
REQUISITI PER LA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DEGLI EDIFICI

a cura di

**ENVIRONMENT
PARK**

REQUISITI PER LA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DEGLI EDIFICI

a cura di
Environment Park

INTRODUZIONE

Le “I requisiti per la sostenibilità degli edifici”, costituiscono, nel loro insieme, una “enciclopedia” delle strategie progettuali da mettere in atto per rendere le realizzazioni sostenibili, nonché delle tecnologie cui si può fare riferimento per rendere tali strategie concretamente attuabili.

Esse contengono anche informazioni puntuali sui possibili indicatori di controllo del processo edilizio e sugli strumenti utili per rendere tali indicatori di controllo leggibili ed efficaci.

Le numerose tematiche cui il progettista, prima, il costruttore ed il gestore, poi, sono chiamati ad affrontare sono organizzate per classi di esigenze e sinteticamente illustrate in schede opportunamente codificate.

Le *classi di esigenze* riguardano:

- l'utilizzo delle risorse climatiche locali;
- la qualità ambientale degli spazi esterni;
- l'integrazione con il contesto ambientale;
- il contenimento del consumo di risorse;
- la riduzione dei carichi ambientali;
- la qualità dell'ambiente interno;
- la qualità del servizio.

All'interno delle classi di esigenze le schede sono classificate e codificate in relazione alle *classi di requisiti* e dai singoli *requisiti* come da elenco che segue.

Ciascuna scheda si riferisce quindi ad uno specifico requisito. Essa è preceduta da una breve introduzione riguardante la tematica e contiene:

Obiettivo

L'obiettivo rappresenta il traguardo da raggiungere per rendere la realizzazione sostenibile.

Requisito qualitativo

Il requisito qualitativo è un requisito che concerne le scelte progettuali e che non è verificabile mediante parametri quantitativi; in sede di progetto il suo soddisfacimento viene verificato analizzando le scelte progettuali e riconoscendo in esse elementi finalizzati al raggiungimento dell'obiettivo dichiarato.

Requisito quantitativo

Il requisito quantitativo è un requisito che concerne le scelte progettuali e che è verificabile mediante parametri quantitativi; il suo soddisfacimento viene verificato acquisendo gli esiti numerici delle valutazioni quantitative eseguite da un Progettista che allo scopo ha utilizzato strumenti di valutazione comunemente riconosciuti come validi.

Strategie e tecnologie di riferimento

Le strategie e tecnologie di riferimento sono quelle individuate dal Committente come appropriate ai fini del raggiungimento dell'obiettivo dichiarato.

Indicatori di controllo

L'indicatore di controllo è il parametro che viene utilizzato da una terza parte indipendente (né il Committente né il Progettista, Costruttore o Gestore) per la verifica del soddisfacimento dei requisiti qualitativi o quantitativi e per il controllo della conformità alle prescrizioni. Tale indicatore può essere di diversa natura in relazione alla fase di controllo considerata (progetto, costruzione o esercizio) ed all'oggetto del controllo (requisito qualitativo, requisito quantitativo, conformità a prescrizione). Si hanno quindi indicatori che riguardano la presenza o l'assenza di elementi progettuali, l'impiego o meno di una determinata soluzione tecnologica, il raggiungimento di un valore standard, l'esito di una misura in campo o in laboratorio, l'esistenza di una documentazione tecnica di supporto o il monitoraggio di una grandezza.

Strumenti (di controllo)

Lo strumento di controllo è costituito, a seconda del tipo di indicatore di controllo, dalla documentazione tecnica (supporti grafici, esiti di calcolazioni eseguite con metodi manuali o computerizzati, certificazioni dei materiali impiegati, esiti di prove in laboratorio o in campo, esiti di monitoraggi) che il Progettista, il Costruttore ed il Gestore dell'opera forniscono ad una terza parte indipendente affinché essa possa verificare il soddisfacimento dei requisiti qualitativi o quantitativi e controllare la conformità alle prescrizioni del Committente.

Fase di progetto (PRO)

Si intende per "progetto" il progetto definitivo ai sensi del D.P.R. n. 554/1999.

Fase di costruzione (COS)

Si intende per "costruzione" la fase di realizzazione dell'opera che trova conclusione nel collaudo dell'opera stessa.

Fase di esercizio (ESE)

Si intende per "esercizio" il periodo di utilizzo dell'edificio durante e dopo l'evento olimpico.

Riferimenti normativi essenziali

Vengono indicati i disposti legislativi e le normative tecniche nazionali a carattere cogente o comunque rientranti nella prassi progettuale e costruttiva e riconosciute come "regole dell'arte".

Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati

Sono le classi di requisiti, le classi di esigenze e i requisiti correlati, in termini progettuali, con quelli considerati nella scheda.

Riferimenti bibliografici

Sono i testi di riferimento per un approfondimento delle tematiche trattate.

Riferimenti normativi

Sono le normative nazionali ed internazionali a carattere non cogente che possono essere utilizzate sia per un approfondimento delle tematiche trattate sia per lo svolgimento del progetto.

Poiché si tratta di edifici con destinazioni d'uso eterogenee, su ogni scheda è riportato un codice che indica a quali di esse è applicabile il requisito, ovvero:

- R= residenze;
- U= uffici;
- S= servizi (ovvero tutte le altre destinazioni d'uso).

SCHEDE DEI REQUISITI PER LA PER LA SOSTENIBILITÀ DEGLI EDIFICI

ELENCO DEI REQUISITI

CLASSI DI ESIGENZE	CLASSI DI REQUISITI	REQUISITO	CODICE	
Utilizzo delle risorse climatiche	Riscaldamento naturale	Sistemi solari passivi	URC-Ris-1	
	Raffrescamento naturale	Contatto diretto con il terreno	URC-Rfn-2	
		Ventilazione notturna della massa	URC-Rfn-3	
		Ventilazione naturale	Ventilazione generata dal vento	URC-Vn-4
		Ventilazione generata per effetto camino	URC-Vn-5	
Qualità ambientale degli spazi esterni	Aspetti termofluidodinamici	Controllo della temperatura superficiale	QAE-Tf-6	
		Controllo dei flussi d'aria	QAE-Tf-7	
	Inquinamento acustico	Protezione dal rumore esterno all'area	QAE-Iac-8	
		Protezione dal rumore interno all'area	QAE-Iac-9	
	Inquinamento atmosferico	Protezione da fonti inquinanti esterne al sito	QAE-Iar-10	
		Protezione da fonti inquinanti interne al sito	QAE-Iar-11	
	Inquinamento elettromagnetico	Campi elettrici e magnetici a bassa frequenza	QAE-Emf-12	
		Campi elettromagnetici ad alta frequenza	QAE-Emf-13	
	Aspetti di percezione e comunicazione	Percezione multisensoriale	QAE-Pc-14	
	Integrazione con il contesto ambientale	Integrazione paesaggistica	Salvaguardia del sistema del verde	INC-Ip-15
			Riconoscibilità dei caratteri ambientali del luogo	INC-Ip-16
		Integrazione della cultura materiale	Recupero delle tradizioni costruttive locali	INC-Cm-17
	Contenimento del consumo di risorse	Materiali da costruzione	Consumi energetici di produzione degli elementi tecnici	CCR-Ene-18
			Consumi energetici trasporti	CCR-Tras-19
Acqua potabile		Minimizzazione dell'uso di acqua potabile	CCR-Acq-20	
Riscaldamento ambienti		Isolamento termico	CCT-Ris-21	
		Efficienza dell'impianto termico	CCT-Ris-22	
		Impiego di energie rinnovabili o assimilate	CCT-Ris-23	
Ventilazione meccanica		Efficienza dell'impianto di ventilazione	CCT-Vm-24	
Raffrescamento ambienti		Controllo degli apporti termici solari	CCT-Rfp-25	
		Controllo dell'inerzia termica	CCT-Rfp-26	
		Ventilazione attraverso condotti interrati	CCT-Rfp-27	
		Efficienza dell'impianto di climatizzazione	CCT-Con-28	
Produzione di acqua calda sanitaria		Impiego di energie rinnovabili o assimilabili	CCT-Acs-29	
		Efficienza dell'impianto di produzione acqua calda	CCT-Acs-30	
Produzione di energia elettrica		Impiego di sistemi fotovoltaici	CCE-Fv-31	
		Impiego di sistemi di cogenerazione	CCE-Cog-32	

CLASSI DI ESIGENZE	CLASSI DI REQUISITI	OGGETTO DEL REQUISITO	CODICE	
Riduzione dei carichi ambientali	Emissioni inquinanti in atmosfera	Controllo emissioni impianti termici	RCA-Ea-33	
	Effluenti	Gestione delle acque reflue	RCA-Efl-34	
	Emissioni di rumore	Controllo rumore impianti	RCA-Ba-35	
	Minimizzazione dei rifiuti da C&D in fase di dismissione	Valutazione delle potenzialità di riciclo dei materiali	RCA-Ric-36	
		Valutazione separabilità dei componenti	RCA-Sep-37	
	Gestione dei rifiuti da C&D in fase di costruzione	Demolizione selettiva	RCA-Ds-38	
		Impiego materiali inerti	RCA-Ine-39	
	Controllo dei flussi di rifiuti solidi urbani (RSU)	Riduzione quantità di RSU destinati alla discarica	RCA-Rsu-40	
Materiali da costruzione	Effetti ambientali per produzione elementi tecnici	RCA-Efa-41		
Qualità dell'ambiente interno	Ambiente visivo	Illuminazione naturale	QAI-In-42	
		Vista verso l'esterno	QAI-Ve-43	
		Penetrazione della radiazione solare diretta	QAI-Os-44	
		Uniformità di illuminamento	QAI-Ui-45	
		Privacy	QAI-Pr-46	
		Oscurabilità	QAI-Ob-47	
		Illuminazione artificiale	QAI-Ia-48	
		Ambiente acustico	Isolamento acustico di facciata	QAI-If-49
	Fonoisolamento delle partizioni interne		QAI-Ip-50	
	Fonoisolamento da calpestio		QAI-Fc-51	
	Fonoisolamento da rumore di tipo continuo		QAI-Rc-52	
	Fonoisolamento da rumore di tipo discontinuo		QAI-Rd-53	
	Ambiente termico	Temperatura dell'aria nel periodo invernale	QAI-Ct-54	
		Temperatura superficiale interna nel periodo invernale	QAI-Ct-55	
		Indice di surriscaldamento nel periodo estivo	QAI-Ct-56	
	Qualità dell'aria	Aerazione	QAI-Ae-57	
		Estrazione dell'aria	QAI-Ea-58	
		Umidità relativa	QAI-Ur-59	
		Emissioni di VOC	QAI-Ev-60	
		Emissioni di Radon	QAI-Rn-61	
Inquinamento Elettromagnetico	Diffusione di inquinanti	QAI-Di-62		
	Campi elettrici e magnetici a bassa frequenza	QAI-Emf-63		
Qualità del Servizio	Flessibilità e adattabilità	Campi elettromagnetici ad alta frequenza	QAI-Emf-64	
		Adattabilità dei sistemi tecnici	QS-Fa-65	
		Flessibilità degli spazi	QS-Fa-66	
	Controllo dei sistemi impiantistici	Gestione impianti di riscaldamento e ventilazione	QS-Cr-67	
		Manutenzione edilizia e impiantistica	Riduzione dei rifiuti da manutenzione	QS-Ma-68
			Protezione dell'involucro edilizio	QS-Ma-69
		Accessibilità degli impianti	QS-Ma-70	
	Monitoraggio del sistema edificio-impianti	Controllo consumi	QS-Mo-71	

CLASSE DI ESIGENZE

UTILIZZO DELLE RISORSE CLIMATICHE

CLASSI DI REQUISITI

RISCALDAMENTO NATURALE

RAFFRESCAMENTO NATURALE

VENTILAZIONE NATURALE

RISCALDAMENTO NATURALE

CLASSE DI REQUISITI

Per *riscaldamento naturale* s'intende un riscaldamento ambientale ottenuto utilizzando l'irraggiamento solare incidente sulle superfici dell'involucro edilizio e meccanismi naturali – cioè, senza l'ausilio d'energia prodotta da impianti termici o importata dalla rete – per il trasferimento, del calore assorbito, all'interno dell'edificio. Sistemi di riscaldamento naturale possono essere sia gli stessi elementi tecnici di chiusura di un edificio – trasparenti (finestre) od opachi (pareti massive non isolate) – sia elementi speciali, progettati per massimizzare l'apporto termico solare.

I sistemi di riscaldamento naturale sono detti, comunemente, *sistemi solari passivi*. Essi sono composti dai seguenti principali sottosistemi:

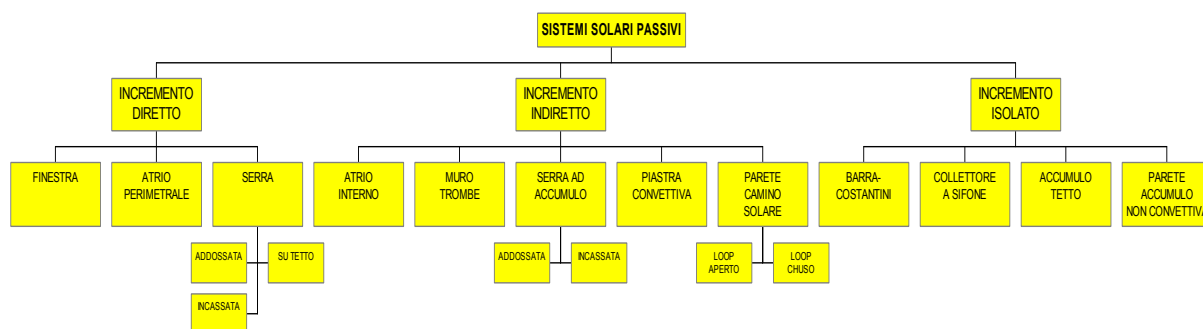
- *subsistema di captazione* – preposto alla captazione dell'energia solare e al trasferimento della stessa all'ambiente (scambio per irraggiamento) e/o all'aria (scambio per convezione);
- *subsistema di distribuzione* – con funzione di distribuire il calore prodotto agli ambienti da riscaldare (rispetto ai sistemi impiantistici, tale sottosistema è estremamente semplice, potendosi identificare con delle bocchette di ventilazione o, nei casi più complessi, in condotti nei controsoffitti);
- *subsistema di accumulo* – che ha la funzione di immagazzinare energia termica, nei periodi di non utilizzo della stessa, o per la quantità di energia incidente non utilizzata, al fine di renderla utile successivamente.

Nei sistemi più semplici, quali la finestra, il sottosistema di captazione coincide con quello di distribuzione e non vi è accumulo; in quelli più complessi, quali il muro di Trombe-Michel, si hanno tutti e tre i sottosistemi.

I sistemi solari passivi si differenziano in relazione ai seguenti fattori:

- la *collocazione* del sottosistema di captazione, che può essere su parete, in copertura, o al di sotto del livello di utilizzo;
- il tipo di *trasporto dell'energia* dal sistema di captazione/distribuzione all'ambiente, che può essere suddiviso nelle seguenti modalità:
 - *diretto*, se il trasporto avviene senza interposizione di elementi tecnici opachi (lo scambio termico prevalente è per irraggiamento);
 - *indiretto*, se il trasporto avviene con interposizione di un elemento tecnico opaco (con o senza accumulo), rappresentato dalla parete stessa che supporta il sottosistema di captazione, con scambio convettivo attraverso bocchette, collocate nella parte inferiore e superiore della parete stessa (muro di Trombe-Michel e piastra convettiva), o condotte in controsoffitto (parete camino-solare);
 - *isolato*, se non vi è comunicazione diretta – né visiva, né d'aria – tra sottosistema di captazione/distribuzione e ambiente; lo scambio avviene, prevalentemente, per reirraggiamento, da una massa che accumula e che entra in contatto con l'aria, riscaldata dal sottosistema di captazione;
- la presenza di una *funzione spaziale*, che integra quella di controllo termico (come nel caso delle serre e degli atri).

Lo schema generale di classificazione dei sistemi solari passivi è il seguente ¹:



Nei sistemi solari passivi ad incremento *diretto* e *indiretto*, il subsistema di captazione e quello distributivo sono integrati nello stesso componente d'involucro (chiusura verticale o orizzontale superiore): nei sistemi del tipo diretto non si ha movimentazione d'aria dall'unità di captazione all'ambiente, e lo scambio è prevalentemente per irraggiamento diretto e reirraggiamento nell'infrarosso dalle pareti interne; nei sistemi del tipo indiretto – quali il muro di Trombe-Michel, la serra ad accumulo, e la piastra convettiva – la movimentazione dell'aria avviene attraverso bocchette collocate, in alto ed in basso, nella parete stessa che funge da captatore. Nei sistemi passivi del tipo *isolato*, lo scambio termico con l'ambiente avviene: per reirraggiamento dalla superficie interna della parete opaca, che funge anche da captatore (parete ad accumulo non convettiva); per movimentazione d'aria attraverso intercapedini a soffitto o pavimento – come nel sistema Barra-Costantini – senza passaggio d'aria tra elementi tecnici e ambiente.

¹ Goulding, J.R., Owen Lewis, J., Steemers, T.C., a cura di, *Energy in Architecture: the European Passive Solar Handbook*, Batsford per la Commissione delle Comunità Europee, Londra, 1993.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre il fabbisogno di riscaldamento ambientale, basato sull'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili.			<p>Garantire una percentuale di superficie irraggiata direttamente dal sole – al 21/12, ore 12 (solari) – non inferiore ad 1/3 dell'area totale delle chiusure esterne verticali</p> <p>e</p> <p>un numero di ore medio di esposizione alla radiazione solare diretta – nel caso di cielo sereno – delle chiusure esterne trasparenti collocate sulla facciata S ($\pm 20^\circ$) non inferiore al 60% della durata del giorno, al 21/12.</p>	<p>Morfologia urbana ed edilizia, che garantisca il massimo accesso al sole.</p> <p>Collocazione e scelta opportuna essenze arboree.</p> <p>Sistemi solari passivi.</p>	URC-Ris-1
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	<p>% d'area soleggiata sul totale delle superfici d'involucro verticali al 21/12, ore 12.</p> <p>Indice di soleggiamento medio, calcolato nel baricentro delle finestre orientate a S ($\pm 20^\circ$).</p>	<p>Sviluppo, in prospetto, scala 1:200, dell'involucro verticale dell'edificio, con indicazione delle superfici in ombra al 21/12, ore 12.</p> <p>Maschere d'ombra delle quattro finestre collocate più vicine ai vertici della facciata S.</p>	<p>Metodo sincronico di calcolo della Dinamica delle ombre proiettate dal contesto, e dall'edificio stesso, sull'involucro di un edificio, in un determinato tempo (in alternativa: applicativi SW di tracciamento delle ombre su base geo-astronomica) e Metodo diacronico di calcolo del periodo di soleggiamento in un punto di una facciata verticale, durante un determinato periodo.</p>	<p>Misura in laboratorio: Visualizzazione, su modelli in scala, delle ombre proiettate, dal contesto e dall'edificio, sull'edificio stesso, al 21/12, tramite Heliodon.</p>	R
COS					
ESE	Ore d'esposizione solare diretta media tra le unità abitative (21/12).			Misura in campo: verifica dell'eliofania (ore di soleggiamento diretto) su finestre campione	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10349:1994/CE					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: URC-Rfn-2, INC-Ip-15					

RISCALDAMENTO NATURALE
Sistemi solari passivi

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
URC-Ris-1

Morfologia urbana ed edilizia

Nella localizzazione degli edifici, il rapporto di confrontanza (in questo caso, il rapporto tra la distanza, tra la facciata S di un edificio e un ostacolo posto nel semicerchio d'orizzonte antistante, e l'altezza della facciata stessa), sia rispetto agli edifici esistenti, sia rispetto agli edifici in progetto (nel caso di complesso residenziale composto da più unità edilizie), deve essere tale da consentire il soddisfacimento del requisito posto. Forma e tipi edilizi devono essere scelti in modo da garantire il soddisfacimento del requisito posto. Ciò, indicativamente, significa privilegiare tipologie in linea o a schiera, con fronti allineati lungo l'asse E-O ($\pm 20^\circ$), evitando, nel caso di rientranze e aggetti, ombre proprie sulle chiusure esterne trasparenti della facciata S.

Vegetazione

Si dovrà porre particolare attenzione a non collocare essenze arboree sempreverdi nel semicerchio d'orizzonte antistante la facciata S dell'edificio. Nel caso di essenze caducifoglie, si dovrà considerare il periodo di caduta delle foglie, evitando essenze in cui questo si prolunghi fino ad inverno inoltrato.

Sistemi solari passivi

I sistemi solari passivi sono una categoria dei sistemi di climatizzazione ecocompatibili (*), finalizzata al riscaldamento ambiente. Sono composti da elementi tecnici "speciali" dell'involucro edilizio, che, oltre a svolgere una, o più, funzioni non energetiche (protezione, supporto strutturale, spazio d'uso, vista,...), forniscono un apporto termico "gratuito" aggiuntivo, rispetto agli elementi tecnici ordinari, tramite il trasferimento, all'interno degli edifici, di calore generato per effetto serra (determinato dall'impiego combinato del vetro, di un intercapedine d'aria e di superfici ad elevato coefficiente di assorbimento solare). Tale trasferimento avviene sia per irraggiamento diretto attraverso il vetro, sia per conduzione attraverso le pareti, sia per convezione – quando sono presenti aperture di ventilazione. In relazione al tipo, prevalente, di trasferimento del calore ed al circuito di distribuzione dell'aria (nel caso di sistemi convettivi), si differenziano sistemi ad incremento diretto, indiretto ed isolato.

I principali tipi di sistemi solari passivi utilizzabili in edifici residenziali, in climi tipici delle località di riferimento di questi requisiti, sono:

- serra a incremento diretto;
- serra ad accumulo;
- parete ad accumulo convettiva (Muro di Trombe-Michel);
- parete camino-solare.

Nel scegliere, dimensionare e collocare un sistema solare passivo, si deve tenere conto dei possibili effetti di surriscaldamento, che possono determinarsi nelle stagioni intermedie, oltre che in quella estiva; per ovviarvi, è necessario progettare in modo opportuno sistemi di oscuramento operabili e di ventilazione variabile, al variare delle caratteristiche meteorologiche. Sono, altresì, da considerarsi le interazioni con i requisiti di illuminamento naturale.

(*) Sono considerati sistemi di climatizzazione ecocompatibili i sistemi di controllo del microclima interno di un edificio – inclusa la qualità dell'aria, quando non vi sia bisogno di trattamento specifico – che utilizzano la minima quantità di fonti energetiche non rinnovabili, quali la solare e eolica, nonché pozzi termici naturali, quali l'aria, l'acqua, il terreno e il cielo notturno.

Riferimenti bibliografici

Brown, G. Z., and M. DeKay, *Sun, Wind, Light – Architectural Design Strategies*, John Wiley & Sons, New York, 1ª ed. 1992, 1ª ed. 2001.
Goulding, J.R., O. Lewis, J., Steemers, T.C., a cura di, *Energy in Architecture: the European Passive Solar Handbook*, Batsford, CEC, London, 1993.
Grosso, M., *Dinamica delle Ombre*, 2a edizione, CELID, Torino, 1986.
Olgay, V., *Design with Climate*, Princeton University Press, New Jersey, 1969; traduzione italiana: *Progettare con il clima*, Muzzio, Padova, 1990.
Mazria, E., *Sistemi solari passivi*, Muzzio, Padova, 1986
Reynolds, J. S., Stein, B., "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings", 8th Edition, John Wiley & Sons, New York, 1992.
Watson, D., a cura di, *The Energy Design Handbook*, The American Institute of Architects Press, Washington, D.C., 1993.

Riferimenti normativi

Allegato B allo Schema di Regolamento edilizio tipo della Regione Emilia Romagna (DGR 593/95, modificato con DGR 268/2000) – Requisiti volontari: Famiglia 6 – uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche; R.V. 6.2 – uso dell'apporto energetico da soleggiamento invernale.

RISCALDAMENTO NATURALE
Sistemi solari passivi

applicare a:
R

RAFFRESCAMENTO NATURALE

CLASSE DI REQUISITI

Le condizioni climatiche estive del territorio italiano e, in particolare, della pianura padana, sono caratterizzate da temperature superiori al livello limite della zona di comfort. Tale caratteristica è destinata ad accentuarsi, in relazione alla ormai accertata tendenza al riscaldamento globale tendenziale del pianeta, dovuto alla produzione antropogenica dei gas da effetto serra (+ 3÷5 °C nell'arco dei prossimi 50 anni), che si prevede possa produrre, tra gli altri effetti, l'estensione della zona arida del pianeta ². Gli edifici a destinazione d'uso terziaria (uffici, commercio, locali di pubblico spettacolo, ecc.), inoltre, sono caratterizzati da carichi di raffrescamento per gran parte dell'anno.

Tutto ciò fa sì che l'utilizzo d'impianti di condizionamento, e i relativi costi energetici, in particolare in Europa, sia in continuo aumento. Tale trend rischia di annullare i benefici prodotti dalle politiche d'incentivo della conservazione energetica, attuate dai Paesi europei e dagli altri Paesi industrializzati negli ultimi due decenni, nonché di condizionare negativamente l'attuazione delle strategie connesse con il protocollo di Kyoto ³. Infatti, se non si modifica tale tendenza, le prospettive future sono di un continuo crescente consumo di energia elettrica, la maggior parte della quale di origine termica petrolifera e, quindi, generante emissioni clima-alteranti in atmosfera. Un contributo alla limitazione di tale crescita è rappresentata dalle tecniche di *raffrescamento naturale* – vale a dire, di climatizzazione “estiva”, realizzata con nullo, o minimo ⁴, utilizzo di energie non rinnovabili ⁵.

Il raffrescamento naturale di un edificio si ottiene dissipando il calore in eccesso, tramite l'uso di pozzi termici naturali, quali: l'aria, il terreno, l'acqua, il cielo notturno.

Le principali tecniche di raffrescamento naturale sono, in funzione del pozzo termico utilizzato, raggruppabili nelle seguenti categorie:

- *raffrescamento ventilativo* (ambientale e della massa termica), realizzato con aria a temperatura più bassa di quella dell'ambiente da raffrescare;
- *raffrescamento da terreno* (diretto, se avviene per contatto tra involucro e terreno – come negli edifici ipogei – o indiretto, se realizzato attraverso canali interrati);
- *raffrescamento evaporativo*, basato sulla sottrazione del calore contenuto nell'aria immessa in un ambiente, tramite il passaggio della medesima attraverso contenitori (bacini, canali, fontane, serpentine), o getti nebulizzati d'acqua, che evapora;
- *raffrescamento radiativo*, attuato per dispersione notturna del calore trasportato da un fluido, tramite pannelli radianti rivolti al cielo notturno.

