettazione del comfort acustico: isolamento acustico al calpestio			
	Strategie per la corretta progettazione del comfort acustico: isolamento acustico dei sistemi tecnici			

<i>Materiali e finiture</i>			
Scelta di materiali e prodotti: bio-eco-sostenibili e dotati di marchi ecologici di qualità*			
<i>Colore per gli ambienti interni</i>			
Progetto del colore per gli ambienti interni			
<i>Arredi</i>			
Impiego di arredi bioecologici			

* Nell'ottica di una progettazione bio-eco-compatibile è opportuno impiegare materiali naturali e certificati in tutto l'edificio. E' possibile impiegare materiali di altra natura per usi strutturali, dove previsto dalla normativa o in presenza di particolari necessità costruttive.

5. CONCLUSIONI

Nel momento in cui il progettista decide in affrontare interventi di nuova edificazione o interventi sugli edifici esistenti in chiave bio-eco-compatibile, deve impiegare il maggior numero possibile di strategie progettuali indicate in questa sezione.

Alcune indicazioni fanno riferimento a situazioni del contesto in cui ci si trova ad operare e che possono recare danno all'utente finale. Compito del progettista è quello di mitigare, o meglio ancora, annullare gli effetti negativi del contesto adottando adeguate soluzioni progettuali.

Il progetto nella sua totalità deve quindi avere come obiettivi il rispetto dell'ambiente, la sostenibilità, la salute e il benessere dei fruitori.

6. BIBLIOGRAFIA

Risparmio energetico: edifici di nuova costruzione ed esistenti

- N. Aste, *Il fotovoltaico in architettura*, Sistemi Editoriali, Napoli 2005
- C. Benedetti, *Progetto Ambiente*, Edizioni Kappa, Roma 2003
- G. Comini, G. Cortella, *Fondamenti di trasmissione del calore*, SGEEditoriale, Padova 2001
- G. Dall'O', *Gli impianti nell'architettura vol. I-II*, UTET, Milano 2000
- E.N.E.A., *Metodologie di risparmio energetico*, Hoepli, Milano 1984
- Energie: Bewusst Kaertnen, *Zeitgemäß Sanieren-Vom Althaus zum Niedrigenergiehaus*, Energie: bewusst Kaertnen, 2007
- Energie Tirol, *Neue Energietechnik fuer Haeuser mit Geschichte*, Bundesministerium fuer Verkehr, Innovation und Technologie, 2005
- Energieinstitut Voralberg, *Neue Energie fuer alte Haeuser*, Energieinstitut Voralberg, 2003
- M. Grosso, *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini 1997
- N. Lantschner, *Casaclima, Vivere nel più*, Edizioni Raetia, Bolzano 2006
- G. Moncada, Lo Giudice, L. De Santoli, *Progettazione di impianti tecnici*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 2000
- T. Muneer, N. Abodahab, G. Weir, J. Kubie, *Windows in buildings*, Architectural Press, Oxford 2000
- M. Rizzi, a cura di, *Consigli di risparmio energetico per gli edifici esistenti*, Provincia di Udine, Udine 2006
- A. Rogora, *Architettura e bioclimatica*, Sistemi Editoriali, Napoli 2003
- S. O. Salè, *Verde aureo dell'architettura*, Maggioli Editore, Rimini 2006
- R. Serra Florensa, H. Coch Roura, *L'energia nel progetto di architettura*, CittaStudi, Milano 1997
- M. Quinn Brewster, *Thermal radiative transfer and properties*, Wiley, New York 1992
- U. Wienke, *Aria calore luce. Il comfort ambientale negli edifici*, DEI, Roma 2005
- U. Wienke, *Manuale di Bioedilizia*, DEI, Roma 2000
- U. Wienke, *L'edificio passivo – standard, requisiti, esempi*, Alinea editrice, Firenze 2002
- M. Marocco, *Progettazione e costruzione bioclimatica dell'architettura*, Edizioni Kappa, Roma 2000
- M. Sala, a cura di, *Recupero edilizio e bioclimatica – strumenti, tecniche e casi studio*, Gruppo Editoriale Esselibri - Simone, Napoli 2004
- A. Taidelli Palmizi, *L'impianto di riscaldamento nella casa sana*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2003
- P. Erlacher, H. Koenig, *L'impianto elettrico nella casa sana*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2000
- H. Koenig, *Costruire edifici sani – vol.I caratteristiche e materiali*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2003
- S. De Pascalis, *Progettazione bioclimatica*, Dario Flaccovio editore, Palermo 2001