Tra le tecniche suddette, quelle che si ritengono utilizzabili, nelle zone climatiche a cui appartengono i siti degli edifici nella Regione Piemonte, appartengono alle prime due categorie. In particolare, esse sono:

- il raffrescamento naturale ventilativo della massa termica;
- il raffrescamento naturale per contatto diretto con il terreno;

² I.P.C.C., *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Atti del Meeting di Roma, Dicembre 1995.

³ Tosato, G.C., e P. Mennea, a cura di, *Il processo di attuazione del Protocollo di Kyoto in Italia – Metodi, scenari e valutazione di politiche e misure*, ENEA, Conferenza Nazionale Energia e Ambiente, Roma, 1998.

⁴ In tal caso, i sistemi sono definiti, più propriamente, di *raffrescamento naturale ibrido*.

⁵ Grosso, M., *Il Raffrescamento Passivo degli Edifici*, Maggioli Ed., Rimini, 1997.

-
- il raffrescamento naturale per contatto indiretto con il terreno (ventilazione attraverso canali sotterranei).

Quest'ultima tecnica è stata inserita tra quelle che fanno riferimento alla classe d'esigenze "Riduzione del consumo di risorse: energia", in quanto utilizzabile come sistema *ibrido*, cioè integrato al sistema di climatizzazione artificiale, in edifici a destinazione d'uso non residenziali.

Tra le tecniche di raffrescamento, che utilizzano l'aria come pozzo termico, si è privilegiata quella con ventilazione notturna della massa termica – applicabile in edifici non residenziali – rispetto al raffrescamento ventilativo ambientale (con ventilazione, cioè, diurna o notturna, di un intero spazio), in quanto molto più efficace e verificabile in termini di riduzione dei carichi energetici.

La ventilazione ambientale, in quanto tale, è trattata nelle schede che fanno riferimento alle classi di requisiti sulla "ventilazione naturale".

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice URC-Rfn-2	
Utilizzare il pozzo termico naturale rappresentato dal terreno per ridurre il carico di raffrescamento dei corpi di fabbrica a destinazione d'uso non residenziale.		Progettare gli spazi interni – partizioni e finiture – nonché le chiusure opache verticali e orizzontali, in modo compatibile con la realizzazione del massimo contatto con il terreno, senza incidere negativamente sul benessere visivo e percettivo e sulla qualità dell'aria interna.	Almeno il 30% della superficie d'involucro complessiva di corpi di fabbrica a destinazione d'uso non residenziale deve essere a contatto con il terreno (inclusi tetti giardino).	Strutture semi-ipogee. Tetti giardino.	RAFFRESCAMENTO NATURALE Contatto diretto con il terreno	
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI				
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)		
PRO	% della superficie d'involucro a contatto con il terreno.	Evidenziazione, sui grafici di progetto, delle superfici a contatto con il terreno e delle soluzioni tecnologiche per garantire il soddisfacimento dei requisiti di benessere visivo e di qualità dell'aria interna, nei vani adiacenti il terreno stesso.	Calcolo semplificato della riduzione di carico termico per raffrescamento ottenibile con il semi-interramento del corpo di fabbrica. In alternativa, uso di modelli di simulazione termica in regime transitorio.			
COS						
ESE	Temperatura e umidità relativa dell'aria interna.			Misura in campo: temperatura e umidità relativa dell'aria interna, in locali a contatto con il terreno		
Riferimenti normativi essenziali UNI 10349:1994/CE						
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Classi di requisiti: Ambiente Visivo, Qualità dell'aria.						
						applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
URC-Rfn-2

Struttura semi-ipogea

Una struttura semi-ipogea, realizzata, cioè, collocando parte dell'involucro di un corpo di fabbrica a contatto diretto con il terreno, consente una riduzione del carico termico da raffrescamento – in edifici non residenziali – in quanto consente, rispetto ad una struttura esposta:

- una diminuzione degli apporti termici solari e convettivi, durante il giorno;
- una più elevata capacità di accumulo e dissipazione del calore endogeno, in relazione all'inerzia termica del terreno.

Di contro, una tale struttura può comportare alcuni problemi, che sono, comunque, tutti risolvibili con l'adeguato utilizzo di tecnologie appropriate:

- diminuzione del livello di illuminazione naturale diretta (risolvibile con l'utilizzo di condotti di luce solare);
- diminuzione della potenzialità di ventilazione naturale passante (risolvibile con l'adozione di sistemi ad estrazione naturale);
- diminuzione del campo visivo verso l'esterno (risolvibile collocando, in adiacenza con il terreno, locali con destinazioni d'uso accessorie).

L'impiego della struttura semi-ipogea comporta vantaggi energetici anche invernali, in quanto riduce – a parità di volume – la superficie d'involucro disperdente. Ciò riduce, teoricamente, anche la superficie potenzialmente utilizzabile per la captazione solare, nel caso di impiego di sistemi solari passivi; tuttavia, tale limite è facilmente superabile, collocando a contatto con il terreno le facciate orientate nei quadranti NE e NO.

Altri vantaggi, di tipo non energetico, sono:

- basso impatto visuale ed integrazione paesaggistica naturale;
- preservazione degli spazi all'aperto e del verde;
- controllo dell'inquinamento acustico e delle vibrazioni;
- riduzione dell'inquinamento dell'aria, correlato al ridotto impatto energetico.

Tetto giardino

Il tetto giardino offre i medesimi vantaggi della struttura semi-ipogea, ma con effetti ridotti in quanto la massa termica del terreno è inferiore. In compenso, anche i problemi sopra evidenziati sono più facilmente risolvibili. Inoltre, il tetto giardino offre ulteriori vantaggi di tipo ambientale:

- aumenta la superficie complessiva a verde del sito, con beneficio per l'assorbimento di gas serra e l'inquinamento atmosferico;
- trasforma un elemento tecnico in spazio fruibile.

Nel progettare un tetto giardino, in tutta o parte della superficie di copertura, devono essere soddisfatti tutti i requisiti, ambientali e non, connessi con la combinazione di due classi di funzioni: copertura e giardino. In particolare, si evidenziano:

- impermeabilità all'acqua a livello della soletta;
- irrigazione diffusa e controllata, utilizzando anche sistemi di recupero delle acque meteoriche;
- drenaggio e scolo delle acque, tali da preservare gli elementi tecnici verticali sottostanti;
- scelta idonea delle essenze vegetali, in relazione al tasso di crescita e al fabbisogno di terreno;
- compatibilità tra spazi a giardino e necessari elementi tecnici in copertura (canne fumarie, sfianti, torri ascensori, torri d'evaporazione,...).

Riferimenti bibliografici

Grosso, M., "Principi e tecniche di controllo dello scambio termico edificio-terreno", in *Ambiente Costruito: biotecnica-recupero-qualità in architettura*, n. 1/97, Maggioli Ed., Rimini, 1997.

Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.

Stein, B., Reynolds, J. S., *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 8^a Ed., John Wiley & Sons, New York, 1992.

Riferimenti normativi

RAFFRESCAMENTO NATURALE
Contatto diretto con il terreno

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice URC-Rfn-3
Utilizzare il pozzo termico naturale rappresentato dalla temperatura dell'aria nelle ore serali e notturne, per ventilare la massa termica interna esposta dei corpi di fabbrica non residenziali, al fine di ridurre il carico di raffrescamento.		Progettare gli spazi interni – partizioni e finiture – nonché le chiusure permeabili verticali, in modo tale da consentire la ventilazione notturna naturale delle masse esposte (intradosso dei solai).	La massa esposta dei solai deve essere dimensionata in modo tale da garantire l'accumulo termico del calore prodotto, durante il giorno, all'interno dei corpi di fabbrica ad uso terziario. L'area netta d'apertura delle chiusure permeabili verticali deve essere tale da garantire la portata d'aria sufficiente per garantire il raffreddamento della massa esposta, fino a completa dissipazione del calore accumulato nei solai stessi.	Solai d'interpiano strutturati per l'accumulo del calore interno prodotto. Chiusure permeabili verticali collocate e dimensionate per la ventilazione naturale notturna della massa esposta dei solai.	RAFFRESCAMENTO NATURALE Ventilazione notturna della massa
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Portata d'aria da ventilazione naturale notturna. Capacità di dissipazione del calore accumulato, durante il giorno, dalla massa termica dei solai.	Sezione dettagliata dei solai utilizzati per accumulo/dissipazione del calore interno prodotto nei corpi di fabbrica non residenziali. Schema dei flussi della ventilazione naturale notturna, con indicazione della collocazione verticale e dell'area netta delle aperture.	Calcolo semplificato della portata d'aria necessaria per raffreddare la massa termica esposta dei solai, in funzione dell'area netta d'apertura delle chiusure permeabili, della capacità d'accumulo dei solai e della temperatura dell'aria esterna. In alternativa, uso di modelli di simulazione termica in regime transitorio.		
COS					
ESE	Temperatura superficiale dell'intradosso dei solai esposti.			Misura in campo: temperatura superficiale dell'intradosso dei solai esposti e temperatura dell'aria esterna, in periodi campione.	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10349:1994/CE					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: URC-Vn-4, QAE-Tf-7					
					applicare a: U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
URC-Rfn-3

Il raffrescamento ventilativo (notturno) della massa termica (RVM) di un edificio è una tecnica che consiste nell'introduzione d'aria in ambiente, nel periodo serale e notturno (quando la temperatura dell'aria esterna scende a valori tali che ne consentono un utilizzo per il raffrescamento delle spazi interni), tramite aperture posizionate in modo tale da indurre un flusso lambente superfici interne di strutture massive (solai, pavimenti, pareti). Tale tecnica è, generalmente, applicata ad edifici non residenziali; le elevate portate d'aria richieste, unitamente ad una limitata produzione diurna di calore interno, ne sconsigliano, infatti, l'applicazione in edifici residenziali, che sono, tra l'altro, occupati prevalentemente proprio di sera e notte, contrariamente agli edifici per uffici, commerciali e industriali. L'efficacia della tecnica RVM è proporzionale al livello d'escursione termica giornaliera e dipende, sia dalla quantità e posizione della massa esposta, in grado di assorbire il calore prodotto nell'ambiente durante il giorno, sia dalla posizione delle aperture e dalla velocità dell'aria. In relazione alla diminuita ventosità nelle ore notturne, ed alle condizioni climatiche specifiche del sito in esame, è ammesso l'utilizzo di ventilatori per la movimentazione dell'aria, ad integrazione della ventilazione naturale, al fine di ridurre l'area netta d'apertura.

Massa termica esposta

Tra gli elementi tecnici massivi utilizzabili come accumulatori/dissipatori del calore generato all'interno di ambienti non residenziali, quello più idoneo è il solaio, in quanto, se l'intradosso è esposto, assorbe naturalmente, per convezione ascensionale, il calore prodotto nel locale sottostante.

Le caratteristiche tecnologiche principali di un ambiente, e del relativo solaio, da progettarsi a tale scopo sono:

- la mancanza di controsoffitto e, quindi, la collocazione di cablaggi e condutture a livello di pavimento (pavimento flottante);
- uno spessore consistente (non meno di 10 cm) – dipendente dalle condizioni specifiche d'uso e climatiche dell'edificio in esame – di materiale ad alta capacità termica (ad esempio, cls), nella parte d'intradosso del solaio;
- la mancanza di partizioni a tutt'altezza, nelle zone in cui si intende utilizzare la tecnica RVM, per l'intero spazio compreso tra due pareti esterne opposte.

Per calcolare, a livello di progetto preliminare, la massa termica esposta necessaria per assorbire e dissipare il calore prodotto in un ambiente confinato non residenziale, nonché la portata d'aria richiesta per raffredarlo, prima che s'inneschi un nuovo ciclo diurno di riscaldamento endogeno, si può fare riferimento a metodologie semplificate (Grosso, 1997) o, in alternativa, a programmi di simulazione termica in regime transitorio.

Chiusure permeabili per la ventilazione naturale notturna

Le chiusure permeabili specificamente previste per l'RVM devono essere caratterizzate per garantire la necessaria portata d'aria naturale, ai valori di temperatura esterna richiesti; in particolare, i principali requisiti sono:

- configurazione tale da permettere l'apertura a filo dell'intradosso del solaio;
- collocazione su due chiusure verticali opposte, al fine di consentire una ventilazione passante;
- area netta d'apertura idonea, da valutarsi in relazioni alle condizioni specifiche d'uso e climatiche dell'edificio in esame (indicativamente, un'area netta di riferimento può essere pari a 0,05 m² per ogni m² di superficie di pavimento).

Riferimenti bibliografici

Allard, F., a cura di, *Natural Ventilation in Buildings - a Design Handbook*, James & James, London, UK, 1998.
A.S.H.R.A.E., *Cooling and Heating Load Calculation Manual*, Atlanta, Ga., 1979.
Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.
Grosso, M., "La risorsa vento per la qualità dell'aria e il benessere", in *Ambiente Costruito: biotecnica-recupero-qualità in architettura*, n. 3/2000, Maggioli Ed., Rimini, 2000.
Stein, B., Reynolds, J. S., *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 8^a Ed., John Wiley & Sons, New York, 1992.

Riferimenti normativi

RAFFRESCAMENTO NATURALE
Ventilazione notturna della massa

applicare a:
U-S

VENTILAZIONE NATURALE

CLASSE DI REQUISITI

Per ventilazione si intende quell'insieme di operazioni volte a sostituire, in tutto o in parte, l'aria "viziata" di uno spazio confinato con aria pulita. Tale insieme di operazioni, comprendente l'immissione, l'eventuale filtraggio, la movimentazione e l'espulsione dell'aria, ha come scopo primario quello di garantire la qualità dell'aria nell'ambiente. La *ventilazione naturale* è una tecnica di ricambio dell'aria viziata, attuata senza l'ausilio di ventilatori, per mezzo di "motori naturali", quali il *vento* e l'*effetto camino*. La ventilazione naturale, in periodo estivo o in ambienti a forte carico termico interno (uffici, edifici commerciali), ha anche una valenza di raffrescamento – sia corporeo, sia ambientale – purché controllata e attuata in condizioni di temperatura dell'aria inferiori ai limiti superiori della zona di comfort (generalmente, 26 °C). L'impiego di sistemi a ventilazione naturale negli edifici, in alternativa a quelli di ventilazione meccanica, ha un'importanza strategica nella politica energetica e ambientale dei paesi industrializzati.

Tali sistemi, infatti, producono una serie di effetti positivi, riassumibili nei seguenti:

- riduzione dei consumi energetici, e quindi della dipendenza dal petrolio, connessi con le esigenze di ventilazione e, in parte, di raffrescamento, degli ambienti confinati;
- conseguente riduzione delle emissioni inquinanti dell'aria, incluse quelle di gas serra responsabili del progressivo riscaldamento globale medio del pianeta, derivanti dall'utilizzo energetico di combustibili fossili;
- riduzione dei rischi di inquinamento biologico (*sick building syndrome*, legionella) legati a errori di progetto e/o all'inefficienza di gestione (poca frequenza nella sostituzione dei filtri), che possono caratterizzare gli impianti di condizionamento e ventilazione meccanica.

Ventilazione da vento

Le caratteristiche geomorfologiche dell'Italia – in particolare, lo sviluppo dei litorali e l'estensione delle zone collinari e montuose – determinano una ventosità diffusa a prevalente regime di brezza, con velocità media relativamente bassa (1-2 m/s), velocità e frequenza piuttosto variabili e direzioni prevalenti alternate nell'arco della giornata. Tali connotati rendono la risorsa vento particolarmente idonea ad essere utilizzata come motore naturale della ventilazione.

I principali sistemi di ventilazione naturale da *vento* sono i seguenti:

- *ventilazione a lato singolo* (singola apertura o aperture multiple poste alla stessa altezza);
- *ventilazione passante* (orizzontale).

Ventilazione a lato singolo

La *ventilazione a lato singolo* (da vento) è il ricambio d'aria prodotto in un vano quando vi sono unicamente una o più aperture collocate sulla medesima parete esterna. Il tasso di flusso, in tal caso, è discontinuo e legato prevalentemente ad un effetto di pulsazione dell'aria, dipendente dalle variazioni di velocità e direzione che caratterizzano il vento negli intervalli brevi. La portata d'aria complessiva oraria è generalmente molto ridotta, soprattutto nel caso di una singola apertura. Se le aperture sono più d'una (collocate alla stessa altezza), la portata aumenta, per l'innescò di flusso da vento semi-passante.

Ventilazione passante orizzontale

Si definisce *ventilazione passante orizzontale* il flusso d'aria che attraversa uno o più locali, con immissione e uscita dell'aria da aperture collocate su pareti opposte o adiacenti (ma non complanari), collocate alla stessa altezza dal piano di pavimento. La portata d'aria realizzabile con tale tecnica è proporzionale all'area netta di apertura, all'angolo di incidenza del vento sul piano dell'apertura e alla differenza di pressione tra le due aperture. Tale differenza è massima per aperture collocate, rispettivamente, quella d'ingresso dell'aria sul lato sovrappressione, e quella d'uscita, sul lato in depressione (generalmente, ciò accade quando le aperture sono collocate su pareti opposte), con angolo d'incidenza del vento compreso tra la perpendicolare e 30°. L'efficacia della ventilazione passante orizzontale, così come quella a lato singolo, dipende, altresì, dalla profondità del vano libero in rapporto all'altezza del vano stesso e dalla eventuale presenza di partizioni, che aumentano la resistenza al flusso, riducendo la portata d'aria.

Ventilazione da effetto camino

La ventilazione naturale da effetto camino è la movimentazione dell'aria generata dal differenziale di pressione determinato dalla differenza di densità dell'aria tra ambiente esterno ed interno, o tra spazi interni diversi. Tale differenza è dipendente dalla temperatura dell'aria stessa: se l'aria, in un ambiente confinato, è più calda, cioè meno densa, di quella esterna, tende a salire, lasciando spazio all'immissione d'aria più fredda (se vi è un'apertura nella parte bassa della stanza); un'apertura posta in alto produce un flusso in uscita dell'aria più calda accumulatasi nella parte superiore del vano, innescando, quindi, un movimento dell'aria continuo, fino a quando permangono le condizioni iniziali di temperatura e d'apertura. A parità di condizioni geometriche e operative delle aperture, l'inversione della differenza di temperatura dell'aria tra esterno ed interno produce un flusso di direzione contraria (dall'alto al basso), all'interno del vano.

Anche per la ventilazione naturale da effetto camino, si possono avere due sistemi di flusso:

- *ventilazione a lato singolo*, quando le aperture multiple sono poste ad altezze diverse, ma collocate sulla stessa parete esterna;
- *ventilazione passante* (verticale), quando le aperture multiple, poste ad altezze diverse, sono collocate su pareti esterne diverse (non complanari).

A differenza della ventilazione naturale da vento, entrambi tali sistemi possono essere efficaci; la portata d'aria, infatti, non dipende dalla posizione planimetrica delle aperture, ma dai seguenti parametri:

- differenza di temperatura tra esterno ed interno;
- area netta delle aperture;
- area di sezione del "camino termico" (in tal caso, l'area della stanza);
- distanza verticale tra il baricentro delle aperture.

Oltre ad utilizzare la ventilazione naturale da effetto camino, tramite collocazione di aperture ad altezze diverse, si possono prevedere sistemi più complessi, specificamente progettati o utilizzanti spazi ad altro uso. Tra i primi si annoverano i *torrini di ventilazione* – collegati direttamente all'ambiente da ventilare o attraverso condotti; tra i secondi, gli *atria* e i *vani scala*.

Ventilazione combinata vento-effetto camino

Se in un ambiente confinato vi sono più aperture collocate ad altezze diverse, nella realtà, ad eccezione dei periodi di totale assenza di vento, si ha un tipo di movimentazione dell'aria in cui si combinano i due meccanismi sopra illustrati: vento ed effetto camino.

Tale combinazione può essere *conflittuale* o *sinergica*. La prima condizione si verifica nel caso di ventilazione a lato singolo e, nella ventilazione passante, quando l'apertura più alta (d'uscita del flusso d'aria) è posta in posizione sopravento; la seconda, quando, nella ventilazione passante, l'apertura più bassa è collocata sopravento e quella più alta è posizionata sul lato sottovento. Dal punto di vista progettuale, si deve cercare di evitare – ove esista la possibilità di determinare una direzione prevalente del vento, nei periodi non invernali, nella località in esame – la prima condizione, favorendo la seconda.

Nei sistemi a torrino, che in genere, hanno aperture multiple, esposte a vari orientamenti, si può evitare la condizione conflittuale tra vento ed effetto camino, tramite l'ausilio di meccanismi tecnologici quali *attuatori di controllo del flusso* flessibili, ad apertura mono-direzionale⁶.

Vi sono, altresì, sistemi in grado di utilizzare entrambi i meccanismi, alternandone l'attivazione secondo il ciclo giorno-notte: è il caso delle torri del vento del tipo iraniano⁷. Tali torri – costruite con chiusure verticali sufficientemente massive da impedire il trasferimento diurno, all'interno della torre stessa, del calore generato dall'irraggiamento solare incidente sulle superfici esterne – funzionano come torri del vento, di giorno, e come torri d'estrazione dell'aria, di notte. Di giorno, il vento è "catturato" da aperture multidirezionali, collocate in cima alla torre, e l'aria introdotta nel vano interno si raffredda ulteriormente, per effetto della massa termica delle pareti, innescando un moto discensionale, verso gli ambienti da ventilare (e raffrescare); tale movimentazione, in effetti, può avvenire anche in assenza di vento. Di notte, quando s'innesci un effetto camino prodotto dal ritardato riscaldamento dell'aria nel vano interno della torre, il moto dell'aria si inverte, diventando ascensionale e determinando una suzione dell'aria dagli ambienti.

Le schede dei requisiti, che seguono, sono riferite alla ventilazione naturale da vento e a quella da effetto camino. Devono essere seguite entrambi, se si ritiene d'essere in presenza di effetto combinato, con le precisazioni sopra illustrate.

⁶ si veda: Grosso, M., *Il Raffrescamento Passivo degli Edifici*, Cap. X, p. 347, Maggioli Ed., Rimini, 1997.

⁷ si veda: M. Grosso, op. cit., Cap. V, pp. 186-188.



OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice URC-Vn-4
Utilizzare la risorsa vento per la ventilazione naturale, al fine di garantire una soddisfacente qualità dell'aria con nulli, o ridotti, consumi di energia elettrica per ventilazione meccanica.		Evitare di collocare le facciate principali degli edifici in zona sottovento rispetto ad ostacoli dell'intorno (edifici, barriere vegetali, rilievi naturali). Garantire un numero, un'area ed una collocazione delle aperture, tali da soddisfare i ricambi d'aria richiesti nelle zone residenziali con ventilazione naturale, quando vi siano le condizioni adatte di velocità del vento.	La geometria dei corpi di fabbrica residenziali, il loro orientamento rispetto alla direzione del vento prevalente (media nei mesi da aprile a ottobre), la collocazione e l'area netta delle chiusure esterne permeabili all'aria (finestre apribili e griglie di ventilazione), devono essere tali da garantire una portata d'aria pari al requisito minimo richiesto per la qualità dell'aria (in relazione alla destinazione d'uso del vano e distribuito nelle 24 ore), con velocità del vento di 0.5 m/s.	Localizzazione dei corpi di fabbrica residenziali in zone esposte ai venti prevalenti (non invernali). Configurazione geometrica e d'orientamento dei corpi di fabbrica residenziali, tali da massimizzare il differenziale di pressione del vento tra le facciate opposte. Collocazione e area netta delle aperture, tali da ottimizzare la portata d'aria da ventilazione naturale passante.	VENTILAZIONE NATURALE Ventilazione generata dal vento
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Portata d'aria da ventilazione naturale per effetto del vento con velocità a 0.5 m/s.	Planimetria generale del progetto con indicazione della direzione del vento prevalente (non invernale) e delle linee di flusso, indicanti l'influenza aerodinamica reciproca dei corpi di fabbrica. Schema dei flussi della ventilazione naturale passante in vani residenziali tipo, con indicazione delle aperture (area netta e collocazione) e dell'angolo di incidenza del vento.	Calcolo semplificato della portata d'aria da ventilazione naturale passante, per ambienti monozona o multizona, in funzione dell'area netta di apertura e del differenziale di pressione tra lato sopravento e sottovento (valutabile da tabella o tramite il programma CpCalc+). In alternativa, uso di modelli di simulazione dei flussi d'aria multizona (COMIS, PASSPORT AIR, BREEZE,...).	Misura in laboratorio: visualizzazione, su modelli in scala, delle linee di flusso attraversanti gli edifici residenziali previsti dal progetto, in galleria del vento ambientale (in grado di simulare gli effetti aerodinamici della corrugazione del terreno).	
COS					
ESE	Portata d'aria da ventilazione naturale per effetto del vento (valutazione indiretta).			Misura in campo: velocità dell'aria all'esterno e all'interno degli edifici residenziali (zone campione).	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10349:1994/CE					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: URC-Vn-5, QAE-Iar-10, QAE-Iar-11					
applicare a: R					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
URC-Vn-4

Localizzazione

Nella localizzazione dei corpi di fabbrica residenziali, sia rispetto agli edifici esistenti, sia rispetto agli edifici in progetto, si deve tenere conto dell'influenza aerodinamica di un corpo rispetto all'altro. In particolare, si deve fare in modo che le facciate degli edifici residenziali in cui sono collocate, in prevalenza, le chiusure esterne permeabili (finestre apribili o griglie di ventilazione) non siano coperte – o lo siano in minima parte – dalla scia di ostacoli posti sopravento lungo la direzione prevalente del vento (nei mesi non invernali). A titolo esemplificativo, si consideri che tale scia (intesa come la porzione del volume d'aria, a valle dell'ostacolo, in cui la velocità si riduce in modo consistente, a meno del 30% della velocità in flusso indisturbato) ha una profondità planimetrica variabile da 3 a 8 volte l'altezza dell'ostacolo stesso, in funzione delle caratteristiche di permeabilità (dalla permeabilità nulla delle pareti solide a valori fino al 70% per barriere vegetali senza foglie) e, nel caso di corpi solidi, della forma geometrica e dei rapporti dimensionali (altezza, lunghezza e larghezza). Per l'analisi specifica, si possono utilizzare diagrammi desunti da sperimentazioni effettuate in galleria di vento su modelli modulari di edifici (Grosso et Al., 2000).

Geometria e orientamento

La configurazione geometrica, e i relativi rapporti dimensionali, di un corpo di fabbrica, nonché l'orientamento dello stesso rispetto alla direzione del vento prevalente (media nei mesi non invernali, in quanto in questi ultimi la forza motrice dominante della ventilazione naturale è l'effetto camino), influenzano la portata d'aria potenziale da ventilazione naturale passante in modo indiretto: essi determinano, infatti, variazioni relative (rispetto alla pressione dinamica di riferimento in flusso indisturbato), tra un punto e l'altro dell'involucro edilizio, della pressione esercitata dal vento sullo stesso. Tali variazioni sono descritte dal Coefficiente di pressione (C_p), definito come il rapporto tra la pressione totale (statica + dinamica) esercitata su un punto dell'involucro e quella dinamica, misurata o calcolata ad un'altezza di riferimento (generalmente, l'altezza dell'edificio), in flusso indisturbato. Da esperimenti in galleria del vento, basati su misure del C_p al variare di diversi parametri ambientali e geometrici, sono state ricavate curve di correlazione che descrivono tali effetti e che sono alla base del programma di calcolo automatizzato *CpCalc+* (Grosso, 1992).

Collocazione e area delle aperture

Per ottenere valori di portata d'aria significativi al fine del ricambio – in periodi (non invernali) e luoghi in cui sia possibile utilizzare la risorsa vento – è necessario adottare sistemi a *ventilazione passante orizzontale* (quella verticale si riferisce all'effetto camino, di cui ad apposita scheda): essi sono caratterizzati da un flusso d'aria che attraversa uno o più locali, con immissione e uscita dell'aria da aperture collocate su pareti opposte o adiacenti (ma non complanari), collocate alla stessa altezza dal piano di pavimento. La portata d'aria realizzabile con tale tecnica è proporzionale all'area netta di apertura, all'angolo di incidenza del vento sul piano dell'apertura e alla differenza di pressione tra le due aperture. Tale differenza è massima per aperture collocate, rispettivamente, quella d'ingresso dell'aria sul lato sovrappressione, e quella d'uscita, sul lato in depressione (generalmente, ciò accade quando le aperture sono collocate su pareti opposte), con angolo d'incidenza del vento compreso tra la perpendicolare e 30°. Per il calcolo della portata d'aria potenziale da ventilazione passante orizzontale sono utilizzabili sia formule semplificate (per ambiente monozona o multizona con vani in serie), in regime stazionario (Grosso, 1997), sia modelli di simulazione multizona, iterativi a rete – ad esempio, COMIS (Feustel, 1990) o PASSPORT AIR. In entrambi i casi è necessario conoscere i C_p , desumibili da tabelle o calcolabili con *CpCalc+*.

Riferimenti bibliografici

Allard, F., a cura di, *Natural Ventilation in Buildings - a Design Handbook*, James & James, London, UK, 1998.
Feustel, H., Grosso, M., et al., *Fundamentals of the Multizone Air Flow Model - COMIS*, IEA- Air Infiltration and Ventilation Centre, Technical Note AIVC 29, Coventry, Gran Bretagna, 1990.
Grosso, M., "Wind Pressure Distribution around Buildings - a Parametrical Model", *Energy and Buildings*, Vol. 18, No. 2, pp. 201-231, Elsevier, Amsterdam, Olanda, 1992.
Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.
Grosso, M., "La simulazione del movimento dell'aria", in *La qualità ambientale degli edifici*, a cura di S. Piardi, Maggioli, Rimini, 1998.
Grosso, M., "La risorsa vento per la qualità dell'aria e il benessere", in *Ambiente Costruito: biotecnica-recupero-qualità in architettura*, n. 3/2000, Maggioli Ed., Rimini, 2000.
Grosso, M., Dotta, S. and R. Giordano, "Evaluation of natural ventilation potential in urban design: an interactive learning tool", *Proceedings of TIA 2000 Third International Conference*, 9-12 July 2000, Oxford, UK, luglio 2000.

Riferimenti normativi

Allegato B allo Schema di Regolamento edilizio tipo della Regione Emilia Romagna (DGR 593/95, modificato con DGR 268/2000) – Requisiti volontari: Famiglia 6 – uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche; R.V. 6.5 – ventilazione naturale estiva.

applicare a:
R

VENTILAZIONE NATURALE
Ventilazione generata dal vento

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice URC-Vn-5
Utilizzare la risorsa determinata dal differenziale di temperatura dell'aria tra ambiente interno ed esterno di un edificio (effetto camino), per la ventilazione naturale, al fine di garantire una soddisfacente qualità dell'aria con nulli, o ridotti, consumi di energia elettrica per ventilazione meccanica.		Garantire i ricambi d'aria, richiesti nelle zone residenziali, con ventilazione naturale, anche in assenza di vento, quando vi siano differenze di temperatura significative tra ambiente esterno ed interno, tramite la collocazione di aperture ad altezza diversa, collocate sulla stessa parete esterna o su pareti opposte.	L'area netta delle chiusure esterne permeabili all'aria (finestre apribili o griglie di ventilazione), e la loro distanza verticale – sia se collocate sulla stessa parete esterna o su pareti opposte – devono essere tali da garantire una portata d'aria pari al requisito minimo richiesto per la qualità dell'aria (in relazione alla destinazione d'uso del vano e distribuito nelle 24 ore), alle seguenti differenze di temperatura tra esterno ed interno di progetto: 20 °C – la temperatura esterna media dell'aria, nella stagione di riscaldamento; 3 °C, nel periodo estivo.	Collocazione verticale ed area netta delle aperture, tali da ottimizzare la portata d'aria da ventilazione per effetto camino: nel <i>periodo invernale</i> , prevedendo griglie di ventilazione, nelle parti inferiore e superiore delle finestre, con controllo automatico dell'apertura in funzione di parametri ambientali predefiniti (temperatura, umidità, CO ₂); nel <i>periodo estivo</i> , prevedendo torrini di ventilazione ad estrazione naturale, comunicanti, tramite griglie o condotti, con i vani da ventilare, collocati ad un livello inferiore.	VENTILAZIONE NATURALE Ventilazione generata per effetto camino
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Portata d'aria da ventilazione naturale per effetto camino, con differenza di temperatura dell'aria tra esterno ed interno di progetto, differenziata tra estate ed inverno (si veda requisito).	Schema dei flussi della ventilazione naturale per effetto camino, in vani residenziali tipo, con indicazione della collocazione verticale e dell'area netta delle aperture, nelle due condizioni stagionali di riferimento (periodi estivo e invernale).	Calcolo semplificato della portata d'aria da effetto camino, in funzione della distanza verticale tra le chiusure permeabili, dell'area netta di apertura delle medesime, e del differenziale di temperatura dell'aria tra esterno ed interno. In alternativa, uso di modelli di simulazione dei flussi d'aria multizona (COMIS, PASSPORT AIR, BREEZE,...).		
COS					
ESE	Portata d'aria da ventilazione naturale per effetto camino (valutazione indiretta).			Misura in campo: temperatura e velocità dell'aria all'esterno e all'interno degli edifici residenziali (zone campione).	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10349:1994/CE					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: URC-Vn-4, QAE-Iar-10, QAE-Iar-11					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
URC-Vn-5

Ventilazione invernale tramite griglie ad apertura controllata

Una ventilazione naturale controllata, che sfrutta la differenza di temperatura elevata, generantesi tra esterno ed interno durante la stagione di riscaldamento, può essere ottenuta – soprattutto nei vani residenziali con produzione di odori e vapore, quali le cucine – collocando, sulle parti superiore ed inferiore della chiusura esterna trasparente, griglie di ventilazione operabili, possibilmente con controllo d'apertura automatico. Quest'ultima caratteristica – ottenibile con attuatori a modificazione passiva (ad esempio, del tipo igroscopico a spugna) (*) o attivi, vale a dire, collegati a sensori ambientali della temperatura dell'aria, dell'umidità relativa o della concentrazione di CO₂ – è importante al fine di consentire la necessaria continuità nei ricambi d'aria, senza un eccessivo dispendio energetico da infiltrazione d'aria fredda.

Per quanto riguarda l'area netta d'apertura richiesta, è possibile stimarla, in prima battuta, applicando il metodo di calcolo semplificato menzionato in scheda (Grosso, 1997).

A titolo esemplificativo, l'area netta richiesta (per la griglia d'ingresso, pari a quella d'uscita), per un vano di dimensioni nette 6 × 4 × 2,7h (65 m³), con requisito di ricambio d'aria pari a 2 vol./h, differenza di temperatura (media stagionale) tra esterno ed esterno di 15 °C e distanza verticale tra le griglie di 1,5 m, è di 0.04 m².

Ventilazione estiva tramite torrini d'estrazione naturale

Per quanto riguarda i mesi dell'anno non compresi nella stagione di riscaldamento (da metà aprile a metà ottobre, in Torino, da maggio a settembre, nelle zone montane limitrofe), si può prevedere, in linea generale, considerando le caratteristiche climatiche dell'area, una triplice modalità di ventilazione naturale:

- lo sfruttamento del vento, prevalentemente nei mesi primaverili ed autunnali (si veda scheda URC-Vn-1);
- lo sfruttamento, in assenza di vento (prevalentemente nei mesi estivi), dell'effetto camino generato dalla stratificazione della temperatura dell'aria, in unità abitative distribuite su più di un piano o in presenza di vani tecnici a sviluppo verticale;
- l'utilizzo combinato delle tecniche a e b, in presenza delle relative condizioni climatiche.

I sistemi di ventilazione naturale ad effetto camino (b e c) prevedono l'immissione dell'aria ad altezza del locale da ventilare e l'estrazione naturale da un'apertura posta più in alto, all'estremità di un condotto, o vano verticale, adiacente, ed in comunicazione fluidodinamica, con il locale stesso. Le aperture d'ingresso e d'uscita dell'aria sono collocate, rispettivamente, sul lato sopravvento e su quello sottovento, al fine di evitare un potenziale conflitto tra la direzione del flusso da vento e quello per effetto camino, nel caso di meccanismo combinato. Il vano tecnico di ventilazione può essere sia costruito *ad hoc* (come nel caso del *torrino d'estrazione*), sia essere uno spazio con altre funzioni, quale un vano-scala o un atrio con aperture apribili in copertura. Le chiusure di tale vano devono essere relativamente leggere, se non interamente vetrate, al fine di accentuare l'incremento di temperatura dell'aria all'interno del vano stesso e, quindi, l'effetto camino correlato. Una particolare configurazione di tale sistema è il vano scala collegato ad un sottotetto abitabile, con lucernario facente funzione da apertura d'estrazione; in tal caso, alla funzione di ventilazione si aggiunge quella di raffrescamento del vano sottotetto, che, d'estate, è a rischio di surriscaldamento. Perché si abbia raffrescamento, tuttavia, è necessario controllare l'apertura d'ingresso, in modo tale da immettere aria esterna unicamente quando la temperatura è inferiore al limite superiore per il comfort termico (generalmente, 26 °C).

Se, invece, il torrino d'estrazione è sufficientemente lungo e costituito da pareti perimetrali massive – come avviene nelle torri del vento, addirittura separate dall'unità abitativa, come nel caso della torre del vento iraniana (Grosso, 1997) – il sistema di circolazione dell'aria funziona con modalità alternata: discensionale, dall'apertura superiore a quella inferiore, di giorno; ascensionale, per effetto camino, di notte.

Riferimenti bibliografici

Allard., F., a cura di, *Natural Ventilation in Buildings - a Design Handbook*, James & James, London, UK, 1998.
Feustel, H., Grosso, M., et al., *Fundamentals of the Multizone Air Flow Model - COMIS*, IEA- Air Infiltration and Ventilation Centre, Technical Note AIVC 29, Coventry, Gran Bretagna, 1990.
Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.
Grosso, M., "La risorsa vento per la qualità dell'aria e il benessere", in *Ambiente Costruito: biotecnica-recupero-qualità in architettura*, n. 3/2000, Maggioli Ed., Rimini, 2000.

Riferimenti normativi

Allegato B allo Schema di Regolamento edilizio tipo della Regione Emilia Romagna (DGR 593/95, modificato con DGR 268/2000) – Requisiti volontari: Famiglia 6 – uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche; R.V. 6.5 – ventilazione naturale estiva.

VENTILAZIONE NATURALE
Ventilazione generata per effetto camino

applicare a:
R-U-S

CLASSE DI ESIGENZE

QUALITA' AMBIENTALE SPAZI ESTERNI

CLASSI DI REQUISITI

ASPETTI TERMOFLUIDODINAMICI

INQUINAMENTO ACUSTICO

INQUINAMENTO ATMOSFERICO

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

ASPETTI DI PERCEZIONE E COMUNICAZIONE



ASPETTI TERMOFLUIDODINAMICI

CLASSE DI REQUISITI

La morfologia urbana ⁸ e le caratteristiche fisiche dei materiali superficiali svolgono, unitamente alle condizioni del microclima, un ruolo importante nel determinare la qualità ambientale degli spazi esterni. L'accesso al sole, la dinamica dei venti e gli scambi radiativi – che influiscono, in modo combinato, sulle condizioni di benessere termico degli utenti di uno spazio esterno – sono, infatti, modificati dagli elementi che costituiscono la “scena” dello spazio esterno stesso.

I requisiti sono stati suddivisi in due categorie, a cui fanno riferimento le schede che seguono:

- controllo della temperatura superficiale;
- controllo dei flussi d'aria.

Controllo della temperatura superficiale

Sotto la denominazione “controllo della temperatura superficiale” si comprendono le operazioni volte a influenzare gli scambi radiativi ad onde lunghe (spettro dell'infrarosso), che si stabiliscono tra un'ipotetica persona posta all'esterno e l'intorno costruito. Tali scambi sono dipendenti dalle caratteristiche termofisiche dei materiali, di cui sono costituiti gli strati superficiali dello spazio esterno; esse sono, in particolare: l'albedo (coefficiente di riflessione della radiazione solare), l'emissività (coefficiente d'emissione delle radiazioni termiche), la conduttività e la capacità termica.

Conoscendo tali parametri e i dati climatici per giorni tipo (inverno, estate), relativi ad un determinato sito ed a ipotetiche sistemazioni di progetto degli spazi esterni, è possibile determinare le condizioni di bilancio termico tra persona e spazio costruito – influenti sul benessere termico – attraverso una procedura di calcolo in due fasi:

- calcolo dei flussi di scambio termico radiativo tra un modello di persona e le superfici circostanti, in condizioni di localizzazione (fattore di vista e posizione rispetto al soleggiamento) e climatiche (radiazione solare, temperatura e velocità dell'aria) tipo, utilizzando programmi di simulazione quali SOLENE ⁹;
- calcolo del livello di comfort termico della persona-modello, nelle condizioni analizzate, utilizzando un metodo basato sul PMV (Predicted Mean Vote), modificato per adattarlo ad ambienti esterni ¹⁰.

L'applicazione di tale procedura, per ogni specifica soluzione progettuale, comporterebbe un carico di lavoro e competenze non disponibili, generalmente, agli studi d'architettura e ingegneria edile. Per ovviare a tale difficoltà, possono essere utilizzati i risultati di studi parametrici condotti su modelli di contesti urbani, in condizioni tipo relative al microclima, ai materiali superficiali e alla localizzazione della persona ¹¹.

Da tali risultati è possibile ricavare correlazioni tra le caratteristiche termofisiche di alcune classi di materiali, comunemente utilizzati per le sistemazioni esterne, e la posizione della persona-modello rispetto al soleggiamento (in sole, in ombra), da una parte, e il bilancio di scambio termico persona-superfici, dall'altra. Da tali studi, si evidenziano, tra l'altro, i seguenti aspetti:

⁸ Intendendosi per tale non solo la città, ma anche la conformazione di qualsiasi aggregato di edifici.

⁹ AA. VV., *SOLENE++ : Guide d'Utilisation*, Laboratoire CERMA, École d'Architecture de Nantes, Nantes, 1999 ; tale programma non tiene conto degli effetti termici dinamici dell'aria, né di quelli dell'evapotraspirazione della vegetazione.

¹⁰ Berger, X., "Thermal analysis for summer comfort in buildings", CEE-CIENE, Bruxelles, 1999.

¹¹ Dessi, V., Scudo, G., "Thermal comfort of outdoor spaces", Proceedings of *PLEA 2001*, Florianopolis, Brazil, Novembre 2001.

-
- il campo di variazione del bilancio di scambio termico, a cui si hanno livelli di comfort termico accettabili, è di $\pm 50 \text{ W/m}^2$ di superficie corporea;
 - gli effetti più evidenti, sulla variazione dei flussi termici persona-superfici, sono prodotti dalla posizione della persona rispetto al soleggiamento (sole, ombra) e, quindi, dalle relazioni reciproche tra persona, coordinate solari e morfologia urbana, inclusa la funzione di filtro radiativo della vegetazione ¹².

Controllo dei flussi d'aria

Nell'ambito relativo al controllo dei flussi d'aria, si trattano i requisiti relativi all'influenza della morfologia urbana ed edilizia, e delle barriere artificiali e vegetali, sulla dinamica dei flussi d'aria generati dal vento, negli spazi esterni, preesistenti e di progetto, del sito in esame.

Riferendosi a spazi esterni, e a dinamiche altamente variabili come quella del vento, il termine "controllo" comprende, qui, operazioni che influenzano i parametri caratteristici dei flussi d'aria – direzione e velocità – senza, tuttavia, poterne determinare i valori voluti. L'obiettivo generale di tali operazioni è quello di utilizzare la risorsa climatica vento per agevolare il raggiungimento di condizioni di benessere termico negli spazi esterni – che si attua, principalmente, attraverso il soddisfacimento dei requisiti sopra descritti – in relazione al tipo e ai tempi d'uso, e in ogni periodo dell'anno. Ciò comporta strategie differenti nelle varie stagioni e per diversi usi.

D'*inverno*, si dovrà cercare di proteggersi dal vento, che, nell'area geografica dei siti olimpici, è, generalmente, di provenienza settentrionale e freddo; ciò vale, in misura particolare, per spazi adibiti a gioco bimbi o ritrovo anziani, mentre è meno importante, ad esempio, per campi sportivi o percorsi ginnici.

Nelle *stagioni intermedie*, quelle più ventose, le brezze sono utili per raffrescare spazi esterni che, in relazione a caratteristiche d'esposizione e superficiali, possono avere già (primavera) o ancora (autunno) problemi di surriscaldamento; così come l'esposizione al vento è sempre utile in spazi in cui si svolgono attività con scambi metabolici elevati.

D'*estate*, stagione generalmente poco ventosa nell'area in esame, si deve cercare di sfruttare al massimo ogni movimentazione ciclica dell'aria – generata dai gradienti termici (brezze di pendio, da bacini d'acqua, da isole di calore urbano) – al fine di raffrescare gli spazi esterni, particolarmente quelli d'uso pomeridiano.

Preliminarmente all'individuazione delle strategie più appropriate per il sito specifico, si rende, dunque, necessaria un'analisi accurata del regime dei venti.

Tale analisi si deve basare su una serie di operazioni raggruppabili nelle seguenti fasi:

- reperimento di dati sulla ventosità – velocità media e massima, direzione prevalente, in mesi tipo, rappresentativi delle stagioni – riferiti alla stazione meteorologica più vicina al sito in esame ¹³;
- correzione di tali dati, sulla base di correlazioni empiriche, per tenere conto delle condizioni geomorfologiche specifiche del sito ¹⁴;

¹² Scudo, G., Rogora, A., Elsa, F., Falvo, G., "Microclimatic effect of vegetation in urban squares: case studies in Milan", *Rebuild the European cities of Tomorrow: Shaping our European cities for the 21st Century*, Proceedings of the 2nd European Conference, Florence, 1-3 April 1998, Florence, ETA, 1998.

¹³ Possono essere utilizzati i dati pubblicati sugli annali meteorologici della Regione Piemonte, Settore Prevenzione Rischio Geologico Meteorologico e Sismico, Servizio Meteorografico e Reti di Monitoraggio; disponibili, su richiesta, anche su CD-Rom. Dati medi mensili elaborati, per alcune località principali di ogni Regione italiana, sono anche reperibili in: Petrarca, S., Spinelli, F., Cogliani, E., Mancini, M., *Profilo climatico dell'Italia*, ENEA, Roma, 1999.

¹⁴ Si veda: Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Cap. XI, pp. 410-412, Maggioli, Rimini, 1997

-
- valutazione di tipo qualitativo, sulla base di risultati di studi parametrici sperimentali ¹⁵, dei flussi d'aria attorno agli edifici, esistenti e di progetto, al fine di determinare le zone degli spazi esterni esposte, e quelle protette, rispetto alle direzioni del vento stagionali prevalenti.

Sulla base dei risultati delle operazioni summenzionate, il controllo dei flussi d'aria ai fini del benessere termico può essere attuato, principalmente, attraverso le seguenti azioni progettuali e tecnologie:

- localizzazione, rapporti di confrontanza e geometria appropriata, degli edifici che compongono il villaggio in progetto (tenendo conto anche degli effetti d'accelerazione della velocità dell'aria, causati da strettoie e vicinanza di spigoli);
- barriere artificiali e/o naturali (filari d'alberi, siepi, macchie arbustive), con funzione di protezione;
- deviatori artificiali e/o naturali (filari d'alberi), con funzione d'incanalamento;
- movimentazione del terreno, con funzione di protezione (avvallamento) e accelerazione (dosso).

L'identificazione delle azioni e delle tecnologie deve essere, altresì, opportunamente commisurata all'utilizzo del vento per la protezione da fonti d'inquinamento atmosferico esterne, o interne, al sito, i requisiti della quale sono indicati nelle apposite schede.

¹⁵ Boutet, T.S., *Controlling Air Movement: a Manual for Architects and Builders*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1987.



OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAE-Tf-6	
Garantire che gli spazi esterni abbiano condizioni di comfort termico accettabile, in ogni periodo dell'anno.			Le superfici con cui l'utente può entrare in contatto devono presentare scarsa attitudine al surriscaldamento e limitare il reirraggiamento, nello spettro dell'infrarosso. E' richiesto che: sia mantenuta una temperatura superficiale $20^{\circ}\text{C} < t < 60^{\circ}\text{C}$, con aria ferma e superficie irraggiata; il coefficiente di emissività dei materiali utilizzati sia $0,2 < \varepsilon < 0,9$ il flusso termico utente-superfici sia, in valore assoluto, $< 50 \text{ W/m}^2$ (entro ± 2 delle classi di <i>Fanger</i> , adattate per spazi esterni) in ogni ora dei periodi d'uso previsti nell'arco dell'anno.	Scelta dei materiali superficiali. Elementi per il controllo solare.	ASPETTI TERMOFLUIDODINAMICI Controllo della temperatura superficiale	
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI				
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)		
PRO	Temperatura superficiale e coefficiente d'emissività dei materiali di pavimentazione e rivestimento esterni.	Planimetria dettagliata indicante i materiali utilizzati nella sistemazione degli spazi esterni.	Tabella con l'indicazione dei materiali e relativo coefficiente d'emissività.			
COS	Temperatura superficiale dei materiali utilizzati negli spazi esterni, con superfici irraggiate, d'inverno e d'estate.			In campo: misura diretta con termometro di superficie.		
ESE	Temperatura media radiante di spazi esterni campione, d'inverno e d'estate.		Calcolo livello di comfort e bilancio termico utente-superfici, tramite metodo di <i>Fanger</i> adattato per spazi esterni (con valori dei parametri, diversi dalla temperatura superficiale, prestabiliti in relazione alla destinazione d'uso degli spazi e a condizioni climatiche-tipo per la località considerata).	In campo: misura diretta con globotermometro.		
Riferimenti normativi essenziali						
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati						
						applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAE-Tf-6

Scelta dei materiali superficiali

Nella valutazione delle caratteristiche microclimatiche e ambientali degli spazi aperti adiacenti agli edifici, i materiali di pavimentazione e rivestimento, nonché quelli costituenti gli elementi di arredo e vegetali, rivestono un ruolo fondamentale e la loro scelta richiede lo stesso grado di attenzione di altre parti dell'edificio. Tali superfici hanno, infatti, un grande rilievo in quanto, insieme alle cortine murarie che le delimitano, influiscono in modo determinante sul benessere termico degli utenti degli spazi stessi, oltreché rappresentarne le valenze dal punto di vista estetico-funzionale. La principale variabile connotante le interazioni termiche di tali materiali con l'ambiente esterno è la temperatura superficiale, influenzata dalle condizioni di irraggiamento delle superfici e dal coefficiente di emissività (spettro di lunghezze d'onda dell'infrarosso); quest'ultimo è funzione, oltreché del tipo di materiale, del colore, del trattamento e delle condizioni d'usura della superficie.

I limiti posti, di variazione del coefficiente d'emissività e di temperatura superficiale, corrispondono all'intervallo all'interno del quale si realizzano condizioni di benessere termico per un utente "medio", non esposto (d'estate) ed esposto (d'inverno) all'irraggiamento solare diretto, con velocità dell'aria inferiore a 1 m/s, con un'escursione termica media annuale da - 7 a + 30 °C, in attività motoria moderata (passeggiare) e con vestiario idoneo per stare all'aperto, in funzione della stagione.

Nel caso di spazi destinati ad attività specializzate ed esclusive (percorsi ginnici, piste ciclabili, ...), si deve tenere conto del relativo apporto metabolico, che può abbassare i limiti superiori degli indicatori di controllo; così come le località alpine possono, al contrario, considerare la possibilità di innalzarne i limiti inferiori, rispetto ai siti urbani. In ogni caso, deve essere rispettato il requisito di sintesi, rappresentato dal flusso termico utente-superfici, corrispondente al limite del livello di comfort, secondo il metodo di *Fanger* adattato per gli spazi esterni.

Elementi di controllo solare

La scelta di opportuni materiali superficiali non è, di per sé, sufficiente a garantire il comfort termico degli spazi esterni, ma deve essere accompagnata dal controllo dell'irraggiamento solare. Tale controllo, che si differenzia in relazione al periodo dell'anno (estate, inverno) e alla località (montana, urbana), può essere attuato attraverso l'adozione delle seguenti strategie e tecnologie:

- Collocare gli spazi esterni, in relazione alla destinazione d'uso prevalente, in zone sempre soleggiate o in zone d'ombra generate dagli edifici circostanti;
- Utilizzare schermi (artificiali, vegetali o misti) per il controllo della radiazione solare diretta (schermi orizzontali) e riflessa (schermi verticali) dal terreno o pareti, incidente sullo spazio d'utenza;
- Utilizzare schermi operabili, nel caso di spazi utilizzati in tutti i periodi dell'anno e ore del giorno.