Ambiente, sostenibilità, salute e benessere: edifici di nuova costruzione ed esistenti

- U. Wienke, *L'edificio passivo – standard, requisiti, esempi*, Alinea editrice, Firenze 2002
- M. Marocco, *Progettazione e costruzione bioclimatica dell'architettura*, Edizioni Kappa, Roma 2000
- M. Sala, a cura di, *Recupero edilizio e bioclimatica – strumenti, tecniche e casi studio*, Gruppo Editoriale Esselibri - Simone, Napoli 2004
- P. Erlacher, H. Koenig, *L'impianto elettrico nella casa sana*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2000
- H. Koenig, *Costruire edifici sani – vol.I caratteristiche e materiali*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2003
- S. De Pascalis, *Progettazione bioclimatica*, Dario Flaccovio editore, Palermo 2001
- A. Rogora, *Architettura bioclimatica*, Gruppo Editoriale Esselibri - Simone, Napoli 2003
- S. Bruno, D. Verdesca, *Bioedilizia e sicurezza nel cantiere*, Il Sole 24 Ore, Milano 2001
- S. Bruno, *I progetti di bioclimatica e bioedilizia*, Il Sole 24 Ore, Milano 2003
- E. Oleotto, a cura di, *Guida agli isolanti naturali – prodotti, caratteristiche e tipologie di impiego*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2007
- M. Corrado, *Architettura bioecologica*, De VecchiEditore, Milano 2004
- W. Pedrotti, *Il grande libro della bioedilizia*, Demetra, Firenze 2006
- M. Bertagnin, *Bioedilizia*, Edizioni GB, Padova 1996
- M. Masi, *Capitolato speciale d'appalto per opere di bioedilizia*, DEI Multimedia, Roma 2001
- D. Bigazzi, M. Sala, *Capitolato: materiali e tecnologie ecocompatibili*, Alinea editrice, Firenze 1999
- R. Bologna, a cura di, *La reversibilità del costruire*, Maggioli Editore, Rimini, 2002
- S. Piardi, P. Carena, I. Oberti, A. Ratti, *Costruire edifici sani*, Maggioli Editore, Rimini, 2000
- C. A. Reineri, *Fondazioni e strutture portanti in bioedilizia*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2004
- C. A. Reineri, *Solai, pareti e serramenti in bioedilizia*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2004
- C. A. Reineri, *Coperture in bioedilizia*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2002
- C. A. Reineri, *Isolanti e guaine in bioedilizia*, EdicomEdizioni, Monfalcone 2003
- U. Sasso, *Isolanti sì Isolanti no - secondo Bioarchitettura*, Alinea editrice, Firenze 2003
- G. Forti, *La calce e gli intonaci*, Edilcalce, Verona 1997
- M. Moroni, *Il radon*, Il Sole 24 Ore, Milano 2002
- I. Romanello, *Il colore: espressione e funzione*, Hoepli, Milano 2006

Materiale informativo consultato

Dispensa del corso, *L'uso del colore secondo il Cromoambiente*, a cura di Paolo Brescia, Milano 2003

Manuale per l'edilizia eco-compatibile, Regione Piemonte

ARPA FVG, *Indicazioni e proposte per la protezione degli edifici dal gas radon*, Editore ARPA FVG

ARPA FVG, *Il gas radon*, Editore ARPA FVG

Environment Park, a cura di, *Requisiti per la sostenibilità ambientale degli edifici*

APPENDICE: SCHEDE MATERIALI