Riferimenti bibliografici

Alessandro, S., Barbera, G., Silvestrini, G., "Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione ed ambiente costruito", *Quaderno 13*, CNR IEREN, Palermo, 1987.

Dessi, V., Scudo, G., "Thermal comfort of outdoor spaces", Proceedings of *PLEA 2001*, Florianopolis, Brazil, Novembre 2001.

Kawashima, S. (National Agricultural Research Centre, Tsukuba, Japan), "Effect of vegetation on surface temperature in urban and suburban areas in winter", *Energy and Buildings*, n° 15, 1990-91.

Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli, Rimini, 1997.

Marocco, M., Orlandi, F., *Progettazione e costruzione bioclimatica dell'architettura: Criteri per il controllo del comfort ambientale*, Edizioni Kappa, Roma, 1998.

Tombazis, A., "The design of exterior spaces as climatic modifiers", in *The state of the art and future research on passive cooling in architecture*, a cura di **Gallo, C.**, Enea, Roma, 1998.

Antoine, M.-J., Groleau, D., "Assessing solar energy and environmental variables in urban outdoor spaces: a simulation tool", in *Rebuild the European cities of Tomorrow: Shaping our European cities for the 21st Century*, Proceedings of the 2nd European Conference, Florence, 1-3 April 1998, Florence: ETA, 1998.

Szokolay, S. V., *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*, Construction Press, Lancaster, 1980.

Ochoa de La Torre, J.M., "La vegetacion como instrumento para el control microclimatico", Tesis Doctoral, Barcelona, 1999.

Riferimenti normativi

ASPETTI TERMOFLUIDODINAMICI
Controllo della temperatura superficiale

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAE-Tf-7	
Garantire che gli spazi esterni abbiano condizioni di comfort termico accettabile, in ogni periodo dell'anno.		<p>Lo spazio esterno deve essere concepito e costruito in modo tale da consentire una efficace interazione con i flussi d'aria sia nella stagione estiva, sia in quella invernale.</p> <p>E' richiesto che lo spazio fruibile venga protetto dai venti invernali senza tuttavia impedire la ventilazione naturale estiva.</p>		Elementi naturali/artificiali con funzione di barriera.	ASPETTI TERMOFLUIDODINAMICI Controllo dei flussi d'aria	
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI				
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)		
PRO	Posizionamento degli spazi esterni in relazione ai venti dominanti.	Planimetria dettagliata indicante la sistemazione di edifici e spazi esterni e le caratteristiche essenziali dell'intorno (eventuale preesistenza di rilievi/edifici con funzione di barriera) e le direzioni prevalenti del vento nei periodi invernale ed estivo.	Simulazione dei flussi d'aria stagionali in relazione alle dimensioni relative degli ostacoli circostanti lo spazio sterno considerato (per mezzo di diagrammi empirici delle scie o software CFD).			
COS						
ESE	Direzione e velocità del vento.			In campo: misura diretta di direzione e velocità del vento in zone e periodi campione.		
Riferimenti normativi essenziali						
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: URC-Vn-4						
						applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAE-Tf-7

Gli spazi esterni fruibili devono essere orientati e localizzati in modo da risultare protetti dai venti invernali prevalenti, senza tuttavia impedire la ventilazione naturale estiva, per mezzo di:

- barriere naturali;
- barriere artificiali;
- barriere miste (naturale e artificiali);
- presenza di depressioni o rilievi del terreno;
- valorizzazione di barriere preesistenti (edifici o strutture).

Nella progettazione di barriere naturali è fondamentale una appropriata scelta delle essenze ed una loro corretta collocazione, in quanto possono determinare una riduzione della velocità del vento, in funzione della forma, dell'altezza e della densità (permeabilità all'aria) della barriera stessa. La forma dell'elemento vegetale influisce fortemente sulle capacità di contrastare e rallentare l'andamento dei venti e la densità del fogliame determina la quantità di flusso che riesce ad attraversare la chioma (la vegetazione fitta riduce notevolmente la velocità del vento dietro la barriera; il vento poi, con l'aumentare della distanza, riacquista rapidamente la velocità iniziale). La zona di calma, che si forma sottovento rispetto all'ostacolo (scia) è proporzionale all'altezza della barriera. È anche fondamentale valutare la lunghezza della barriera vegetale, in rapporto all'area da proteggere, in quanto, se la barriera è troppo corta, l'effetto di accelerazione del vento, che si genera con la separazione del flusso ai lati, si fa sentire nell'area da proteggere. L'effetto, sulla velocità e direzione del vento, di una o più siepi è limitato alle parti basse del lato sottovento. Alberi ad alto fusto, sparsi e associati ad essenze di altezza inferiore, risultano invece molto efficaci, generando delle discrete zone di calma e provocando un incremento della velocità al suolo; questa disposizione crea inoltre continui mutamenti della direzione del vento ed è quindi particolarmente consigliabile per lo sfruttamento delle brezze estive. Le barriere artificiali, quali pareti, muri o recinzioni, presentano una efficacia di riduzione della velocità del vento diversa rispetto alle barriere naturali: infatti esse producono un effetto maggiore subito dopo l'ostacolo, ma minore a distanze superiori.

ASPETTI TERMOFLUIDODINAMICI
Controllo dei flussi d'aria

Riferimenti bibliografici

Alessandro, S., Barbera, G., Silvestrini, G., *Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione ed ambiente costruito*, Quaderno 13, CNR IEREN, Palermo 1987.
Allard, F., a cura di, *Natural ventilation of buildings: a design handbook*, James & James, London 1998.
Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli, Rimini 1998.
Marocco, M., Orlandi, F., *Progettazione e costruzione bioclimatica dell'architettura. Criteri per il controllo del comfort ambientale*, Edizioni Kappa, Roma 1998.

Riferimenti normativi

destinazione
R-U-S

INQUINAMENTO ACUSTICO

CLASSE DI REQUISITI

L'inquinamento acustico è uno dei principali fattori di degrado della qualità dell'ambiente esterno. Il recente documento *European Commission Green Paper on Future Noise Policy* (1996) ha individuato nel rumore 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: è stato infatti stimato che circa il 20% della popolazione europea (80 milioni di persone) è esposta a livelli di rumore diurni superiori a 65 dB(A) e che altri 170 milioni risiedono in aree con livelli compresi fra 55 e 65 dB(A).

Le cause dell'inquinamento acustico sono molteplici e possono essere classificate sia in base al tipo di sorgente sonora che lo determina, sia in base alle modalità di trasmissione del rumore dalla sorgente al soggetto disturbato.

Riguardo alle cause dell'inquinamento acustico, posizione preminente, soprattutto nelle aree urbane, va attribuita al traffico. Si usa distinguere, per le loro diverse caratteristiche, l'impatto causato dai veicoli stradali, dai mezzi su rotaia e dagli aeromobili. Le emissioni da traffico stradale sono diffuse sul territorio ed hanno carattere di continuità nel tempo. Al contrario, per il traffico ferroviario e aeroportuale, l'impatto è circoscritto ad aree più limitate e presenta carattere di discontinuità. Una seconda categoria di sorgenti di rumore importanti per l'impatto che determinano sulle aree edificate sono gli impianti, esterni o interni all'insediamento considerato.

In relazione alle modalità di propagazione si distingue fra il rumore trasmesso per via aerea e "filtrato" dal potere fonoisolante dell'involucro edilizio e rumore trasmesso per via solida, ovvero attraverso le strutture dell'edificio: esempio tipico di rumore trasmesso per via solida è il rumore da calpestio.

Strettamente connesso alla propagazione per via solida è il fenomeno delle vibrazioni che possono causare disturbo alle persone e, nei casi più gravi, danni all'edificio.

L'obiettivo di qualità ambientale da raggiungere è il contenimento dei livelli del rumore e delle vibrazioni al di sotto di soglie di accettabilità. Per il rumore, tali soglie sono state stabilite in base ai risultati di indagini socio-acustiche, in cui si è indagata la correlazione tra esposizione al rumore e risposta soggettiva al disturbo.

I risultati, ben documentati in letteratura, sono stati recepiti da circa un decennio nella legislazione nazionale, il cui cardine è attualmente costituito dalla legge 26 ottobre 1995 n. 447 Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico e dai numerosi decreti attuativi che da essa traggono origine. La recente promulgazione della legge regionale 20 ottobre 2000, n. 52 *Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento acustico*, a cui seguiranno le regionali per la suddivisione acustica del territorio, sta imprimendo un sostanziale impulso alla definizione del quadro normativo locale in materia di tutela dal rumore ambientale.

A questo riguardo, è importante sottolineare l'obbligo che la Legge Quadro impone l'obbligo di effettuare una valutazione previsionale del clima acustico delle aree interessate alla realizzazione di specifiche tipologie di insediamenti, tra cui i nuovi insediamenti residenziali situati in prossimità di opere quali aeroporti, strade, ferrovie, impianti sportivi, ecc.

Meno conosciuti sono gli effetti delle vibrazioni, per le quali non esiste una legislazione specifica, ma solo normative tecniche e raccomandazioni in sede nazionale (UNI) e internazionale (CEN, ISO).

Il progetto dovrà tenere in debita considerazione i requisiti di controllo acustico e delle vibrazioni, sia nella scelta dei materiali e 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.

La definizione degli accessi ai lotti edificati e del tracciato dei percorsi viari dovrà mirare a minimizzare le emissioni di rumore, adottando eventualmente accorgimenti per limitare la velocità dei veicoli.

Nell'impostazione planivolumetrica del progetto si terrà conto della presenza di sorgenti di rumore da traffico o di tipo impiantistico. La distanza dell'edificio da tali sorgenti di rumore sarà la massima compatibile con i vincoli urbanistici ed edilizi. Si adotteranno, se possibile, schermature naturali che ostacolino la propagazione del rumore, quali rimodellamenti del terreno e creazione di fasce di vegetazione. Nel definire la distribuzione degli ambienti all'interno dell'organismo edilizio si cercherà, nei limiti del possibile, di orientare i locali che richiedono la massima protezione dal rumore (ad es. le camere da letto) 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.

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAE-lac-8
Garantire livelli accettabili di rumore nell'ambiente esterno.		Gli effetti di qualsiasi forma di emissione di rumore da sorgenti puntuali o da traffico localizzate in prossimità del sito di pertinenza del progetto, o comunque aventi influenza sul sito stesso, devono essere ridotti al minimo.	Rispettare i limiti di livello di rumore ambientale stabiliti dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico in funzione del periodo (diurno e notturno) e della classe di destinazione d'uso del territorio.		INQUINAMENTO ACUSTICO Protezione dal rumore esterno all'area
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Localizzazione degli spazi esterni del sito di progetto in relazione alle sorgenti di rumore presenti nell'area circostante il sito stesso.	Individuazione grafica di tutte le sorgenti di rumore rilevanti nell'intorno (*) del sito di progetto. (*) L'estensione dell'area di indagine è fortemente dipendente sia dalla tipologia di sorgenti (puntuali o infrastrutture di trasporto), sia dalle caratteristiche morfologiche dell'area.	Simulazione numerica dell'emissione e propagazione del rumore nell'ambiente.	Valori sperimentali di livello di rumore ambientale (situazione ante-operam).	
COS	Livelli di rumore ambientale indotti dalle attività di cantiere.			In campo: monitoraggio dei livelli di rumore indotti dalle attività di cantiere.	
ESE	Livelli di rumore ambientale negli spazi esterni del sito di progetto.			In campo: monitoraggio dei livelli di rumore , negli spazi esterni del sito di progetto.	
Riferimenti normativi essenziali Legge 447/95					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAE-lac-9					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

Le strategie progettuali e le tecnologie che si possono adottare, per ridurre gli effetti del rumore indotto da sorgenti localizzate nell'intorno del sito di progetto, sono, principalmente le seguenti:

orientamento e posizionamento dei corpi di fabbrica: occorre, nei limiti del possibile, situare l'edificio alla massima distanza dalla sorgente di rumore e sfruttare l'effetto schermante di ostacoli naturali o artificiali (rilievi del terreno, fasce di vegetazione, altri edifici, ecc.).

distribuzione planivolumetrica degli ambienti interni: i locali che presentano i requisiti più stringenti di quiete (camere da letto) dovranno preferibilmente essere situati sul lato dell'edificio meno esposto al rumore esterno

utilizzare le aree perimetrali del sito come protezione dall'inquinamento; ad esempio, creando rimodellamenti morfologici del costruito, a ridosso delle aree critiche; schermare le sorgenti di rumore con fasce vegetali composte da specie arboree e arbustive che possano contribuire all'attenuazione del rumore (valutare la densità della chioma, i periodi di fogliazione e defogliazione, dimensioni e forma, accrescimento);

utilizzare barriere artificiali, con analoghe funzioni di schermatura.

codice

QAE-lac-8

INQUINAMENTO ACUSTICO
Protezione dal rumore esterno all'area

Riferimenti bibliografici

Spagnolo, R. (a cura di), *Manuale di Acustica Applicata*, Torino, UTET, 2001. Cap. 4 "Rumore nell'ambiente esterno".

Riferimenti normativi

Legge 26 ottobre 1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
DPCM 14.11.1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

applicare a:

R-U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAE-lac-9
Garantire livelli accettabili di rumore nell'ambiente esterno.		Negli spazi esterni del sito di progetto, occorre ridurre al minimo l'effetto delle sorgenti di rumore (traffico, impianti).	Rispettare i limiti di livello di rumore ambientale stabiliti dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico in funzione del periodo (diurno e notturno) e della classe di destinazione d'uso del territorio.	Riduzione di fonti di inquinamento all'interno dell'area del sito di progetto. Localizzazione degli spazi esterni in funzione dei flussi d'aria prevalenti e con riferimento alle eventuali fonti inquinanti. Elementi naturali/artificiali con funzione di barriera ai flussi d'aria trasportanti sostanze inquinanti.	INQUINAMENTO ACUSTICO Protezione dal rumore interno all'area
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Localizzazione degli spazi esterni del sito di progetto in relazione alle sorgenti di rumore presenti all'interno del sito stesso.	Individuazione grafica di tutte le sorgenti di rumore rilevanti (aree di parcheggio, rete viaria, impianti, ecc.) all'interno del sito di progetto.	Simulazione numerica dell'emissione e propagazione del rumore nell'ambiente.	Valori sperimentali di livello di rumore ambientale (situazione ante-operam).	
COS	Livelli di rumore ambientale indotti dalle attività di cantiere.			In campo: monitoraggio dei livelli di rumore indotti dalle attività di cantiere.	
ESE	Livelli di rumore ambientale negli spazi esterni del sito di progetto.			In campo: monitoraggio dei livelli di rumore , negli spazi esterni del sito di progetto.	
Riferimenti normativi essenziali Legge 447/95					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAE-lac-8, RCA-Ba-35					
applicare a: R-U-S					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAE-lac-9

Le strategie progettuali e le tecnologie che si possono adottare, per ridurre gli effetti del rumore indotto da sorgenti localizzate nell'intorno del sito di progetto, sono, principalmente le seguenti:

massima riduzione del traffico veicolare all'interno dell'area, limitandolo all'accesso ad aree di sosta e di parcheggio, con l'adozione di misure adeguate di mitigazione della velocità;

di converso, massima estensione delle zone pedonali e ciclabili, queste ultime in sede propria;

mantenere una distanza di sicurezza tra le sedi viarie interne all'insediamento, o perimetrali, e le aree destinate ad usi ricreativi;

disporre le aree parcheggio e le strade interne all'insediamento, percorribili dalle automobili, in modo da minimizzare l'interazione con gli spazi esterni fruibili;

schermare le sorgenti di rumore con fasce vegetali composte da specie arboree e arbustive che possano contribuire all'attenuazione del rumore (valutare la densità della chioma, i periodi di fogliazione e defogliazione, dimensioni e forma, accrescimento);

utilizzare barriere artificiali, con analoghe funzioni di schermatura.

INQUINAMENTO ACUSTICO
Protezione dal rumore interno all'area

Riferimenti bibliografici

Spagnolo, R. (a cura di), *Manuale di Acustica Applicata*, Torino, UTET, 2001. Cap. 4 "Rumore nell'ambiente esterno".

Riferimenti normativi

Legge 26 ottobre 1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
DPCM 14.11.1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

applicare a:

R-U-S

INQUINAMENTO ATMOSFERICO

CLASSE DI REQUISITI

L'inquinamento atmosferico, particolarmente in aree urbane, è dovuto alla presenza nell'aria di sostanze che vengono immesse sistematicamente, o accidentalmente, per effetto delle attività che si svolgono, da quelle residenziali (impianti termici civili) a quelle connesse con i trasporti, a quelle di carattere produttivo; i fattori climatici e l'orografia, inoltre, contribuiscono a modificarne gli effetti di diffusione.

Si descrivono, di seguito, gli inquinanti più dannosi e le loro concentrazioni nell'area torinese.

Biossido di zolfo, prodotto nelle reazioni di ossidazione, per la combustione di materiali contenenti zolfo, quali gasolio, nafta, carbone, utilizzati (gli ultimi due fino ad alcuni anni fa) per la produzione di calore; le concentrazioni di tale sostanza, nella città di Torino – anni fa molto critiche e allarmanti – sono, attualmente, nettamente migliorate ed hanno valori inferiori ai limiti, per il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili.

Ossidi di azoto, prodotti, in parte preponderante (70-80%), dalla circolazione veicolare o da impianti che producono composti azotati. In generale l'emissione di ossidi di azoto è maggiore quando il motore del veicolo funziona ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade). Gli ossidi di azoto 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 in conseguenza di combustione incompleta di idrocarburi (fenomeno frequente nel caso delle emissioni degli autoveicoli).

Ozono, che 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, che 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 con effetti sul clima conseguenti alla diminuzione della trasparenza dell'atmosfera.

Piombo, quasi esclusivamente di derivazione dalle benzine, in fase di riduzione con l'introduzione di benzine verdi.

La concentrazione di inquinanti nelle zone urbanizzate è tale da indurre effetti dannosi sull'uomo, in un quadro di estrema variabilità; tali effetti sono prodotti da tutto l'insieme dell'ambiente atmosferico, comprese le condizioni meteorologiche e le variazioni stagionali.

Anche i materiali vengono danneggiati, con effetti di degrado sotto il profilo estetico, fenomeni corrosivi, deterioramenti chimici, in relazione al tipo di inquinante; la vegetazione, a seconda della specie, risulta molto sensibile, mediamente sensibile, o resistente, alle sostanze inquinanti allo stato gassoso, che possono entrare nella struttura delle piante modificandone l'attività vegetativa.

I limiti imposti dalla normativa italiana, che regola il problema dell'inquinamento atmosferico in ambiente esterno, coinvolgono, tuttavia, un numero limitato di inquinanti, riconducibili per la maggior parte a sorgenti quali la circolazione veicolare, sorgenti di combustioni civili e termoelettriche.

Per il controllo dell'inquinamento vengono utilizzate centrali di monitoraggio fisse o laboratori mobili, finalizzate sia ad ottenere un quadro, in tempo reale, di situazioni con elevata probabilità di superamento di valori per gli inquinanti normali, sia a verificarne l'andamento nel corso degli anni; esse forniscono, inoltre, dati meteorologici e chimici¹⁶. L'uso della strumentazione viene spesso accompagnato dal monitoraggio su bioindicatori, quali i licheni.

Per garantire condizioni di qualità dell'aria esterna, nelle schede che seguono, si è distinto tra fonti inquinanti esterne all'area oggetto di intervento ed eventuali fonti inquinanti interne all'area stessa; l'entità dell'effetto prodotto e le strategie e tecnologie applicabili sono, infatti, diverse nei due casi.

Sotto il profilo metodologico e operativo, nella progettazione degli edifici si dovrà procedere, per quanto attiene l'inquinamento atmosferico, attraverso le seguenti fasi.

- Individuazione di tutte le fonti di inquinamento rilevanti nell'intorno (valutando opportunamente l'estensione dell'area di indagine in funzione della tipologia delle fonti e delle caratteristiche morfologiche dell'area, in funzione dei flussi d'aria) ed eventuali fonti di inquinamento interne all'insediamento stesso (aree parcheggio, rete viaria, ...); in alcuni casi è possibile fare riferimento ai valori di emissione forniti dall'ARPA.
- Valutazione complessiva, che deve fornire indicazioni sulla localizzazione degli spazi esterni del sito di progetto, in relazione alle fonti inquinanti e ai flussi d'aria prevalenti.

Le strategie progettuali e le tecnologie che si possono adottare per ridurre gli effetti di qualsiasi forma di inquinamento proveniente da fonti localizzate, nell'intorno del sito di progetto, sono tendenzialmente provvedimenti 'passivi', che permettono cioè di proteggere l'area oggetto di intervento, senza modificare direttamente l'emissione alla fonte.

Per quanto riguarda la protezione da fonti di inquinamento interne, è possibile, invece, intervenire direttamente in fase progettuale, riducendo decisamente le potenziali fonti all'interno dell'area (ridurre il traffico veicolare, estendendo al massimo le zone pedonali e ciclabili) o localizzando gli spazi esterni fruibili, in modo da minimizzare l'eventuale interazione con le aree parcheggio o le strade di accesso.

In entrambi i casi è possibile comunque utilizzare elementi naturali, o artificiali, con funzione di barriera, progettati in modo da schermare i flussi d'aria che si prevede possano trasportare sostanze inquinanti.

La vegetazione, in questo caso, può essere utilizzata, in quanto agisce come filtro dell'inquinamento atmosferico, secondo diverse modalità:

- svolge un'azione di separazione tra la fonte di inquinamento e le aree adiacenti;
- assorbe gli agenti inquinanti.

L'ostacolo creato dalla vegetazione alla libera diffusione dell'aria varia in funzione di caratteri specifici quali: le superfici di impatto legnose; l'area fogliare; gli spazi interstiziali tra foglie, che si creano all'interno della chioma; le caratteristiche delle superfici fogliari, di carattere fisico e chimico; la potenzialità stomatica.

L'intercettazione del particolato solido avviene: per sedimentazione; per impatto, sotto l'influenza delle correnti d'aria; per deposizione, tramite le precipitazioni. Per quanto riguarda invece la rimozione degli inquinanti gassosi, la vegetazione svolge

¹⁶ Agenzia Regionale per la Protezione dell'ambiente, Regione Piemonte, *L'inquinamento atmosferico nella conurbazione torinese: problemi e prospettive*, Atti del Convegno, 20.05.97, Torino.

un'azione più ridotta, agendo attraverso meccanismi fisici e chimici, che avvengono sulla parte esterna delle foglie e nei tessuti vegetali.

La scelta di alberi resistenti agli agenti inquinanti, soprattutto in ambiente urbano, è un fattore importante per la qualità ambientale; essa deve tendere a garantire, infatti, un'azione filtrante efficace ed, al contempo, la sopravvivenza degli stessi alberi. 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. Naturalmente, 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.



OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAE-lar-10
Garantire condizioni di qualità dell'aria esterna.		Gli effetti di qualsiasi forma di inquinamento proveniente da fonti puntuali o diffuse localizzate in prossimità del sito di pertinenza del progetto, o comunque aventi influenza sul sito stesso, devono essere ridotti al minimo.	Limiti di concentrazione, negli spazi esterni del sito di progetto, delle principali sostanze inquinanti eventualmente presenti nell'aria (quelle, ad esempio, che raggiungono o superano il limite ammissibile, in qualche parte dell'intorno del sito stesso), inferiori al 50% del massimo ammissibile (orario e giornaliero), in ogni periodo dell'anno.	Localizzazione degli spazi esterni in funzione dei flussi d'aria. Introduzione di elementi naturali/artificiali con funzione di barriera.	INQUINAMENTO ATMOSFERICO Protezione da fonti inquinanti esterne al sito
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Localizzazione degli spazi esterni del sito di progetto in relazione alle fonti inquinanti presenti nell'area circostante il sito stesso.	Individuazione grafica di tutte le fonti di inquinamento rilevanti nell'intorno (*) del sito di progetto. (* L'estensione dell'area di indagine è fortemente dipendente sia dalla tipologia delle fonti (puntuali o diffuse), sia dalle caratteristiche morfologiche dell'area, in funzione dei flussi d'aria.		Dati ARPA: Valori massimi giornalieri delle emissioni di sostanze la cui concentrazione supera i limiti ammissibili, in qualche parte dell'area circostante il sito di progetto; dati raggruppati nelle seguenti categorie: attività produttive, impianti termici civili, traffico.	
COS					
ESE	Valori di concentrazione, orari e giornalieri, negli spazi esterni del sito di progetto, delle principali sostanze inquinanti eventualmente presenti.			In campo: misura diretta del valore di concentrazione di sostanze inquinanti dell'aria, negli spazi esterni del sito di progetto.	
Riferimenti normativi essenziali DPR 24/5/1988 N°203; DM 20/5/1991; DM 25/11/94; DR 7/9/1995; DPCM 28/3/83 Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAE-lar-11, QAE-Tf-7, InC-lp-15					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAE-lar-10

Le strategie progettuali e le tecnologie che si possono adottare, per ridurre gli effetti di qualsiasi forma di inquinamento proveniente da fonti localizzate nell'intorno del sito di progetto, sono, principalmente le seguenti:

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

INQUINAMENTO ATMOSFERICO
Protezione da fonti inquinanti esterne al sito

Riferimenti bibliografici

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, Regione Piemonte,
L'inquinamento atmosferico nella conurbazione torinese: problemi e prospettive, Atti del Convegno, Torino 20.05.97.
Alessandro, S., Barbera, G., Silvestrini, G., *Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione ed ambiente costruito*, Quaderno 13, CNR IEREN, Palermo 1987.
Batistoni, P., et Al., *Attitudine delle barriere vegetali a ridurre l'inquinamento atmosferico ed acustico di origine stradale*, in ACER, n° 4, 1995.
Collo, A., a cura di, *La città e l'aria*, Franco Angeli, Milano 1986.

Riferimenti normativi

DPR 24/5/1988 N°203;
DM 20/5/1991: Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria
DM 25/11/94
DR 7/9/1995;
DPCM 28/3/83

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAE-lar-11
Garantire condizioni di qualità dell'aria esterna.		Negli spazi esterni del sito di progetto, non deve esservi presenza di fonti di inquinamento dell'aria. Qualora tale presenza non possa essere eliminata (ad esempio, traffico veicolare per l'accesso ai parcheggi) gli effetti di tali fonti devono essere ridotti al minimo.	Limiti di concentrazione delle principali sostanze inquinanti eventualmente presenti nell'aria, negli spazi esterni del sito in esame, inferiori al 30% del massimo ammissibile (orario e giornaliero), in ogni periodo dell'anno.	Riduzione di fonti di inquinamento all'interno dell'area del sito di progetto. Localizzazione degli spazi esterni in funzione dei flussi d'aria prevalenti e con riferimento alle eventuali fonti inquinanti. Elementi naturali/artificiali con funzione di barriera ai flussi d'aria trasportanti sostanze inquinanti.	INQUINAMENTO ATMOSFERICO Protezione da fonti inquinanti interne al sito
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza di fonti di inquinamento all'interno dell'area. Localizzazione degli spazi esterni in relazione alle eventuali fonti inquinanti e ai flussi d'aria prevalenti.	Individuazione grafica di tutte le eventuali fonti di inquinamento interne all'insediamento (aree parcheggio, rete viaria,) e delle caratteristiche morfologiche dell'area rilevanti per la propagazione degli inquinanti.		Dati ARPA: valori di emissione delle sostanze inquinanti principali dell'aria, per tipologia di fonte e condizione d'esercizio (ad esempio, traffico veicolare, in relazione all'intensità e alla velocità)	
COS					
ESE	Valori di concentrazione, orari e giornalieri, negli spazi esterni del sito di progetto, delle principali sostanze inquinanti eventualmente presenti.			In campo: misura diretta del valore di concentrazione di sostanze inquinanti dell'aria, negli spazi esterni di sito di progetto.	
Riferimenti normativi essenziali DPR 24/5/1988 N°203; DM 20/5/1991; DM 25/11/94; DR 7/9/1995; DPCM 28/3/83					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAE-lar-10, QAE-Tf-7, InC-lp-15					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAE-lar-11

Le strategie progettuali e le tecnologie che si possono adottare, per ridurre la presenza, e i relativi effetti, di sostanze inquinanti dell'aria negli spazi esterni del sito di progetto, sono, principalmente, le seguenti:

massima riduzione del traffico veicolare all'interno dell'area, limitandolo all'accesso ad aree di sosta e di parcheggio, con l'adozione di misure adeguate di mitigazione della velocità;

di converso, massima estensione delle zone pedonali e ciclabili, queste ultime in sede propria;

mantenere una distanza di sicurezza tra le sedi viarie interne all'insediamento, o perimetrali, e le aree destinate ad usi ricreativi;

disporre le aree parcheggio e le strade interne all'insediamento, percorribili dalle automobili, in modo da minimizzare l'interazione con gli spazi esterni fruibili;

introdurre alberature stradali, con essenze compatibili al traffico veicolare;

schermare i flussi d'aria, che si prevede possano trasportare sostanze inquinanti, con fasce vegetali composte da specie arboree e arbustive efficaci nell'assorbire le sostanze stesse (valutare la densità della chioma, i periodi di fogliazione e defogliazione, dimensioni e forma, accrescimento) o con barriere artificiali;

definizione di procedure di cura e manutenzione periodica del verde.

INQUINAMENTO ATMOSFERICO
Protezione da fonti inquinanti interne al sito

Riferimenti bibliografici

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, Regione Piemonte,
L'inquinamento atmosferico nella conurbazione torinese: problemi e prospettive, Atti del Convegno, Torino 20.05.97.

Alessandro, S., Barbera, G., Silvestrini, G., *Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione ed ambiente costruito*, Quaderno 13, CNR IEREN, Palermo 1987.

Batistoni, P., et Al., *Attitudine delle barriere vegetali a ridurre l'inquinamento atmosferico ed acustico di origine stradale*, in ACER, n° 4, 1995.

Collo, A., a cura di, *La città e l'aria*, Franco Angeli, Milano 1986.

Riferimenti normativi

DPR 24/5/1988 N°203;

DM 20/5/1991: Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria

DM 25/11/94

DR 7/9/1995;

DPCM 28/3/83

applicare a:

R-U-S

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

CLASSE DI ESIGENZE

Campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz)

L'esposizione ai campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50 Hz) negli spazi esterni è connessa principalmente con il trasporto dell'energia elettrica.

I conduttori delle linee elettriche generano infatti campi magnetici di livello crescente con l'intensità della corrente che li attraversa e campi elettrici di intensità maggiore all'aumentare della tensione. L'intensità del campo elettrico e magnetico diminuisce rapidamente con la distanza dalla sorgente. Il campo elettrico inoltre può essere schermato dalla vegetazione, dal suolo o da altri ostacoli presenti sul terreno, mentre quello magnetico viene influenzato significativamente solo dai materiali ferromagnetici.

Per controllare l'esposizione degli individui risulta particolarmente importante mantenere una distanza di sicurezza tra la sorgente e l'area che si intende proteggere.

Anche se i campi di maggiore intensità sono prodotti dalle linee ad alta tensione, tuttavia linee a media o bassa tensione possono causare esposizioni di livello maggiore, dato che spesso sono più vicine a edifici o aree di uso pubblico.

Gli standard in vigore in materia di protezione dalle radiazioni non ionizzanti sono basati su effetti biologici accertati che si manifestano nel breve termine e per l'esposizione a elevati livelli di campo. Tuttavia numerosi studi epidemiologici indicano come "probabilmente" pericolosa per la salute anche un'esposizione prolungata nel tempo a campi magnetici di livello centinaia di volte inferiore agli standard di sicurezza. Si parla in questo caso di effetti a lungo termine, non ancora definitivamente accertati, che sembrano interessare in particolar modo l'infanzia.

L'esistenza di tali effetti è infatti emersa principalmente dagli studi di tipo epidemiologico, che hanno analizzato la diffusione di alcune gravi patologie presso individui residenti vicino ad elettrodotti o presso lavoratori professionalmente esposti, ma non è attualmente comprovata dagli studi di laboratorio volti a verificare se siano biologicamente plausibili.

In attesa che si giunga ad una conclusione definitiva sull'effettiva pericolosità di un'esposizione cronica a campi di bassa intensità, sulla base delle indicazioni emerse dagli studi epidemiologici e in presenza di dati incerti derivanti dagli studi di laboratorio, tali comunque da non escludere danni alla salute, è stata raccomandata dalla comunità scientifica l'adozione del principio della "prudent avoidance" che consiste nel limitare in via cautelativa l'esposizione degli individui ai campi magnetici a 50 Hz di livello superiore a $0,2 \mu\text{T}$. Tale valore è quello di riferimento utilizzato generalmente negli studi epidemiologici per identificare le categorie degli "esposti" e "non esposti". Il principio di cautela è stato assunto dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico n. 36 del 2001.

Per limitare l'esposizione degli individui nelle aree esterne è necessario mantenere tra esse ed eventuali linee elettriche una distanza di sicurezza e adottare soluzioni tecnologiche che limitino l'intensità dei campi generati dai conduttori.

Nel primo caso si tratta di progettare i tracciati le linee elettriche ad alta, media e bassa tensione in modo che siano generati campi elettrici e magnetici di intensità

inferiore a $0,2 \mu\text{T}$ nelle aree in cui possono essere presenti individui per un significativo periodo di tempo.

Nel secondo caso si tratta di utilizzare sistemi per la distribuzione dell'energia elettrica a bassa produzione di campo, come i conduttori interramenti con disposizione a trifoglio o dei conduttori o le linee aeree compatte. Tali soluzioni permettono infatti di avvicinare notevolmente i conduttori con la conseguenza di emettere in ambiente campi magnetici di minore intensità rispetto a quelli generati da una linea elettrica tradizionale.

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

L'esposizione nelle aree esterne ai campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde nella gamma da 100 kHz a 300 GHz è connessa con la vicinanza di impianti per le teleradiocomunicazioni, come le stazioni radio base per la telefonia cellulare o le antenne per i servizi televisivo e radiofonico.

Gli effetti biologici finora accertati dannosi per la salute sono a breve termine e di natura termica, essendo generati da un eccessivo accumulo di calore in alcuni organi. Tale tipo di esposizione generalmente interessa solo alcune specifiche categorie professionali. Si ritiene invece possibile, anche se non vi è attualmente alcuna prova certa, che possano verificarsi per esposizioni continuative a bassi livelli di campo elettromagnetico effetti biologici di natura non termica pericolosi per la salute, che interessano principalmente il sistema nervoso.

Nei luoghi in cui saranno presenti aree esterne che saranno caratterizzate da una presenza significativa di individui, è necessario valutare i livelli di campo elettromagnetico che possono essere presenti, sommando i contributi di antenne già esistenti con quelli calcolati di future installazioni.

Queste ultime devono comunque avvenire in modo da generare in ambiente i più bassi livelli di campo possibili.

Nel caso siano superati i livelli di sicurezza riportati nelle normative di riferimento sarà opportuno intervenire sulle antenne emittenti per limitarne la potenza emessa e prevedere la collocazione dei nuovi impianti in altro luogo.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Minimizzare negli spazi esterni il livello dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50Hz), generati da sorgenti localizzate sia all'interno sia al di fuori del sito, al fine di ridurre il più possibile l'esposizione degli individui.		Adozione di tutte le precauzioni necessarie per ottenere il più basso livello di inquinamento elettromagnetico a bassa frequenza possibile negli spazi esterni del sito di progetto in cui può essere trascorso un significativo periodo di tempo.	Limiti di esposizione (50 Hz): <ul style="list-style-type: none"> • induzione magnetica: 0,2 μT; • campo elettrico: 5 kV/m. Nel valutare il soddisfacimento dei limiti di esposizione negli spazi esterni, si dovranno considerare i contributi delle sorgenti localizzate sia all'interno sia al di fuori del sito.	Distanza di sicurezza dalle sorgenti di campo elettrico e magnetico a 50 Hz. Impiego di sistemi e apparati elettrici a bassa produzione di campo.	QAE-Emf-12
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Livello di campo elettrico e magnetico a 50Hz. Considerare i contributi dei nuovi impianti previsti da progetto.	Planimetrie con indicate la localizzazione delle linee di distribuzione dell'energia elettrica (alta, media e bassa tensione) e delle cabine di trasformazione primarie e secondarie rispetto agli spazi esterni. Dati tecnici sulle linee di distribuzione dell'energia elettrica.	Uso di modelli previsionali per stimare il livello dei campi elettrico e magnetico a 50Hz presente negli spazi esterni.	In campo e in laboratorio: stima tramite misura e uso di modelli previsionali del livello di campo elettrico e magnetico a 50 Hz presente negli spazi esterni.	INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO Campi elettrici e magnetici a bassa frequenza
COS	Livello di campo elettrico e magnetico a 50Hz.			In campo: misura del livello di campo elettrico e magnetico a 50 Hz presente negli spazi esterni.	
ESE	Livello di campo elettrico e magnetico a 50Hz.			In campo: misura del livello di campo elettrico e magnetico a 50 Hz presente negli spazi esterni.	
Riferimenti normativi essenziali Legge 22 febbraio 2001 n. 36, DPCM 23 aprile 1992.					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-EMF-63.					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAE-Emf-12

Le strategie progettuali che si possono adottare per minimizzare l'esposizione degli individui ai campi elettrici e magnetici a 50 Hz sono, principalmente, le seguenti:

- evitare la localizzazione di stazioni e cabine primarie in aree adiacenti o all'interno al sito di progetto;
- mantenere una fascia di sicurezza dagli elettrodotti realizzati con conduttori nudi in modo da ottenere esposizioni trascurabili (inferiori a 0,2 μ T) ai campi magnetici a bassa frequenza in luoghi di permanenza prolungata. Indicativamente:
 - 70 m da una linea a 150 kV;
 - 100 m da una linea a 220 kV;
 - 150m da una linea a 380 kV.
- impiego di linee elettriche ad alta e media tensione in cavo interrato con geometria dei cavi a "trifoglio"; il tracciato della linea deve essere debitamente segnalato e non adiacente agli spazi esterni in cui si prevede la significativa presenza di individui;
- impiego di linee aeree compatte per la distribuzione ad alta tensione;
- impiego di linee in cavo aereo per la distribuzione a media tensione;
- evitare la collocazione dalle cabine secondarie (MT/BT) in spazi esterni in cui è prevedibile la presenza di individui per un significativo periodo di tempo;
- nella scelta della collocazione degli edifici, verificare preventivamente tramite misurazione e simulazione il livello dei campi elettrici e magnetici a 50 Hz che saranno presenti.

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO
Campi elettrici e magnetici a bassa frequenza

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Atti del convegno scientifico "*Biological Effects of Static and ELF Electric and Magnetic Fields*", Bologna, ICNIRP, 1997
AA.VV., Atti del convegno scientifico "*Third International Non-Ionising Radiation Workshop*", Baden, Austria, ICNIRP, 1996
AA.VV., *Campi elettromagnetici*, ENEL, 1995
AA.VV., *Rischi sanitari dovuti all'inquinamento da radiazioni non ionizzanti e possibili misure di prevenzione per la popolazione*, Comune di Bologna, Bologna, 1996
Bevitori, P., a cura di, *Inquinamento Elettromagnetico*, Maggioli Editore, Rimini, 1998
Comba, P., Gendolfo, M., Lagorio, S., Polichetti, A., Vecchia, P., *Rischio cancerogeno associato a campi magnetici a 50/60 Hz*, Istituto Superiore di Sanità, Roma, 1995
Moro, A., *Il progetto di architettura e l'ambiente elettromagnetico*, FAAR, Milano, 1997

Riferimenti normativi

Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), ICNIRP 1998
 CENELEC ENV 60166-1 "human Exposure to Electromagnetic Fields – Low Frequency (0-10 kHz), 1995
 Norme tecniche procedurali di attuazione del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 relativamente agli elettrodotti (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 settembre 1995).
 Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne (D.M. Lavori Pubblici 16 gennaio 1991)
 Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana, Norma Cei 211-6
 Risoluzione del Parlamento Europeo sulla lotta contro gli inconvenienti provocati dalle radiazioni non ionizzanti del 5 maggio 1995 (Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee n. C 205/439).
 Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Minimizzare negli spazi esterni il livello dei campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde (100 kHz - 300 GHz), generati da sorgenti localizzate sia all'interno sia al di fuori del sito, al fine di ridurre il più possibile l'esposizione degli individui.		Adozione di tutte le precauzioni necessarie per ottenere il più basso livello di inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza possibile negli spazi esterni del sito di progetto in cui può essere trascorso un significativo periodo di tempo.	Limite di esposizione (100 kHz - 300GHz): <ul style="list-style-type: none"> • intensità campo elettrico: 6 V/m; • intensità campo magnetico: 0,016A/m; • densità di potenza dell'onda piana equivalente: 0,10 W/m² (3 MHz<f<300 GHz). Nel valutare il soddisfacimento dei limiti di esposizione negli spazi esterni, si dovranno considerare i contributi delle sorgenti localizzate sia all'interno sia al di fuori del sito.	Distanza di sicurezza dalle sorgenti di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde (100 kHz-300GHz). Impiego di impianti per le teleradiocomunicazioni a bassa produzione di campo.	QAE-Emf-13
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Livello di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde (100 kHz – 300 GHz). Considerare i contributi dei nuovi impianti previsti da progetto	Planimetrie con indicate la localizzazione degli impianti per le teleradiocomunicazioni rispetto agli spazi esterni. Dati tecnici sulle antenne emittenti.	Uso di modelli previsionali per stimare il livello dei campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde (100 kHz – 300 GHz) presente negli spazi esterni.	In campo e in laboratorio: stima tramite misura e uso di modelli previsionali del livello di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde (100 kHz – 300 GHz) presente negli spazi esterni.	INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO Campi elettromagnetici ad alta frequenza
COS	Livello di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde (100 kHz – 300 GHz).			In campo: misura tramite apposita strumentazione del livello di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde (100 kHz – 300 GHz) presente negli spazi esterni.	
ESE	Livello di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde (100 kHz – 300 GHz).			In campo: misura tramite apposita strumentazione del livello di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde (100 kHz – 300 GHz) presente negli spazi esterni.	
Riferimenti normativi essenziali Legge 22 febbraio 2001 n. 36, Decreto 10 settembre 1998 n.381.					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-Emf-64					R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

Le strategie progettuali che si possono adottare per minimizzare l'esposizione degli individui ai campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde (100 kHz- 300 GHz) negli spazi esterni sono, principalmente le seguenti:

- nella scelta della collocazione degli spazi esterni in cui può essere trascorso 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.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Atti del convegno "Dalle antenne alle onde", Genova, 1995.
AA.VV., Atti del convegno "Non-Thermal Effects of RF Electromagnetic Fields", Monaco, Germania, ICNIRP, 1996.
AA.VV., *Inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza* Maggioli Editore, Rimini, 2000.
Grandolfo, M., Mariutti, G.F., Polichetti, A., Vecchia, P., *Esposizione delle popolazione ai campi elettromagnetici generati da antenne radio base per la telefonia cellulare*, Notiziario dell'Istituto Superiore di Sanità, Vol. 9 n. 11, 1996.
Leveratto, G.C., *Antenne sicure*, Hoepli, Milano, 1997.
Moro, A., *Il progetto di architettura e l'ambiente elettromagnetico*, FAAR, Milano, 1997.

Riferimenti normativi

Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), ICNIRP 1998.
Risoluzione del Parlamento Europeo sulla lotta contro gli inconvenienti provocati dalle radiazioni non ionizzanti del 5 maggio 1995 (Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee n. C 205/439).
Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.

codice
QAE-Emf-13

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO
Campi elettromagnetici ad alta frequenza

applicare a:
R-U-S

ASPETTI DI PERCEZIONE E COMUNICAZIONE

CLASSE DI ESIGENZE

La sensazione di comfort in un ambiente è determinata dalla simultanea azione di parametri fisici e di fattori legati alle sensazioni dell'utente – entrambi condizioni che influiscono sulla valutazione del contesto – attraverso processi percettivi. Risulta quindi fondamentale valutare sia la definizione fisica dell'ambiente, in cui intervengono parametri fisici specifici (ambiente termoigrometrico, luminoso, acustico e atmosferico), misurabili (°C, decibel, ...), e parametri caratteristici della geometria dello spazio (dimensioni, forma, ...), sia gli aspetti legati al processo di percezione umana dell'ambiente stesso, fenomeno complesso in cui interagiscono l'organismo umano, attraverso le impressioni sensoriali, e le caratteristiche dell'intorno.

Al fine di realizzare, negli edifici, spazi esterni tali che gli effetti multisensoriali sui potenziali utenti siano piacevoli, è necessario che il processo progettuale preveda le seguenti fasi:

- descrizione delle caratteristiche morfologiche degli spazi esterni nell'intervento proposto, attraverso il rilievo di forme, proporzioni, caratteristiche superficiali e cromatiche dei materiali adottati;
- simulazione degli effetti visuali e percettivi dell'intervento proposto, valutando anche le possibili alternative progettuali, mediante fotografie dell'esistente, nonché disegni e immagini virtuali delle ipotesi di progetto.
- valutazione complessiva del progetto delle sistemazioni esterne, con indicazioni relative al comfort visivo e percettivo prevedibile, nei diversi periodi dell'anno e per le diverse destinazioni d'uso.

I parametri di tipo qualitativo che devono essere considerati, al fine di valutare il benessere legato alla percezione multisensoriale, sono, principalmente, i seguenti, suddivisi per classi, correlate al tipo di sistema sensoriale considerato ed alle classi di elementi fisici:

Percezione legata ai materiali superficiali (artificiali e naturali)

- colore e intensità cromatica;
- dinamica dei contrasti;
- tessitura e sensazione tattile;
- odore emesso ed assorbito;
- assorbimento e riverbero sonoro.

Percezione legata alle forme

- geometria di distribuzione (come è percepita e interpretata) e caratterizzazione delle ombre;
- carattere morfologico dell'ambiente (aperto, chiuso, semplice, articolato);
- interazioni psicologico-ambientali (supporto, fuga, sospensione, aggancio);
- interazioni simbolico-culturali (categorie del mitico, del fiabesco, del meraviglioso, del magnifico ¹⁷)

¹⁷ Si veda: Hervé, B., *Glossaire de la perception de l'espace*, Associazione Sens Espace Europe, Cantercel, La Vacquerie, France, 1998.

Percezione propriocettiva ¹⁸

- necessità d'orientamento spaziale, rispetto ad elementi naturali e artificiali (localizzazione dei percorsi, delle uscite);
- necessità di variazione temporale (mutare delle stagioni);
- necessità d'input visivi interessanti e variabili;
- necessità di definizione del territorio.

Percezione legata alle interazioni tra specie

- utilizzo di essenze vegetali e arredi, che richiamino determinate specie di uccelli;
- scelta di essenze vegetali con particolari caratteristiche – di genere, di colore, olfattive – da utilizzarsi per caratterizzare determinati spazi esterni (giardino dei sensi, giardino della meditazione,...);
- spazi esterni per animali domestici.

Forme, colori, materiali, suoni, odori, ..., sono tutti 'elementi' dello spazio esterno che devono essere valutati e calibrati, per una corretta progettazione 'multisensoriale', in cui tutta una serie di percezioni e di indizi (visivi, acustici, olfattivi, tattili, psicologici, simbolici e culturali) concorrono a creare uno spazio esterno inteso come 'luogo da vivere ed abitare' ¹⁹.

¹⁸ Si veda: Fitch, L., *Progettazione Ambientale*, trad. a cura di S. Los, Muzzio, Padova, 1988.

¹⁹ Berque, A., *La qualité de la ville. Urbanité française, urbanité nippone*, Vol. I, Maison franco-japonaise, Tokio, 1987.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Garantire che gli spazi esterni abbiano condizioni di benessere percettivo accettabili, in ogni periodo dell'anno.		<p>Lo spazio esterno deve essere concepito e costruito in modo tale da garantire alla generalità degli utenti, in funzione degli usi previsti e prevedibili a cui è destinato, condizioni ottimali di benessere percettivo.</p> <p>In particolare è richiesto che attraverso il controllo della localizzazione, della forma, dei materiali, del colore, dei profumi, dei suoni venga garantito un livello ottimale di comfort percettivo multisensoriale.</p>		Definizione di caratteristiche localizzative, morfologiche, cromatiche, materiche, auditive, olfattive e propriocettive, idonee a determinare condizioni di benessere multisensoriale.	QAE-PC-14
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Dimensionamento e caratterizzazione degli spazi esterni in relazione agli effetti percettivi.	Planimetria dettagliata indicante la sistemazione di edifici e spazi esterni, con identificazione di forme, proporzioni e caratteristiche superficiali dei materiali.	Simulazione degli effetti visivi-percettivi dell'intervento proposto (tramite fotografia o applicativo grafico di rendering 3-D).		ASPETTI DI PERCEZIONE E COMUNICAZIONE Percezione multisensoriale
COS					
ESE	Caratterizzazione degli spazi esterni in relazione agli effetti percettivi.			In campo: Rilievo ambientale video-fotografico.	
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
Requisiti: QAE-Tf-6, QAE-Tf-7, QAE-lac-8, QAE-lar-10, QAE-lar-11, InC-lp-15, InC-lp-16					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAE-PC-14

Gli spazi esterni fruibili, e la loro interazione con l'intorno, devono essere progettati in modo da garantire ottimali condizioni di comfort percettivo attraverso lo studio di parametri di tipo qualitativo, coinvolgenti l'intera gamma di ricettori sensoriali, diversi da quelli prettamente fisici (termici, acustici) già trattati in altre schede: oltre ai cinque sensi, il sistema propriocettivo, responsabile dell'equilibrio e della corretta interazione tra spazio e movimento. Per quanto tale ambito sia prettamente legato a variabili di tipo soggettivo, è, tuttavia, possibile individuare alcune invarianti, comuni alla maggior parte degli utenti del mondo, e di quello occidentale, in particolare. In tale ottica, e in estrema sintesi, le principali strategie progettuali attuabili al fine di ottimizzare la percezione complessiva integrata di un luogo o di uno spazio, si possono riassumere come segue.

Carattere morfologico dell'ambiente

Le forme dell'intorno visivo, rispetto agli spazi di percorso e d'uso, devono essere tali da consentire l'identificazione degli spazi stessi con le caratteristiche d'utilizzo (ad esempio, protezione, tramite forme raccolte, convesse, per usi che richiedono privacy e relax; apertura, tramite forme ampie, concave, per usi più socializzanti e dinamici).

Caratteristiche superficiali e cromatiche dei materiali

La natura e il colore dei materiali sono determinanti nel suscitare sensazioni nell'utente: un materiale metallico, ad alta riflettanza, produrrà sensazioni di eccitamento e, talvolta, di disorientamento, mentre materiali naturali, dai colori tenui (pastello), inducono sensazioni di rilassamento e benessere;

Generalmente, i colori corrispondenti a lunghezze d'onda più corte (verso lo spettro del violetto) tendono a suscitare sensazioni di calma, mentre quelli ad onde più lunghe (verso lo spettro del rosso) inducono dinamismo.

Orientamento spazio-temporale

La localizzazione e l'organizzazione dei percorsi deve essere tale da consentire all'utente di identificare, in modo chiaro, l'ingresso, i punti di passaggio (soglie) tra un microambiente ed un altro, i luoghi di sosta e di attività, e l'uscita;

La scelta e localizzazione di essenze vegetali ed elementi artificiali deve essere tale da stimolare la percezione della variazione temporale dello spazio, attraverso il mutare delle stagioni.

Stimolazione sensoriale

Forme, colori, materiali devono tendere, comunque, negli spazi esterni, a garantire una stimolazione sensoriale attraverso la variabilità degli input percettivi (a differenza degli spazi confinati, che possono avere connotazioni più "stabili", in quanto, generalmente, più specializzati e permanenti per condizione d'uso e di stato); tali stimoli possono avvenire attraverso:

- alternanza di colori "freddi" e colori "caldi";
- alternanza di forme convesse e forme concave;
- alternanza di visuali "introverse", focalizzate allo spazio d'attività, e visuali "estroverse", rivolte ad ampi spazi aperti e fughe all'orizzonte;
- alternanza di "alto" e "basso", tra spazi raccolti e spazi di dominazione visiva;
- stimolazione per variazioni progressive, di forma (visive, come nel caso di pareti in curva, rispetto a pareti complanari), di suoni (sorgenti e barriere) e di profumi (giardini dei sensi).

Riferimenti bibliografici

Berque, A., Nys, P., a cura di, *Logique du lieu et oeuvre humaine*, OUSIA, Bruxelles, 1997.
Gallagher, W., *The power of place*, Poseidon Press, New York, 1993.
Missiroli, M., *Fenomenologia della percezione visiva*, Il Mulino, Bologna, 1998.
Seamon, D., Mugerauer, R., a cura di, *Dwelling, Place & Environment*, Columbia University Press Morningside Edition, New York, 1989.
Serra, R., Coch, H., *L'energia nel progetto di architettura*, Città Studi Edizioni, Milano 1997

Riferimenti normativi

Risoluzione del Parlamento Europeo sul Paesaggio

ASPETTI DI PERCEZIONE E COMUNICAZIONE
Percezione multisensoriale

applicare a:
R-U-S

CLASSE DI ESIGENZE

INTEGRAZIONE CON IL CONTESTO

CLASSI DI REQUISITI

INTEGRAZIONE PAESAGGISTICA

INTEGRAZIONE DELLA CULTURA MATERIALE

INTEGRAZIONE PAESAGGISTICA

CLASSE DI ESIGENZE

Uno degli elementi fondamentali per la conoscenza del territorio è lo studio della vegetazione, che rappresenta un supporto fondamentale per le scelte di intervento da effettuare su un determinato sito.

All'interno dell'obiettivo generale di tutela dell'ambiente – attuato attraverso la conservazione, la valorizzazione e l'incremento delle specie vegetali autoctone – si inserisce l'obiettivo specifico di salvaguardia degli alberi monumentali, che rappresentano veri e propri 'monumenti' del paesaggio naturale. Il Corpo Forestale dello Stato ha, infatti, censito singoli soggetti arborei, che costituiscono un patrimonio di inestimabile valore dal punto di vista paesaggistico-naturale e storico-culturale. Essi sono parte integrante del territorio regionale (alcuni esemplari si trovano nell'area urbana torinese e in alcune aree montane) e la Regione Piemonte (LR 50/1995) ne promuove la tutela e valorizzazione.

Oltre alla salvaguardia degli alberi monumentali, risulta importante un approccio progettuale mirato, comunque, al rispetto totale delle essenze vegetali autoctone presenti nell'area oggetto di intervento, che rappresentano tracce consolidate dello sviluppo specifico di una porzione di territorio.

Nel caso di nuovi impianti, è fondamentale, inoltre, analizzare la specificità del contesto (urbano o montano) in cui si interviene: la scelta delle essenze vegetali e, in particolare, di quelle arboree, deve essere orientata verso specie autoctone, che dimostrino un buon adattamento all'ambiente in cui si inseriscono.

Sotto il profilo metodologico e operativo si dovrà procedere attraverso le seguenti fasi:

- schedatura e mappatura delle essenze vegetali caratteristiche del territorio, mettendo in evidenza specie di particolare pregio.
- valutazione complessiva, che deve fornire indicazioni sul mantenimento delle essenze presenti nell'area oggetto di intervento e suggerire le specie da adottare per i nuovi impianti.
- analisi dettagliata delle caratteristiche specifiche delle essenze prescelte, che si devono adattare, oltre all'ambiente 'naturale' e al contesto paesaggistico, anche alle caratteristiche fisiche e architettoniche dello spazio esterno in cui si inseriscono.

La scelta delle essenze e della loro localizzazione dovrà quindi, nel rispetto dei requisiti definiti, seguire anche specifici criteri progettuali, derivanti dalle caratteristiche dell'intervento.

In particolare, la scelta della specie deve tenere conto della resistenza agli agenti inquinanti, in ambiente urbano; inoltre è importante valutare quanto alcune specie possano essere incompatibili con determinate funzioni previste per lo spazio esterno specifico. L'inserimento di essenze vegetali all'interno di aree a parcheggio, ad esempio, dovrà valutare gli aspetti legati all'eventuale produzione di sostanze viscosi, oppure alla possibilità che determinati alberi lascino cadere frutti o bacche, arrecando danni; deve essere valutato anche il grado di resistenza ai venti, per evitare che i rami possano spezzarsi, così come il portamento e le caratteristiche della chioma sono fattori determinanti per valutare le potenzialità di ombreggiamento. Altre caratteristiche importanti riguardano gli aspetti cromatici, le stratificazioni, le masse che devono essere considerate anche nei ritmi giornalieri e stagionali. La

manutenzione del verde, attraverso potatura, e i trattamenti fitosanitari per combattere epidemie e infestazioni, sono altri aspetti fondamentali da considerare. La salvaguardia del sistema del verde è, dunque, un obiettivo importante da conseguire, in quanto coinvolge indirettamente anche altre classi di requisiti (benessere termoisometrico, percettivo,...) e determina e qualifica molti aspetti legati alla progettazione degli spazi esterni.

Il progetto di un edificio deve confrontarsi con il 'contesto' (urbano/montano) in cui si inserisce e stabilire con esso molteplici relazioni, al fine di evidenziare la riconoscibilità dei caratteri ambientali del luogo stesso. Ciò si svolge, in primo luogo, con la conoscenza approfondita del paesaggio (secondo analisi oggettive e soggettive), delle sue dinamiche e della sua struttura ambientale, storico-culturale, e urbanistico –territoriale. Tale conoscenza è finalizzata alla valutazione delle effettive 'potenzialità' e possibilità di trasformazione o modificazione, per garantire l'armonizzazione dell'intervento con le caratteristiche del contesto.²⁰

L'analisi deve essere effettuata sulla base delle caratteristiche del progetto d'intervento, per quanto riguarda le configurazioni plani-volumetriche nel suo complesso (sistema di edifici e di spazi aperti).

Essa deve riguardare, inoltre, i caratteri dimensionali, formali, distributivi dell'intervento, gli aspetti visivi e percettivi, le scelte cromatico-materiche, che devono risultare coerenti con il paesaggio e l'ambiente circostante.

Sotto il profilo metodologico e operativo si dovrà procedere attraverso le seguenti fasi:

- definizione e descrizione dell'ambito del progetto, attraverso il rilievo dei caratteri tipologico-morfologici del territorio e dei caratteri percettivi del paesaggio (l'approfondimento dell'analisi deve essere commisurata alla dimensione e all'importanza dell'intervento e alle caratteristiche del sito in cui si inserisce);
- simulazione degli effetti dell'intervento proposto nel paesaggio (impatti visuali, percettivi), valutando anche le possibili alternative progettuali o di localizzazione, mediante disegni, immagini virtuali, sulla base delle caratteristiche definite dal progetto;
- valutazione complessiva, che deve fornire indicazioni sulla compatibilità (percettiva-visiva) dell'intervento, in relazione alle caratteristiche del contesto (presenza, nel progetto, di caratteristiche tipologiche, morfologiche del contesto e mantenimento dei caratteri paesaggistico-naturali in cui si inserisce l'intervento).

Le strategie proposte, da una parte sono mirate a determinare un buon adattamento dell'intervento all'ambiente urbano/montano in cui si inseriscono, dall'altra suggeriscono di applicare misure correttive di minimizzazione e compensazione per il contenimento dell'impatto ambientale nel suo complesso, in particolare nei siti montani.

²⁰ Buffa, C., Mondino, L. (a cura di), *Architettura e paesaggio nei centri minori*, Celid, Torino 1998.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice INC-1p-15
Tutela dell'ambiente attraverso la conservazione, la valorizzazione e l'incremento delle specie vegetali autoctone.		E' richiesto: <ul style="list-style-type: none"> il rispetto totale delle essenze vegetali autoctone – in particolare, arboree – presenti nell'area oggetto di intervento, salvo individui manifestamente malati o deperenti; l'inserimento di essenze arboree autoctone, nel caso di nuovi impianti 		Individuazione di essenze vegetali compatibili con il contesto ambientale naturalistico e paesaggistico in cui si inserisce l'intervento progettuale	INTEGRAZIONE PAESAGGISTICA Salvaguardia del sistema del verde
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Mantenimento o inserimento di essenze vegetali, in particolare arboree, autoctone.	Mappa delle essenze arboree – ed, eventualmente, di quelle non arboree di particolare pregio – presenti sul sito e nell'intorno, con identificazione di posizione, specie, dimensioni e condizioni di salute. Mappa delle essenze vegetali scelte per il progetto, con indicazione – per quelle arboree – della specie, dell'età e dimensioni d'impianto, e previsioni di crescita.		In campo: rilievo fotografico delle essenze vegetali di pregio presenti nel sito e nell'intorno, prima dell'intervento.	
COS	Mantenimento o inserimento di essenze vegetali, in particolare arboree, autoctone.			In campo: rilievo fotografico delle essenze vegetali arboree – ed, eventualmente, non arboree di pregio – impiantate.	
ESE	Gestione delle essenze vegetali, in particolare arboree, impiantate.			In campo: rilievo fotografico e analisi fitologica delle essenze vegetali arboree – ed, eventualmente, non arboree di pregio – ad alcuni anni dalla piantumazione.	
Riferimenti normativi essenziali Censimento Nazionale degli alberi monumentali, LR 0050 –03/04/95 Piemonte					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

In generale, il progetto dovrà essere caratterizzato – oltreché dal mantenimento delle essenze vegetali protette o di particolare interesse naturalistico e paesaggistico – da interventi di piantumazione, in cui sia previsto l'uso di essenze vegetali, arboree e non, che dimostrino un buon adattamento all'ambiente in cui il sito di edificazione è inserito e che siano preferibilmente caratteristiche del luogo.

In ambiente *urbano*, si porrà particolare attenzione alle essenze arboree, scegliendo quelle già utilizzati nei parchi e nei viali cittadini, tenendo conto dell'eventuale diffusione progressiva di patologie e parassitosi, caratterizzanti alcune specie.

In ambiente *montano*, oltre alle essenze arboree, la salvaguardia dovrà riguardare anche le assenze non arboree di particolare pregio, o a rischio d'estinzione, anche prevedendo nuove piantumazioni delle stesse a livello progettuale.

La scelta delle essenze arboree, della loro età e dimensione all'atto della piantumazione, e la loro localizzazione dovrà – nel rispetto dei requisiti sopra evidenziati e, in particolare, nei siti urbani – considerare i requisiti correlati di benessere termoisolometrico e percettivo, illustrati nelle relative schede.

Scelte progettuali corrette, rispetto ai requisiti sopra esposti, possono essere inficiate da una crescita patologica delle essenze piantumate. Per questo è di particolare importanza la definizione, già in fase progettuale, di procedure di manutenzione periodica del verde.

Riferimenti bibliografici

Alessandro, S., Barbera, G., Silvestrini, G., *Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione ed ambiente costruito*, Quaderno 13, CNR IEREN, Palermo, 1987.
Blasi, C., et Al., *Ecosistema urbano e tecnologico*, in **Pignatti S.**, a cura di, *Ecologia vegetale*, UTET, Torino.
Chiusoli, A., *Elementi di paesaggistica*, Clueb, Bologna 1985.

Riferimenti normativi

Censimento Nazionale degli alberi monumentali,
LR 0050 – 03/04/95: *Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali, di alto pregio naturalistico e storico.*

codice
INC-IP-15

INTEGRAZIONE PAESAGGISTICA
Salvaguardia del sistema del verde

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice INC-Ip-16
Garantire l'armonizzazione dell'intervento con le caratteristiche dell'ambiente (costruito/naturale) in cui si inserisce.		E' richiesto: <ul style="list-style-type: none"> la riconoscibilità dei caratteri morfologico strutturali del contesto; la riconoscibilità della qualità percettiva dell'ambiente (costruito-naturale). 		Configurazioni piani-volumetriche e scelte cromatico-materiche, coerenti con le caratteristiche del luogo.	INTEGRAZIONE PAESAGGISTICA Riconoscibilità dei caratteri ambientali del luogo
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza di caratteristiche tipologiche-morfologiche del contesto e mantenimento dei caratteri paesaggistico-naturali in cui si inserisce l'intervento.	Rilievo dei caratteri tipologico-morfologici del territorio ed analisi dei caratteri percettivi del paesaggio, prima e dopo l'intervento ipotizzato.	Simulazione degli effetti dell'intervento proposto (impatti visuali, effetti percettivi) nel contesto, attraverso immagini grafiche o virtuali.		
COS	Presenza di caratteristiche tipologiche-morfologiche del contesto e mantenimento dei caratteri paesaggistico-naturali in cui si inserisce l'intervento.			In campo: rilievo fotografico delle costruzioni e del loro impatto paesaggistico.	
ESE	Permanenza dei caratteri tipologico-morfologici e paesaggistici del contesto.			In campo: rilievo fotografico delle costruzioni e del loro impatto paesaggistico, ad alcuni anni dall'intervento.	
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati QAE-Pc-14, INC-Ip-15, INC-Ic-16					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

Le caratteristiche morfologiche-costruttive e cromatico-materiche dell'intervento nel suo complesso (edifici e sistema di spazi aperti) devono dimostrare un buon adattamento all'ambiente urbano/montano in cui si inseriscono, attraverso l'adozione di:

- configurazioni coerenti con le caratteristiche del luogo;
- soluzioni che facilitino l'orientamento, rispetto alle coordinate geografiche ed orografiche, e la leggibilità delle caratteristiche geomorfologiche del luogo;
- caratteri architettonici compatibili e coerenti con le regole "compositive" proprie del contesto;
- caratteristiche spaziali planovolumetriche coerenti con la tipologia degli edifici tradizionali circostanti e con le forme del paesaggio naturale;
- misure – in particolare, nei siti montani – per l'eliminazione dei possibili effetti negativi dell'inserimento di nuove costruzioni in contesti naturalistici, tramite la minimizzazione dell'impatto visivo-percettivo.

Riferimenti bibliografici

Berque, A., Nys, P., a cura di, *Logique du lieu et oeuvre humaine*, OUSIA, Bruxelles, 1997.
Gallagher, W., *The power of place*, Poseidon Press, New York, 1993.
Seamon, D., Mugerauer, R., a cura di, *Dwelling, Place & Environment*, Columbia University Press Morningside Edition, New York, 1989.

Riferimenti normativi

codice
INC-1p-16

INTEGRAZIONE PAESAGGISTICA
Riconoscibilità dei caratteri ambientali del luogo

applicare a:
R-U-S

Integrazione della cultura materiale

CLASSE DI ESIGENZE

L'architettura tradizionale ²¹ di un luogo rappresenta, insieme all'ambiente naturale in cui è inserita, parte integrante essenziale del "sistema" paesaggistico che caratterizza il luogo stesso. La valorizzazione di tale sistema, che rappresenta un obiettivo importante non solo per l'aspetto visivo, ma anche per quello ambientale in senso proprio, si realizza secondo i seguenti approcci alternativi:

- salvaguardia degli aspetti morfologici e strutturali che lo connotano, nel caso in cui essi siano stati preservati nel tempo;
- ripristino di un equilibrio formale e strutturale, attraverso demolizioni, ricostruzioni e nuovi interventi, nel caso in cui il luogo abbia subito, nel tempo, modificazioni che ne hanno alterato la riconoscibilità in senso paesaggistico;
- rivalorizzazione ambientale di luoghi degradati e architettonicamente indifferenziati, attraverso interventi di elevata valenza espressiva e tecnologica, contrapposti al contesto e capaci di fungere da polo d'attrazione (effetto *Guggenheim* a Bilbao).

In tale ottica, l'approccio si differenzia in relazione alla zona d'intervento ed, in particolare tra ambiente montano ed ambiente urbano.

In *ambiente montano*, risulta relativamente agevole individuare i caratteri architettonici degli edifici tradizionali ²², se si escludono gli interventi puramente speculativi degli anni '60 e '70. In tale contesto, i nuovi interventi costruttivi, dovrebbero connotarsi non tanto per un'imitazione pedissequa della tipologia alpina occidentale (tetti a doppia falda in lose di pietra o scandole in legno, pareti perimetrali in pietra, fienili e loggiati in assito di legno), quanto per un'interpretazione innovativa della stessa. Ciò può realizzarsi tramite l'utilizzo dei medesimi materiali e stili costruttivi, secondo una concezione degli spazi e tecnologica affatto nuova, conforme alle esigenze poste dalla committenza ed anche agli obiettivi strategici di salvaguardia ambientale.

In particolare, si fa riferimento all'integrazione nell'edificio di sistemi d'involucro e impiantistici basati sul risparmio energetico e sulle fonti energetiche rinnovabili (sole, vento, biomassa), nonché all'impiego di elementi tecnici concepiti per la massima riciclabilità e costituiti da materiali in prevalenza riciclati. Dal punto di vista morfologico, invece, l'ispirazione alla tipologia tradizionale del "borgo alpino" può portare a forme costruttive aggregate, che determinano una efficienza energetica più elevata (in virtù del minore rapporto tra superficie d'involucro e volume) ed un consumo di materia minore, rispetto ad un'organizzazione del villaggio per corpi edilizi separati.

Per quanto attiene *l'ambiente urbano*, l'esigenza di recuperare la tradizione costruttiva locale si confronta con una problematica più complessa, differenziata in relazione alle specificità del sito prescelto per la realizzazione dell'edificio

²¹ Si intende, qui, per "tradizionale", quell'insieme di connotati – stilistici, tecnologici e compositivi – che caratterizzano, in modo prevalente, gli edifici di un luogo, rappresentativi dell'evoluzione storica che lo caratterizza; secondo tale accezione diacronica, il tradizionale non si identifica, quindi, con un'epoca storica, né con un particolare stile architettonico.

²² Si veda: Berton, R., *Les constantes de l'architecture valdôtaine*, prefazione di Carlo Mollino, Sigla-Effe, Genova, 1965; e Massimo, L., *Architettura tradizionale: tra Piemonte e Provenza*, Coumboscuro Centre Prouvençal, 1999.

. A titolo esemplificativo, si individuano le seguenti possibili situazioni contestuali, che danno origine a diversi approcci d'interazione progettuale.

- Area industriale/commerciale dismessa con edifici di interesse storico-architettonico: la rispondenza all'esigenza d'integrazione della cultura materiale del luogo (e di recupero delle tradizioni costruttive locali) si manifesta con il mantenimento degli elementi d'involucro di tali edifici e con la loro rifunzionalizzazione; anche i nuovi edifici dovranno tenere conto di tale preesistenza.
- Area industriale/commerciale dismessa senza edifici di interesse storico-architettonico: la rispondenza all'esigenza d'integrazione suddetta s'incentra più all'interazione con il tessuto costruito circostante il sito in esame, che non a quella con le preesistenze edilizie del sito stesso, che, probabilmente, verranno demolite; si deve verificare se esistono, nell'area in cui è inserito il sito, caratteri architettonici salienti, tipici di un certa fase del processo d'industrializzazione (ad esempio, i borghi fuori le mura del primo sviluppo industriale torinese).
- Area periferica generica della città o dell'hinterland metropolitano: in tal caso non si può parlare d'integrazione della cultura materiale del luogo, bensì dell'esigenza di contrapporsi all'indifferenziato urbano tipico dello sviluppo edilizio del dopoguerra; tale esigenza può tradursi nell'accentuazione di un linguaggio architettonico fortemente individualizzato e coerente con gli stili e le tecnologie costruttive dell'architettura contemporanea, utilizzate in piena autonomia espressiva.

Quest'ultimo tipo d'interazione progettuale, che, a ben vedere, può essere riferita anche a tessuti edilizi speculativi in ambiente montano, fa riferimento al terzo approccio, tra quelli indicati all'inizio di questa introduzione. L'accento è, qui, spostato dall'integrazione del nuovo inserimento edilizio con il contesto, alla rivalorizzazione del contesto stesso, tramite un'operazione di contrapposizione linguistica della nuova architettura con il tessuto preesistente. La scommessa sulla riuscita di tale approccio si gioca tutta sulla capacità del progettista del nuovo intervento di caratterizzare l'opera in modo inequivocabilmente autonomo, diverso e contemporaneo, in modo tale da farle svolgere un ruolo d'attrazione turistico-culturale, in grado di coinvolgere e valorizzare l'intero contesto ²³.

²³ Effetto verificatosi, ad esempio, a Bilbao con la già menzionata opera di Gehri, per il Museo Guggenheim o a Barcellona, per gli edifici olimpici.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Garantire la salvaguardia delle tradizioni costruttive locali.		E' richiesta: <ul style="list-style-type: none"> la tutela dei caratteri materiali, costruttivi e tecnologici locali, compatibilmente con le altre classi di esigenze, in caso di nuovi interventi; la conservazione delle modalità tradizionali di realizzazione e di impiego dei materiali, negli interventi di recupero. 		Configurazioni tecnico-costruttive e materiali coerenti con le caratteristiche della tradizione locale.	INC-Cm-17
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza/compatibilità/confronto di caratteristiche tecnico costruttive e materiali di progetto con il contesto in cui si inserisce l'intervento.	Rilievo delle caratteristiche tecnico-costruttive e dei materiali propri del contesto; definizione di un repertorio di tecniche e materiali compatibili con il contesto.	Simulazione visiva degli effetti dell'intervento proposto, dal punto di vista tecnologico-costruttivo e uso di materiali, sul contesto.	In campo: documentazione fotografica di elementi e materiali caratterizzanti il luogo in cui si interviene.	INTEGRAZIONE DELLA CULTURA MATERIALE Recupero delle tradizioni costruttive locali
COS	Presenza/compatibilità/confronto di caratteristiche tecnico costruttive e materiali di progetto con il contesto in cui si inserisce l'intervento.			In campo: documentazione fotografica del corretto inserimento dell'intervento nel contesto.	
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati QAE-Pc-14, INC-lp-14, INC-lp-15					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
INC-Cm-17

La tradizione materica, costruttiva e tipologica caratterizzante un preciso contesto (urbano/montano) deve costituire un supporto fondamentale per la definizione delle caratteristiche dell'intervento nel suo complesso (edifici e spazi aperti) attraverso un'opportuna reinterpretazione. Ciò è particolarmente importante in zone, quali quelle montane, in cui l'equilibrio tra architettura e natura è più delicato e dove la presenza di un patrimonio costruttivo, ancorché degradato, fortemente connotato dalle tradizioni locali, ne rende meritevole la valorizzazione.

Particolare attenzione dovrà quindi essere rivolta ai materiali e alle tecniche costruttive, tenendo conto delle diverse situazioni ambientali, tipologie e contesti in cui si interviene, con l'intento di fornire non tanto dei vincoli, ma dei riferimenti e delle indicazioni per le scelte progettuali, senza indulgere in forme di imitazione del "tradizionale" o basarsi, necessariamente, su un approccio di tipo vernacolare.

Le principali strategie progettuali possono essere così sintetizzate:

- adattamento alla morfologia del sito, per quanto riguarda edifici e spazi aperti;
- uso di materiali e di tecniche di lavorazione locali, soprattutto per quanto riguarda soluzioni esterne;
- eventuale ricorrenza di sistemi ed elementi costruttivi (struttura in pietra o mista pietra-legno, manti di copertura in lose di pietra o scandole di legno, arcate e loggiati multipli,...), reinterpretati;
- morfologia costruttiva ad "aggregato", di minore impatto sul terreno, meglio integrabile paesaggisticamente e più efficiente da punto di vista energetico dei trasporti;
- integrazione di sistemi di conversione energetica per la climatizzazione con le risorse e le tradizioni del sito (utilizzo della biomassa da manutenzione forestale, ad esempio, per teleriscaldamento e/o cogenerazione).

INTEGRAZIONE CULTURA MATERIALE
Recupero delle tradizioni costruttive locali

Riferimenti bibliografici

Berton, R., *Les constantes de l'architecture valdôtaine*, prefazione di Carlo Mollino, Sigla-Effe, Genova, 1965.

Massimo, L., *Architettura tradizionale: tra Piemonte e Provenza*, Coumboscuro Centre Prouvençal, 1999.

Riferimenti normativi

applicare a:
R-U-S

CLASSE DI ESIGENZE

CONTENIMENTO DEL CONSUMO DI RISORSE

CLASSI DI REQUISITI

MATERIALI DA COSTRUZIONE

ACQUA POTABILE

RISCALDAMENTO AMBIENTI

VENTILAZIONE MECCANICA

RAFFRESCAMENTO AMBIENTI

PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

MATERIALI DA COSTRUZIONE

CLASSE DI ESIGENZE

La nascita e lo sviluppo di una nuova cultura progettuale, attenta e coerente ai principi dello sviluppo sostenibile, ha posto le condizioni di analizzare e programmare ogni processo che scandisce il ciclo di esistenza di un edificio. (*Life Cycle Approach*). Tale approccio, pur affondando le sue origini in paradigmi progettuali teorizzati sin dagli anni sessanta, stabilisce che il comportamento di un edificio debba essere analizzato in termini di prestazioni energetiche ed effetti ambientali, comprendendo processi fino ad oggi trascurati nell'ambito dell'attività di progettazione edilizia, quali quelli produttivi e di riciclaggio.

Laddove, quindi, l'obiettivo del progetto sia garantire l'eco-efficienza complessiva all'edificio che si intende realizzare, è necessario considerare che miglioramento, per quanto significativo, della qualità dei processi, associati ad una specifica fase del ciclo di vita, costituisce, certamente, un passo in avanti in termini di soddisfacimento dei requisiti di sostenibilità, ma non mette al "riparo" da eventuali condizioni "insostenibili" in altre fasi del ciclo di vita, che devono, pertanto, essere considerate.

Le difficoltà intrinseche derivanti da un orientamento di tipo sistemico alla progettazione, inteso come approccio attraverso il quale si perviene al progetto tenendo in considerazione in forma sinergica e correlata tutti i sistemi - ambientali e funzionali - che interagiscono nella realizzazione di un manufatto edilizio: forma, orientamento, scelta dei materiali e degli impianti, ecc., comportano la necessità di dotare il progettista di nuovi strumenti, molti dei quali, discendenti da una metodologia consolidata e riconosciuta, ormai da parecchi anni, a livello internazionale: la *Life Cycle Assessment (LCA)*.

Pur non volendo descrivere in dettaglio i contenuti metodologici che costituiscono la Life Cycle Assessment, per i quali si rimanda all'Allegato 1 – Sezione C, è opportuno sottolineare che l'applicazione contribuisce alla determinazione, congiuntamente ad altri strumenti, del *bilancio energetico complessivo* di un manufatto edilizio. Bilancio, inteso come computo complessivo di tutti i carichi energetici, includendo quelli impiegati nella produzione, nella messa in opera dei materiali impiegati, nella costruzione e nello smaltimento finale.

Le complessità insite nel condurre un'analisi del ciclo di vita sono molteplici, in considerazione delle competenze tecniche e delle tempistiche necessarie per poter pervenire ad corretta valutazione, ciò nonostante, da alcuni anni, centri ed enti di ricerca hanno messo a punto banche dati e strumenti – *Eco Tools* – in grado di agevolare i progettisti nella selezione di materiali e processi a minore impatto energetico ambientale.

Il progettista ha, quindi, la possibilità di lavorare con strumenti software e non software, estremamente diversificati in relazione alle finalità che si intendono perseguire²⁴, fermo restando che la selezione di uno o più strumenti deve essere opportunamente giustificata e comunque dovrebbe tenere conto delle seguenti caratteristiche:

- fasi del ciclo di vita dell'edificio considerate;

²⁴ Indicazioni sui sistemi di classificazione degli strumenti software e non software parzialmente o totalmente riconducibili ad una Life Cycle Assessment sono riportati in appendice, con il titolo: "Strumenti e Metodi di Valutazione di Impatto Ambientale".

-
- fasi del processo progettuale nel quale possono essere impiegati (metaprogetto, progetto preliminare, definitivo ed esecutivo);
 - tipologia di utenti a cui sono destinati (progettisti, esperti ambientali, ecc.);
 - completezza della banca dati;
 - possibilità di ricondurre i dati elaborati ad un'analisi di inventario (life Cycle Inventory);
 - possibilità di correlare i dati con fattori diversi da quelli energetici (es. Life Cycle Costing e Life Cycle Impact Assessment);

Il progettista dispone, quindi, di una significativa scelta di strumenti in grado di soddisfare i requisiti ambientali di un prodotto edilizio, ciò nonostante è necessario tenere in opportuna considerazione che le analisi e le valutazioni sulla convenienza energetica di un processo, per poter essere condotte con successo, è appropriato che siano delimitate da precisi limiti: funzionali, spaziali e temporali.

Non è infatti pensabile che una Life Cycle Assessment possa essere estesa a tutti i materiali che costituiscono un elemento tecnico e neppure a tutti gli elementi tecnici che costituiscono un manufatto edilizio, poiché questo comporterebbe tempi e costi eccessivi.

In un contesto operativo, come quello progettuale, è necessario che le indicazioni siano riferite ad alcuni aspetti specifici che più di altri possono incidere sul bilancio energetico complessivo di un edificio, contemplando, nell'analisi che dovrà essere condotta, le seguenti classi di elementi tecnici:

- strutture di elevazione verticali, orizzontali ed inclinate;
- pareti perimetrali verticali;
- infissi esterni;
- solai di copertura;
- solai interni.

Infine, è opportuno sottolineare che la convenienza energetica ed ambientale nella scelta di un elemento tecnico è dipendente da fattori non direttamente riconducibili al sistema di produzione, ma ad esso correlabili, come quello dei trasporti, necessari per rendere disponibili presso il sito di costruzione i materiali che saranno utilizzati nella realizzazione dell'edificio. Anche in questo caso l'analisi non è indispensabile che sia condotta su tutti gli elementi tecnici progettati, è sufficiente sia estesa a quelli che, più di altri, possono incidere sui consumi complessivi e comunque riferendoli alle classi precedentemente descritte.

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice CCR-Ene-18
Selezionare processi, elementi tecnici e materiali caratterizzati da un basso consumo energetico.		<p>Gli elementi tecnici devono comportare processi di produzione a limitato carico energetico complessivo²⁵. È necessario tenere conto che:</p> <ul style="list-style-type: none"> • per consumi $0 < \text{MJ/kg} \leq 100$ si intendono processi a basso consumo energetico; • per consumi $100 < \text{MJ/kg} \leq 200$ si intendono processi a ridotto consumo energetico; • per consumi $200 < \text{MJ/kg} \leq 300$ si intendono processi a medio consumo energetico; • per consumi $\text{MJ/kg} > 300$ si intendono processi ad alto consumo energetico. 		<p>Selezione dei materiali costituenti l'elemento tecnico.</p> <p>Quantità di materia che costituisce un prodotto edilizio.</p> <p>Sistemi costruttivi.</p> <p>Tabelle di inventario.</p>	MATERIALI DA COSTRUZIONE Consumi energetici di produzione degli elementi tecnici
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Consumo energetico materiali che costituiscono almeno il 50% in peso dell'unità funzionale assunta per l'elemento tecnico.	Planimetria dettagliata indicante i materiali utilizzati. Computo metrico delle opere in progetto.	Tabelle con indicazione dei materiali che costituiscono l'elemento tecnico e relativo ecobilancio ²⁶ .	Sistemi di Certificazione energetico ambientale dei prodotti edilizi.	
COS	Consumo energetico relativo alla produzione in opera del manufatto edilizio.	Planimetria dettagliata indicante le procedure di posa in opera degli elementi tecnici.			
ESE					
Riferimenti normativi essenziali. Norma ISO 14040					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati. RCA-Ric-36, RCA-Sep-37					
					applicare a: R-U-S

²⁵ Il termine consumo energetico complessivo indica il consumo di energia diretta, indiretta e di feedstock –gross energy– che compete al sistema produttivo comprendendo le fasi di estrazione delle materie prime e di produzione dei materiali di prima lavorazione.

²⁶ In commercio sono disponibili anche date informatizzate in grado di determinare il consumo energetico di prodotti e processi, in particolare, l'Agenzia Nazionale Protezione Ambiente ha recentemente pubblicato la banca dati italiana LCA (I-LCA) disponibile gratuitamente.

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCR-Ene-18

Selezione materiali costituenti l'elemento tecnico

La scelta dei materiali deve tendenzialmente privilegiare quelli di origine naturale e provenienti da fonti rinnovabili, pur considerando che la scelta di un materiale dipende anche da altri requisiti che, laddove soddisfatti, possono giustificare soluzioni tecnologiche differenti.

Per materiali cosiddetti coltivati, ad esempio il legno, è opportuno che sia specificata la provenienza al fine di accertare che si tratti di fonte controllata.

È necessario, inoltre, considerare che i materiali hanno ricadute sulle prestazioni energetiche complessive dell'edificio in termini di contenimento dei consumi energetici e in termini di condizioni di comfort. Un materiale, pertanto, dovrà essere scelto in funzione delle sue caratteristiche generali tenendo conto della sua conduttività termica, resistenza al passaggio del vapore, e massa volumica senza prescindere, quindi, dalla verifica della qualità dell'ambiente interno.

Quantità di materia del prodotto

La quantità di componenti che costituiscono un prodotto edilizio dovrebbe essere relativamente contenuta, a parità di prestazioni in fase di esercizio e manutenzione, attraverso l'impiego di materiali in grado di svolgere delle funzioni integrate (ad esempio guaine in grado di svolgere un'azione sia impermeabilizzante che isolante). In particolare è opportuno privilegiare elementi tecnici che non siano costituiti da materiali eccessivamente eterogenei.

Sistemi costruttivi

Anche l'attività di cantiere può comportare dei consumi energetici che devono essere contenuti. In quest'ottica può essere utile privilegiare sistemi prefabbricati già pronti per la posa in opera piuttosto che sistemi costruttivi che prevedano, presso il sito di fabbricazione, operazioni di trasformazione di materiali in componenti edilizi.

Tabelle di inventario

La redazione di una tabella di inventario devono contenere l'elenco di tutti i materiali utilizzati espressi in peso o in superficie rispetto all'ammontare totale. Una volta individuato il valore, è possibile procedere all'analisi energetica del ciclo di produzione (ecobilancio) che compete i materiali che costituiscono la percentuale più alta dell'elemento tecnico.

Riferimenti bibliografici

A.A. V.V., *Construction Industry Research and Information Association Environment Impact of Materials*. Volume A: Summary (SP 116) London, CIRIA, 1995.

Anink D, Boonstra C, Mak J., *Handbook of Sustainable Building -an Environmental Preference Method for Selection on Materials for use in Construction and Refurbishment*, London, James and James Science Publishers, 1996.

Badino V., Baldo G.L., *Life Cycle Assessment, Uno Strumento di Analisi Energetica e Ambientale*, Ipaservizi, Milano, 2000.

Christophersen E., Dinesen E., Nielsen P., *Life-Cycle-Based Building Design*, 3rd Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Copenhagen, September 13-15, 1993

ISO Technical Committee 207, Sub Committee 5, Working group 1, ISO 14040: *Environmental Management - Life Cycle Assessment*, International Standard Organization for Standardization, 1997.

Keoleian G.A., Menerey d., *Life Cycle Design Guidance Manual*, EPA600/FI92/226, Cincinnati (OHIO), 1993

Riferimenti normativi

Decreto Legislativo n.22, 5 febbraio 1997, attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.

Legge Regionale 13/04/1995, n. 59, Norme per il riutilizzo e lo smaltimento dei rifiuti

Direttiva 89/106/CEE

Decreto Presidente della Repubblica n.246, 21 aprile 1993, attuazione direttiva 89/106/CEE.

MATERIALI DA COSTRUZIONE
Consumi energetici di produzione degli elementi tecnici

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Selezionare processi, elementi tecnici e materiali caratterizzati da un basso consumo energetico.		Il trasporto di materiali ed elementi tecnici deve comportare un ridotto consumo energetico complessivo ²⁷ , dovuto all'impiego di carburanti di origine fossile. È necessario tenere conto che: <ul style="list-style-type: none"> • per consumi $0 < \text{MJ/tkm} \leq 2$ si intendono trasporti a basso consumo energetico; • per consumi $2 < \text{MJ/kg} \leq 3$ si intendono trasporti a ridotto consumo energetico; • per consumi $3 < \text{MJ/kg} \leq 4$ si intendono trasporti a medio consumo energetico; • per consumi $\text{MJ/kg} > 4$ si intendono trasporti ad alto consumo energetico. 		Scelta dei materiali.	CCR-Tras-19
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Consumo energetico dovuto al trasporto dei materiali che costituiscono almeno il 50% in peso dell'unità funzionale assunta per l'elemento tecnico.		Tabelle con indicazione della provenienza materiali che costituiscono l'elemento tecnico e relativo ecobilancio ²⁸ .		
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali Norma ISO 14040					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati RCA-Ric-36, RCA-Sep-37					
applicare a: R-U-S					

MATERIALI DA COSTRUZIONE
Consumi energetici trasporti

²⁷ Il termine consumo energetico complessivo indica il consumo di energia diretta, indiretta e di feedstock –gross energy– che compete al sistema produttivo comprendendo le fasi di estrazione delle materie prime e di produzione dei materiali di prima lavorazione.

²⁸ In commercio sono disponibili banche date informatizzate in grado di determinare il consumo energetico di prodotti e processi, in particolare, l'Agenzia Nazionale Protezione Ambiente ha recentemente pubblicato la banca dati italiana LCA (I-LCA) disponibile gratuitamente.

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

Selezione materiali costituenti l'elemento tecnico

La scelta dei materiali può dipendere dalla distanza della fonte di approvvigionamento rispetto al cantiere di costruzione del manufatto edilizio. In tal senso è opportuno privilegiare materiali provenienti da siti di produzione limitrofi al luogo di costruzione, fermo restando che il consumo imputabile ai processi di trasporto è dipendente dalla tipologia dei mezzi che vengono impiegati.

In particolare:

- privilegiare materiali estratti e prodotti localmente piuttosto che regionalmente, regionalmente piuttosto che a scala nazionale, a scala nazionale piuttosto che a scala europea, a scala europea piuttosto che a scala extraeuropea;
- privilegiare materiali il cui trasporto è avvenuto su ferrovia piuttosto che su strada;
- evitare i trasporti via aerea.

Riferimenti bibliografici

A.A. V.V., *Construction Industry Research and Information Association Environment Impact of Materials*. Volume A: Summary (SP 116) London, CIRIA, 1995.
Anink D, Boonstra C, Mak J., *Handbook of Sustainable Building -an Environmental Preference Method for Selection on Materials for use in Construction and Refurbishment*, London, James and James Science Publishers, 1996.
Badino V., Baldo G.L., *Life Cycle Assessment, Uno Strumento di Analisi Energetica e Ambientale*, Ipaservizi, Milano, 2000.
Christophersen E., Dinesen E., Nielsen P., *Life-Cycle-Based Building Design*, 3rd Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Copenhagen, September 13-15, 1993
ISO Technical Committee 207, Sub Committee 5, Working group 1, ISO 14040: *Environmental Management - Life Cycle Assessment*, International Standard Organization for Standardization, 1997.
Keoleian G.A., Menerey d., *Life Cycle Design Guidance Manual*, EPA600/FI92/226, Cincinnati (OHIO), 1993

Riferimenti normativi

codice
CCR-Tras-19

MATERIALI DA COSTRUZIONE
Consumi energetici trasporti

applicare a:
R-U-S

ACQUA POTABILE

CLASSE DI ESIGENZE

L'acqua non appare più come una risorsa inesauribile. A livello europeo sono stati già presi provvedimenti legislativi volti ad affrontare tale problematica. Il consumo di acqua potabile per usi residenziali è molto elevato. In Italia il consumo medio giornaliero pro capite è assestato sui 200 litri circa con valori decisamente più alti rispetto ad altri paesi europei in cui paradossalmente la risorsa acqua pare in quantità superiore. E' interessante notare che tale dato stranamente è accompagnato da un crescente consumo di acqua potabile in bottiglia, il che testimonia un uso sconsiderato dell'acqua derivante da utilizzi non riferiti ad usi alimentari od igienici.

La maggior parte dell'acqua potabile usata in ambito domestico deriva dagli scarichi dei servizi igienici che da soli consumano un terzo dell'acqua totale utilizzata, circa 40 litri giornalieri pro capite. Soltanto circa 6 litri sono per uso potabile e in cucina per la preparazione e il lavaggio dei cibi; altri consumi sono per il lavaggio delle stoviglie, per le pulizie interne, per il lavaggio della biancheria, per l'igiene personale tramite lavabo, bagni e docce.

Altri utilizzi in cui non sono necessarie elevate qualità organolettiche, chimico-fisiche e microbiologiche dell'acqua sono il lavaggio dell'auto, l'irrigazione di orti e giardini, la pulizia degli interni e degli esterni degli edifici.



OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Minimizzazione del consumo di acqua potabile.		Ridurre il consumo di acqua potabile negli edifici residenziali di almeno il 30% rispetto ai consumi tipici di edifici analoghi.		Sistemi di recupero e riuso dell'acqua piovana e delle acque grigie. Adozione sistemi di riduzione del consumo di acqua potabile.	CCR-Acq-20
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			ACQUA POTABILE Minimizzazione dell'utilizzo di acqua potabile
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Percentuale prevista di riduzione dei consumi di acqua potabile rispetto al consumo tipico di un edificio analogo.	Progetto esecutivo dell'impianto idraulico.			
COS	Verifica della rispondenza a progetto delle strategie per la riduzione dei consumi di acqua potabile.	Progetto esecutivo dell'impianto idraulico.			
ESE	Consumo di acqua potabile.			Contabilizzazione dei consumi di acqua potabile.	
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
RCA-Efl-34, INC-Ip-15, INC-Ip-16					
					applicare a:
					R

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCR-Acq-20

Sistemi di riduzione del consumo di acqua potabile:

- uso di rubinetti monocomando;
- uso di rubinetti dotati di frangigetto;
- uso di scarichi dotati di tasto interruttore o di doppio tasto.

Sistemi di recupero e di riutilizzo dell'acqua piovana e delle acque grigie:

- recupero dell'acqua piovana con vasche di accumulo previo filtraggio;
- biofitodepurazione dell'acqua piovana e delle acque grigie;
- dinamizzazione con flow-form.

L'acqua potabile è da utilizzarsi esclusivamente per gli usi alimentari e di igiene personale; per usi differenti come l'irrigazione del verde, il lavaggio delle parti comuni e private, l'alimentazione degli scarichi dei bagni, il lavaggio delle automobili deve derivare da acqua di recupero piovana e se grigia depurata con opportuni sistemi di fitodepurazione che utilizzano il potere filtrante e depurativo della vegetazione.

Occorre chiudere il più possibile il ciclo dell'acqua in loco, utilizzando l'acqua recuperata per creare laghetti, ruscelli e biotopi umidi per favorire la naturalizzazione del sito, attirando diverse specie animali e per creare occasioni di gioco e di apprendimento per l'infanzia. Quest'ultimo obiettivo è raggiungibile inoltre con l'ausilio di flow-form per la dinamizzazione dell'acqua.

Con tali accorgimenti si viene così a diminuire il carico di lavoro del sistema fognario in caso di forti precipitazioni.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., *Atti del convegno scientifico "Fitodepurazione. Metodologie ed applicazioni"*, Finale Emilia (Mo), Baraldini ed., 1996
Corso di aggiornamento in ingegneria sanitaria ambientale, Politecnico di Milano, 1994
I.W.G.A., *Atti del "5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control"*, Vienna, 1996
Trevisiol E.R., Parancola S., *Manuale di biofitodepurazione: risanamento delle acque e processi di rinaturalizzazione*, ANAB ed., Milano, 1995
Pastorelli G., De Fraia Frangipane E., *Impianti di depurazione di piccole dimensioni*, Cipa ed., Milano, 1993
Romagnoli F., *Depurare naturalmente le acque*, AAM Terra Nuova, febbraio 1997, Firenze
Rusconi A., *Acqua. Conoscenze su risorse ed utilizzo*, Verde Ambiente ed., Milano, 1994
Vismara R., *Depurazione biologica. Teoria e processi*, Hoepli ed., Milano, 1988
Vismara R., Ghetti P.F., *Sistemi naturali di depurazione. Campi di applicazione e limiti*, raccolta di materiale didattico della FAST, Milano, 1995
Wienke U., *Manuale di bioedilizia*, DEI ed., Roma, 2000

Riferimenti normativi

Legge 10 maggio 1976 n.319, "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento".
 Allegato 5 della Deliberazione Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento 4 febbraio 1977 "Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'articolo 2 lettere b), d), e) della legge 10 maggio 1976, recante norme per la tutela dell'inquinamento".
 Delibera Comitato internazionale del 30 dicembre 1980, " Direttive per la disciplina degli scarichi delle fognature pubbliche e degli insediamenti civili che non recapitano in pubbliche fognature".
 Decreto Presidente della Repubblica 24/5/1988 n. 236, "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16/4/1987, n.183".
 Legge 17/5/95 n. 172, con modificazione del Decreto Legge 17/3/95 recante modifiche alla disciplina degli scarichi.
 Direttiva Comunitaria 271/91 recepita in Italia con il Testo Unico sulle Acque del 29/5/1999.

ACQUA POTABILE
Minimizzazione dell'utilizzo di acqua potabile

applicare a:

R

RISCALDAMENTO AMBIENTI

CLASSE DI ESIGENZE

Il riscaldamento degli ambienti costituisce, nel clima dell'area Torinese, la principale voce di consumo di energia per edifici a destinazione civile, i quali, nel loro complesso, sono responsabili di oltre un terzo dei consumi di energia a livello regionale e nazionale.

Il quadro normativo che disciplina tale aspetto della progettazione è rappresentato dalla legge 9 gennaio 1991, n. 10 e decreti attuativi collegati, al cui supporto sono state emanate specifiche norme tecniche UNI.

Le scelte progettuali che possono contribuire a ridurre i consumi di riscaldamento sono molteplici e possono essere raggruppate nelle seguenti categorie.

- Isolamento termico dell'involucro edilizio: un adeguato isolamento termico dei componenti di involucro esterno (opachi e trasparenti) consente di ridurre le dispersioni di calore, migliorando nel contempo le condizioni di comfort interno; la scelta dei materiali e la stratigrafia delle pareti opache deve tenere conto dei requisiti di compatibilità ambientale, di controllo dei fenomeni di condensa superficiale e interstiziale, di controllo dei ponti termici, di comportamento termico transitorio, ecc.; le caratteristiche dei serramenti devono essere valutate con particolare attenzione ai requisiti illuminotecnici, di permeabilità all'aria e di isolamento acustico.
- Sfruttamento degli apporti gratuiti di radiazione solare, attraverso un corretto dimensionamento dei componenti vetrati e l'eventuale inserimento di componenti passivi quali serre, muri Trombe, ecc.
- Scelta di tipologie di impianto di riscaldamento caratterizzate da elevati valori di efficienza di produzione (ad es. caldaie ad alto rendimento, a condensazione, pompe di calore, ecc.), di distribuzione (adeguata coibentazione delle tubazioni), di emissione (ad es. impianti a pannelli radianti), e di regolazione; particolarmente raccomandabile è la scelta di sistemi di riscaldamento a bassa temperatura, che ben si accoppiano a generatori ad alto rendimento e garantiscono livelli di comfort elevati in edifici ben coibentati.
- Valutazione della possibilità di collegare l'impianto di riscaldamento ad una rete di teleriscaldamento esistente.
- Struttura delle reti di distribuzione dei fluidi termovettori tale da consentire la regolazione e la contabilizzazione dei consumi per ciascuna unità immobiliare servita.
- Adozione di sistemi evoluti di regolazione a livello centrale, di zona e di terminale.

Particolarmente importante è l'integrazione fra scelte progettuali architettoniche ed impiantistiche: forma dell'edificio, distribuzione interna degli spazi, scelta dei materiali devono essere coerenti con la tipologia impiantistica adottata e viceversa.

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre le dispersioni di calore attraverso l'involucro dell'edificio (condizioni invernali).			Progettare elementi di involucro caratterizzati da: <ul style="list-style-type: none"> • ridotta trasmittanza termica; • inerzia termica adeguata alle strategie di regolazione degli impianti di climatizzazione; • assenza di ponti termici; • adeguati accorgimenti per evitare fenomeni di condensa superficiale e interstiziale. 	Scelta dei materiali per l'involucro. Scelta dei serramenti (materiale del telaio e vetro). Stratigrafia dei componenti. Risoluzione dei nodi strutturali riguardo ai ponti termici. Corretta integrazione fra caratteristiche termofisiche dell'edificio e tipologia di impianto termico.	CCT-Ris-21
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a:
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Trasmittanza termica dei componenti di involucro opachi (UNI 7357, UNI 10346, UNI 10351, UNI 10355). Trasmittanza termica dei componenti di involucro vetrati (UNI 10345). Coefficiente di trasmissione lineare dei ponti termici (UNI 7357 FA-3). Coefficiente volumico di dispersione Cd (DPR 1052/77, DM 30 luglio 1986). Fabbisogno Energetico Normalizzato FEN (DPR 26 agosto 1993 n. 412, UNI 10344, UNI 10379). Verifica igrometrica (UNI 10350).	Stratigrafie dei componenti di involucro. Disegni esecutivi dei particolari costruttivi che possono determinare ponti termici. Disegni esecutivi serramenti.	Codici di calcolo dei parametri termofisici dei componenti di involucro. Codici di calcolo per la verifica termoigrometrica dei componenti di involucro.	Conduttività termica dei materiali. Conduttanza (o resistenza) termica di componenti o elementi di involucro opaco. Trasmittanza termica di componenti di involucro vetrati.	
COS	Trasmittanza termica dei componenti di involucro opachi.			Misura in opera con termoflussimetro della trasmittanza termica.	
ESE	Trasmittanza termica dei componenti di involucro opachi.				
Riferimenti normativi essenziali					
Legge 10 gennaio 1991 n. 10, suoi decreti attuativi e norme UNI collegate					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
Classe di requisiti: Ambiente Acustico.					
Requisiti: QAI-In-42					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCT-Ris-21

Le dispersioni di calore attraverso l'involucro edilizio possono essere ridotte adottando componenti (opachi e vetrati) ad elevata resistenza termica. Lo standard di riferimento minimo da rispettare è rappresentato dai valori limite del coefficiente volumico di dispersione, stabiliti dalla legge 10/91 e relativi regolamenti di attuazione.

Per quanto riguarda i componenti di involucro opachi, i fattori da prendere in considerazione sono:

- definizione di una strategia complessiva di isolamento termico (isolamento concentrato o ripartito, struttura leggera o pesante, facciata ventilata tradizionale, facciata ventilata "attiva", ecc.);
- scelta del materiale isolante e del relativo spessore, tenendo conto delle caratteristiche di conduttività termica, permeabilità al vapore, comportamento meccanico (resistenza e deformazione sotto carico), compatibilità ambientale (in termini di emissioni di prodotti volatili e fibre, possibilità di smaltimento, ecc.);
- posizionamento degli strati isolanti e della eventuale barriera al vapore ai fini della verifica di condensa interstiziale;
- comportamento del componente in regime termico variabile nel tempo (c.d. "inerzia termica"), in relazione al profilo di utilizzazione dell'edificio (continuo o discontinuo), alla tipologia di impianto termico (a radiatori, a pannelli radianti, a ventilconvettori, a tutt'aria, ecc.), alle logiche di regolazione (riscaldamento continuo, riscaldamento con attenuazione notturna, riscaldamento discontinuo con spegnimento notturno, ecc.).

Per quanto riguarda i componenti vetrati, i fattori da prendere in considerazione sono:

- resistenza termica della vetratura: vetro semplice (comunque sconsigliato), vetro camera ordinario, vetro camera basso-emissivo, vetrate speciali (con intercapedini d'aria multiple realizzate con pellicole, con intercapedine riempita con gas a bassa conduttività, con materiali isolanti trasparenti, ecc.);
- resistenza termica del telaio: in metallo senza taglio termico (comunque sconsigliato), in metallo con taglio termico, in PVC, in legno;
- isolamento termico del cassonetto porta-avvolgibile;
- caratteristiche dei sistemi di oscuramento e degli schermi operabili.

Nella scelta dei componenti di involucro vetrati, particolare attenzione dovrà inoltre essere prestato a:

- caratteristiche di fonoisolamento;
- caratteristiche di permeabilità all'aria;
- proprietà ottiche del vetro, nei confronti dell'illuminazione naturale.

Riferimenti bibliografici

Andreini P., Pitimada , D., *Il riscaldamento degli edifici*, Hoepli, Milano, 1995.
Aghemo, C., Azzolino, C., *Il progetto dell'elemento di involucro opaco*, Celid, Torino, 1996.
St. Gobain, *Manuale del vetro*
Peretti, A., Simonetti, P. (a cura di), *Edilizia e Ambiente* (Atti del Convegno), Progetto Trento Ambiente, 1998.

Riferimenti normativi

Legge 10 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 (GU del 16 gennaio 1996 n. 6)
 DPR 26 agosto 1993 n. 412
 Norme UNI recepite dal DM 6 agosto 1994 (GU del 24 agosto 1994 n. 197), in particolare:
 UNI 7357 Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento degli edifici (e aggiornamenti UNI FA 83, UNI 7357 FA-3
 UNI 10344 Riscaldamento degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia
 UNI 10345 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Trasmissione termica dei componenti edilizi finestrati. Metodo di calcolo
 UNI 10346 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Scambi di energia termica tra terreno ed edificio. Metodo di calcolo
 UNI 10350 Edifici residenziali. Verifica igrometrica ai fenomeni di condensazione del vapore
 UNI 10351 Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore
 UNI 10355 Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo
 UNI 10379 Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato. Metodo di calcolo e verifica

RISCALDAMENTO AMBIENTI
Isolamento termico

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre il consumo di combustibile attraverso l'incremento dell'efficienza dell'impianto di riscaldamento.			Garantire valori elevati di: <ul style="list-style-type: none"> • rendimento di produzione; • rendimento di distribuzione; • rendimento di emissione; • rendimento di regolazione. 	Generatori di calore ad elevato rendimento Isolamento termico tubazioni. Pompaggio a portata variabile. Corretta collocazione dei terminali in ambiente. Sistemi di regolazione evoluti. Corretta integrazione fra tipologia di impianto e caratteristiche termofisiche dell'edificio.	CCT-Ris-22
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Rendimento del sistema di produzione (UNI 10348). Rendimento della rete di distribuzione (UNI 10376, UNI 10347). Rendimento del sistema di emissione (UNI 10348). Rendimento del sistema di controllo o regolazione (UNI 10348).			Misura di laboratorio del rendimento di produzione dei generatori di calore.	
COS					
ESE	Rendimento di combustione (UNI 10389).			Misura in campo del rendimento di produzione dei generatori di calore.	
Riferimenti normativi essenziali Legge 10 gennaio 1991 n. 10, suoi decreti attuativi e norme UNI collegate					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati CCT-Ris-21					
					applicare a: R-U-S

RISCALDAMENTO AMBIENTI
Efficienza dell'impianto termico

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCT-Ris-22

Sono oggi disponibili sul mercato generatori di calore a combustione ad elevata efficienza, appartenenti alle seguenti categorie:

- generatori tradizionali ad alto rendimento (rendimento a massimo carico $\geq 0,9$);
- generatori a temperatura scorrevole (in grado cioè di produrre acqua calda a temperatura variabile in funzione della domanda da parte delle utenze);
- generatori a condensazione (possono realizzare rendimenti di combustione, riferiti al p.c.i., superiori all'unità, grazie al recupero del calore latente di vaporizzazione dell'acqua contenuta nei fumi).

L'incremento del rendimento di distribuzione si fonda su due presupposti:

- contenimento delle dispersioni termiche, attraverso la coibentazione delle reti di distribuzione e la distribuzione di fluidi a temperatura contenuta;
- contenimento dei consumi di pompaggio, attraverso il corretto dimensionamento delle reti e, dove tecnicamente raccomandabile, l'adozione di sistemi di pompaggio a portata variabile.

Il rendimento di emissione dipende dal posizionamento dei terminali nei locali riscaldati: quando il terminale (ad es. un radiatore) è situato a ridosso di una parete disperdente, questa dovrà essere adeguatamente coibentata; si raccomanda inoltre di posare uno strato riflettente dietro al radiatore.

Il rendimento di regolazione dipende dall'efficacia dei sistemi di controllo adottati. La gerarchia funzionale di tali sistemi prevede:

- regolazione centrale di tipo climatico (modulazione della temperatura di mandata del fluido termovettore in funzione della temperatura esterna);
- regolazione di zona (possibile con sistemi di distribuzione del fluido del tipo monotubo o a collettori complanari);
- regolazione locale con valvole termostatiche sui terminali.

Si raccomanda inoltre, ove possibile, l'adozione di:

- sistemi centralizzati di telegestione o supervisione;
- contabilizzazione di consumi di energia termica per ciascuna unità immobiliare.

L'adozione di impianti a bassa temperatura (ad es. impianti a pannelli radianti), che garantiscono ottime prestazioni dal punto di vista energetico e del comfort a condizione che l'edificio sia dotato di una sufficiente coibentazione termica, permette di ottenere buona parte degli obiettivi sopra citati: si accoppia infatti in modo ottimale a generatori ad elevata efficienza energetica (caldaie a condensazione, pompe di calore, ecc.) e garantisce elevati rendimenti di distribuzione e di emissione.

Non è invece raccomandata l'adozione di sistemi di riscaldamento autonomo.

Riferimenti bibliografici

Andreini P., Pitimada D., *Il riscaldamento degli edifici*, Hoepli, Milano, 1995.
Alfano, G., Filippi, M., Sacchi, E. (a cura di), *Impianti di climatizzazione per l'edilizia. Dal progetto al collaudo*. Masson, Milano, 1997.

Riferimenti normativi

Legge 10 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 (GU del 16 gennaio 1996 n. 6)
 DPR 26 agosto 1993 n. 412
 DPR 21 dicembre 1999, n. 551
 Norme UNI recepite dal DM 6 agosto 1994 (GU del 24 agosto 1994 n. 197), in particolare:
 UNI 10347 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante. Metodo di calcolo
 UNI 10348 Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo
 UNI 10376 Isolamento termico degli impianti di riscaldamento e raffrescamento degli edifici
 UNI 10389 Generatori di calore. Misurazione in opera del rendimento di combustione

applicare a:
R-U-S

RISCALDAMENTO AMBIENTI
Efficienza dell'impianto termico

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice CCT-Ris-23
Ridurre il fabbisogno di riscaldamento ambientale e di acqua igienico-sanitaria, basato sull'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili.			Garantire una copertura del fabbisogno di riscaldamento con energia solare, al netto dei contributi solari passivi, nei seguenti limiti minimi: 100% per riscaldamento dell'acqua igienico sanitaria; 40% per riscaldamento ambienti; Efficienza di conversione complessiva annuale del sistema utilizzato non inferiore a 0,5.	Morfologia edilizia – in particolare delle coperture – che ottimizzi l'efficacia di captazione solare nell'arco dell'anno. Sistemi solari attivi.	RISCALDAMENTO AMBIENTI Impiego di energie rinnovabili o assimilate
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Simulazione (manuale/computerizzata)	Supporti grafici	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	% del fabbisogno di riscaldamento ambiente e acqua igienico sanitaria coperta dal sistema solare attivo utilizzato. Efficienza di conversione complessiva annuale del sistema.	Metodo di calcolo semplificato della copertura del fabbisogno termico di riscaldamento solare degli ambienti e dell'acqua igienico-sanitaria (in alternativa: applicativi SW di calcolo degli apporti termici di sistemi solari attivi, con utilizzo di dati climatici su base oraria per giorni tipo medi mensili).	Schema impiantistico con meccanismi di funzionamento ai diversi livelli di temperatura ambiente (esterna ed interna) e del fluido termovettore.		
COS	Efficienza di conversione complessiva annuale del sistema.			In laboratorio: certificazione di qualità degli elementi captanti del sistema solare In campo: collaudo specifico dell'impianto solare	
ESE	Quota del fabbisogno di riscaldamento ambiente e acqua igienico sanitaria coperta dal sistema solare attivo utilizzato.			In campo: monitoraggio consumi energetici	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10349:1994/CE, UNI 8477/1, UNI 10344					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Classi di requisiti: Riscaldamento ambienti, Ventilazione meccanica, Rafrescamento ambienti, Produzione acqua calda sanitaria.					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCT-Ris-23

Morfologia edilizia

Nel progettare l'edificio e, in particolare, la chiusura esterna orizzontale superiore, si dovrà tenere conto che la superficie di captazione dei sistemi solari attivi ha una inclinazione ottimale, in funzione del tipo e del periodo di utilizzo. Indicativamente, l'inclinazione ottimale fa riferimento alla Latitudine: aggiungendo 10° (per Torino: 55°), se il periodo è quello della stagione di riscaldamento ambienti, sottraendoli (per Torino: 35°), se il periodo è l'intero annuo, come per il riscaldamento dell'acqua igienico-sanitaria.

Sistemi solari attivi

I sistemi solari passivi sono una categoria dei *sistemi di climatizzazione ecocompatibili* (*), finalizzata al riscaldamento ambiente e acqua igienico-sanitaria. Sono composti da un subsistema di captazione, uno di distribuzione ed uno di accumulo. Il trasferimento del calore – generato dall'effetto serra prodotto dall'impiego combinato, nell'elemento captante, del vetro, di un intercapedine d'aria e di superfici ad elevato coefficiente di assorbimento solare – avviene per convezione tramite fluido termovettore, che può essere sia liquido (acqua o acqua e antigelo), sia gassoso (aria).

La scelta tra sistemi solari ad aria e ad acqua deve essere effettuata in relazione al tipo d'uso finale del calore e alle caratteristiche temporali dell'utenza. Un sistema solare attivo ad acqua è consigliabile nelle destinazioni d'uso residenziali permanenti, dove può essere associato all'utilizzo di acqua calda igienico-sanitaria e/o a sistemi di riscaldamento ad alta inerzia e bassa temperatura, quali i sistemi radianti – a pavimento, a soffitto o a parete. Un sistema ad aria può essere utilizzato in destinazioni d'uso sia residenziali – permanenti e non (in quest'ultimo caso, è possibile sfruttare al meglio la migliore efficienza istantanea del sistema ad aria rispetto a quello ad acqua) – sia terziarie. I sistemi ad aria richiedono minore manutenzione dei sistemi ad acqua.

I principali tipi di sistemi solari attivi utilizzabili in edifici residenziali, in climi tipici delle località di riferimento di queste, sono:

- sistema a collettori piani ad acqua e circolazione naturale (per riscaldamento acqua igienico-sanitaria);
- sistema a collettori piani e circolazione forzata (fluido termovettore: acqua o aria);
- sistemi con collettore sotto vuoto (fluido termovettore liquido).

Nel scegliere e dimensionare un sistema solare attivo, si devono considerare sia gli aspetti di integrazione tecnologica con la struttura edilizia, sia le interazioni con l'impianto termico scelto (schema di funzionamento, rete di distribuzione e terminali di erogazione).

(*) Sono considerati *sistemi di climatizzazione ecocompatibili* i sistemi di controllo del microclima interno di un edificio – inclusa la qualità dell'aria, quando non vi sia bisogno di trattamento specifico – che utilizzano la minima quantità di fonti energetiche non rinnovabili, quali la solare e eolica, nonché pozzi termici naturali, quali l'aria, l'acqua, il terreno e il cielo notturno.

Riferimenti bibliografici

Cimmiari, S., e R. Lazzarin, *La progettazione dei collettori solari: sistemi solari attivi* 3, Muzzio & C. Editore, Padova, 1983.
Hastings, R. S., *Solar Air Systems – Built Examples*, James & James, London, 1999.
Lazzarin, R., *Tecnologia e progettazione del collettore solare: sistemi solari attivi* 2, Muzzio & C. Editore, Padova, 1981.

Riferimenti normativi

RISCALDAMENTO AMBIENTI
Impiego di energie rinnovabili o assimilate

applicare a:
R-U-S

VENTILAZIONE MECCANICA

CLASSE DI REQUISITI

La ventilazione costituisce il principale metodo per garantire la qualità dell'aria negli ambienti confinati, sotto il duplice aspetto del benessere olfattivo e del controllo di contaminanti chimico-fisici e microbiologici pericolosi per la salute umana.

A livello normativo, la ventilazione entra in gioco in numerose disposizioni di diversa natura (leggi, decreti attuativi, circolari ministeriali, norme tecniche), emanate con riferimento al risparmio energetico (L. 10/91, DPR 412/93, DPR 551/99), alla sicurezza (L. 86/90 sulla sicurezza degli impianti, L. 1083/71 sulla sicurezza nell'impiego del gas, norme UNI-CIG), alla qualità ambientale (UNI 10339, circolari ministeriali per l'edilizia scolastica e ospedaliera, regolamenti igienico-edilizi).

Nei casi in cui il ricambio d'aria naturale non garantisca portate di rinnovo adeguate, rispetto ai livelli di occupazione degli spazi e alle caratteristiche delle sorgenti di inquinamento presenti in ambiente, è raccomandato il ricorso a sistemi di ventilazione meccanica.

La scelta della tipologia di impianto (semplice estrazione, semplice immissione, ventilazione bilanciata) terrà conto della destinazione d'uso e delle caratteristiche costruttive dell'edificio. Tali sistemi dovranno essere correttamente integrati nell'organismo edilizio, soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche di permeabilità all'aria dell'involucro esterno ed i 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).

I sistemi di ventilazione meccanica dovranno inoltre realizzare, dove possibile, il recupero di energia termica dall'aria di espulsione.

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre il consumo di combustibile attraverso l'incremento dell'efficienza del sistema di ventilazione artificiale.		Massimizzare l'efficienza del sistema di ventilazione artificiale.		<p>Sistemi di ventilazione meccanica per semplice estrazione a portata variabile.</p> <p>Sistemi di ventilazione meccanica per immissione ed estrazione con recupero termico.</p>	CCT-Vm-24
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a:
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Portata d'aria di rinnovo				VENTILAZIONE MECCANICA Efficienza dell'impianto di ventilazione
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali UNI 10339, UNI 7979					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-Ris-21, CCT-Ris-22, CCT-Ris-23					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

La ventilazione artificiale dei locali è richiesta per garantire la qualità dell'aria interna in tutti i casi in cui non si ritiene di poter fare affidamento solo sul ricambio d'aria per di tipo naturale. Ciò si verifica prevalentemente negli ambienti ad elevata occupazione o nei locali in cui si ha produzione di vapori, odori o altri inquinanti.

I sistemi di ventilazione vengono generalmente classificati in base alle modalità di movimentazione dell'aria, distinguendo quindi fra:

- **ventilazione naturale:** i gradienti di pressione necessari per realizzare l'immissione di aria fresca esterna e l'estrazione di aria interna viziata sono generati esclusivamente da azioni naturali, ovvero dall'effetto dinamico del vento e dai gradienti di densità dell'aria dovuti alle differenze di temperatura interno-esterno. La ventilazione naturale può essere non controllata (in questo caso si parla comunemente di "infiltrazioni d'aria"), oppure può essere realizzata attraverso l'apertura volontaria dei serramenti, oppure ancora può essere almeno parzialmente controllata tramite l'adozione di specifici accorgimenti quali l'introduzione nell'involucro esterno di bocchette di adduzione dell'aria e l'adozione di dispositivi di estrazione naturale (aeratori, camini, ecc.);
- **ventilazione meccanica:** è la soluzione impiantistica classica in cui il movimento dell'aria è realizzato con ventilatori e utilizza una almeno parziale canalizzazione dei percorsi dell'aria. A seconda della funzione svolta dai ventilatori si distingue fra:
 - **ventilazione per semplice estrazione** in cui 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** in cui 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**, in cui 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:** è la 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.

Riferimenti bibliografici

Andreini P., Pitimada , D., *Il riscaldamento degli edifici*, Hoepli, Milano, 1995.
Alfano, G., Filippi, M., Sacchi, E. (a cura di), *Impianti di climatizzazione per l'edilizia. Dal progetto al collaudo*. Masson, Milano, 1997.
Alfano, G., Masoero, M., Raffellini G., "La ventilazione naturale e controllata attraverso gli elementi di involucro" in *Atti Convegno AICARR Progettare l'involucro edilizio: correlazioni tra il sistema edificio e i sistemi impiantistici*, Bologna, 18 ottobre 2001, pp. 75-94.

Riferimenti normativi

UNI 10339 Impianti aerulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per l'offerta, l'ordine e la fornitura
 UNI 7979 Serramenti esterni verticali. Classificazione in base alla permeabilità all'aria

codice

CCT-Vm-24

EFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE
 VENTILAZIONE MECCANICA

applicare a:

U-S

RAFFRESCAMENTO AMBIENTI

CLASSE DI ESIGENZE

Per ridurre il consumo di risorse energetiche per il raffrescamento degli ambienti, in locali climatizzati, sia residenziali, sia terziari (uffici e servizi), sono utilizzabili le seguenti strategie/tecniche, che sono oggetto dei requisiti descritti nelle schede relative:

- *aumento dell'efficienza* dell'impianto di climatizzazione;
- *controllo degli apporti termici solari* delle chiusure trasparenti;
- *controllo dell'inerzia termica* delle chiusure opache (residenze) e delle strutture orizzontali e partizioni interne (terziario);
- *raffrescamento naturale ibrido*, realizzato attraverso pre-raffreddamento dell'aria di ventilazione ²⁹.

Aumento dell'efficienza dell'impianto di climatizzazione

Un aumento d'efficienza degli impianti di climatizzazione è ottenibile, principalmente, attraverso le seguenti strategie/tecnologie, oggetto dei requisiti descritti nella relativa scheda:

- modulazione e variabilità della portata d'aria di rinnovo;
- raffrescamento gratuito (*free cooling*), nelle stagioni intermedie;
- recupero termico dell'aria di rinnovo, di tipo "entalpico";
- sistemi di produzione del freddo ad alta efficienza;
- sistemi di accumulo giornaliero di energia frigorifera.

Controllo degli apporti termici solari delle chiusure trasparenti

Il controllo degli apporti termici solari delle chiusure trasparenti si attua attraverso scelte progettuali appropriate relative a: orientamento, inclinazione e area della superficie finestrata; proprietà termofisiche e ottico-solari dei materiali trasparenti impiegati e schermi.

Geometria e dimensionamento

I parametri di base da considerare nel definire le chiusure trasparenti di un edificio, in funzione del controllo degli apporti termici solari, sono: orientamento, area e inclinazione.

In generale, l'*orientamento* più appropriato è:

- Sud, per ambienti in cui la modalità di controllo solare è temporanea (ovvero, quando un certo apporto termico solare è desiderabile in alcuni periodi dell'anno);
- Nord, per ambienti in cui l'apporto di radiazione solare è sempre indesiderabile.

Ampie superfici finestrate devono, invece, sempre essere evitate ad Est e ad Ovest. L'*area* della chiusura esterna trasparente dipende, sostanzialmente, dal bilanciamento tra le esigenze di illuminazione naturale, e quelle di riduzione del fabbisogno energetico annuale complessivo per riscaldamento, raffrescamento e illuminazione. Determinata la superficie minima in funzione delle esigenze d'illuminazione naturale, l'*area* della chiusura (componente trasparente) ha un valore ottimale, oltre il quale ogni ulteriore incremento di superficie produrrebbe un aumento del fabbisogno termico, sia estivo, sia invernale, senza produrre benefici nella riduzione del consumo energetico prevedibile per l'illuminazione.

²⁹

Le tecniche di raffrescamento naturale sono state trattate all'interno della classe di esigenze "Utilizzo di risorse climatiche".

Tale valore ottimale dipende dall'orientamento, come evidenziato da esempi elaborati con il metodo di calcolo LT (Lighting Thermal) ³⁰.

L'*inclinazione* della chiusura trasparente è un altro fattore che ne influenza l'efficacia nel controllo degli apporti termici solari: l'inclinazione verso il cielo (fino all'orizzontale) aumenta la radiazione solare incidente nel periodo estivo, per cui non è consigliata; da preferirsi il piano verticale o, ancora più efficace, quello inclinato verso terra ³¹.

I *lucernari*, utili quando sia necessario far penetrare la luce naturale in edifici a dimensione elevata lungo l'asse N-S, rappresentano un elemento vulnerabile dal punto di vista del controllo solare estivo e devono, quindi, essere opportunamente schermati. I *clerestories* - ovvero le finestre su piano verticale di tetti a shed o simili - orientati a Nord o a Sud, rappresentano un'alternativa meno sensibile del lucernario all'incremento termico solare estivo.

Tipologia dell'elemento trasparente e schermature

Per quanto riguarda le proprietà termofisiche e ottico-solari degli elementi trasparenti e le schermature, indicazioni relative alle scelte progettuali per il controllo degli apporti termici sono contenute nell'apposita sezione della tabella dei requisiti.

Controllo dell'inerzia termica

L'inerzia termica è una proprietà termofisica degli elementi tecnici che compongono un edificio, legata all'accumulo del calore e al tempo di rilascio dello stesso nell'ambiente interno. Maggiore è l'inerzia termica, minore sarà la velocità con cui la temperatura interna dell'aria sale, o scende, in risposta ad un incremento, o decremento, della temperatura esterna. Il controllo dell'inerzia termica è una strategia utilizzabile per la riduzione dei consumi energetici per raffrescamento, particolarmente negli edifici non residenziali, poiché determina un accumulo del calore, sia solare, sia endogeno, con conseguente attenuazione degli incrementi di temperatura interni durante il giorno.

In relazione alla destinazione d'uso degli edifici, si possono individuare strategie differenziate per il controllo dell'inerzia termica:

- negli *edifici residenziali*, prevalgono le prestazioni delle chiusure verticali e superiore e degli apporti termici solari;
- in quelli *non residenziali* (uffici, terziario), prevalgono le prestazioni delle strutture portanti orizzontali - e, in generale, delle partizioni e finiture interne - e degli apporti termici endogeni.

I requisiti e gli indicatori per il controllo dell'inerzia termica, illustrati nella tabella relativa, si differenziano in relazione alle caratteristiche specifiche suddette.

Pre-raffreddamento dell'aria di ventilazione attraverso condotti interrati

I sistemi di *raffrescamento naturale ibrido* integrano l'impianto di climatizzazione con l'immissione di fluidi termovettori (in genere, aria o acqua), pre-raffreddati tramite "pozzi" naturali, quali il terreno, l'aria stessa, l'acqua e il cielo notturno. Il sistema qui descritto utilizza il fluido termovettore aria e il pozzo termico terreno, la cui temperatura media, ad una certa profondità, si mantiene pressoché costante nell'arco dell'anno (superiore di circa 1-1,5 °C alla temperatura media annuale

³⁰ Baker N.V., Steemers K., *The LT Method 4.0 - An Energy Design Tool for Buildings in Europe*; tale metodo è basato sul comportamento energetico di un edificio-tipo (secondo gli standard europei di isolamento termico) al variare di alcuni parametri fondamentali: zona climatica, rapporto tra superficie passiva (ovvero raggiungibile dalla radiazione solare) e superficie globale utile di pavimento, rapporto tra superfici di involucro trasparenti e superfici opache, indice di schermatura, apporti termici interni (si vedano i diagrammi di Fig. 10.1 e 10.2, in: Grosso, *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli, Rimini, 1997, pp. 322-323).

³¹ Ne è un esempio l'Ark building di Erskine, a Londra.

dell'aria nel sito considerato e, quindi, notevolmente minore, d'estate, rispetto alla temperatura media giornaliera dell'aria esterna).

Il trasferimento, al pozzo termico, del calore in eccesso - generato all'esterno (clima) o all'interno di un edificio - avviene movimentando l'aria esterna, o di ricircolo, attraverso condotti a contatto con il terreno profondo, che la raffreddano prima di entrare nelle unità di trattamento.

Tale tipo di tecnologia, impiegata nella versione "naturale" - cioè, senza integrazione impiantistica - ha precedenti storici interessanti. Tra i più significativi, vi sono un sistema di raffrescamento passivo dell'Iran, risalente al 900 A.D. e costituito da un canale sotterraneo associato ad una torre del vento ³², e il sistema di raffrescamento naturale tramite ventidotti - i *covoli* - delle ville palladiane di Custozza (Vicenza) ³³.

Tra le più recenti applicazioni di un sistema di raffrescamento con scambiatori terreno-aria, vi è quello applicato all'atrio della Facoltà di filosofia dell'Università di Ioannina, in Grecia ³⁴. Il sistema di raffrescamento tramite scambiatori terreno-aria è composto di 5 condotti lunghi 30 m, di 15 cm di diametro, collocati ad una profondità di 2 m e con velocità dell'aria circolante di 3 m/s. Misure di temperatura dell'aria condotte in agosto hanno dimostrato l'efficacia del sistema: con temperature dell'aria esterna caratterizzate da picchi superiori ai 35 °C, la temperatura interna all'uscita dei condotti si è mantenuta intorno ai 25 °C.

³² Descritto in: Grosso, *op. cit.*, Cap. V, par. 4.2, p.189.

³³ Una descrizione dettagliata del sistema, e delle analisi sperimentali condotte sullo stesso, è contenuta in: Fanchiotti A., "Un sistema naturale di raffrescamento delle ville palladiane: i Covoli", in *Spazio e Società*, n° 19, 1982; vedi anche: Scudo G., "Caratteri ambientali", climatizzazione naturale e approccio bioclimatico", in *Ambiente Costruito*, n° 1/97, Maggioli Editore, Milano, 1997.

³⁴ Analizzato e testato dall'Università di Atene; si veda: Santamouris M. e Asimakopoulous D., *Passive Cooling of Buildings*, James & James, Londra, 1996, p.386.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO
Ridurre l'apporto energetico della radiazione solare, quando le condizioni climatiche (periodo primaverile-estivo) o il tipo d'uso degli spazi interni (uffici e edifici commerciali) possono indurre condizioni di surriscaldamento degli ambienti interni.		Progettare le chiusure trasparenti in modo tale da controllare i flussi di radiazione solare che attraversano le chiusure stesse, compatibilmente con i requisiti d'illuminazione naturale.	Il coefficiente di trasmissione solare medio delle chiusure trasparenti orientate nei quadranti SE e SO, deve avere valori inferiori a: Edifici residenziali <ul style="list-style-type: none"> • 0,7 per l'elemento vetrato; • 0,6 per l'intera chiusura (inclusi schermi). Edifici non residenziali <ul style="list-style-type: none"> • 0,6 per l'elemento vetrato; • 0,5 per l'intera chiusura. 	Vetri con caratteristiche di controllo selettivo della radiazione solare (campo di lunghezze d'onda dell'infrarosso). Sistemi schermanti.
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI		
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)
PRO	Coefficiente di trasmissione solare, cioè, il flusso di calore, da radiazione solare, entrante attraverso una determinata chiusura esterna trasparente, e il flusso di calore entrante attraverso una chiusura esterna trasparente di riferimento (ASHRAE, vedi bibl.).	Dettagli costruttivi, illustranti le tecnologie vetrate e di schermatura, adottate per le chiusure trasparenti orientate nei quadranti SE e SO.	Calcolo del Coefficiente di trasmissione solare. Programmi di simulazione dell'ombreggiamento di finestre (P.E.M.- Shading calc, DIAS) e dell'effetto termico di schermi a doga (PASCOOL-LAMAS).	
COS				
ESE	Decremento dell'irradianza solare attraverso una chiusura trasparente.			Misura in campo: irradianza solare, sulla superficie esterna, e su quella interna, di chiusure trasparenti orientate nei quadranti SE e SO, in giorni campione del periodo estivo.
Riferimenti normativi essenziali UNI 10349:1994/CE				
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-In-42				

codice
CCt-Rfp-25

RAFFRESCAMENTO AMBIENTI
Controllo degli apporti termici solari

applicare a:
R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCt-Rfp-25

Scelta del tipo di vetro

Si riportano di seguito alcune caratteristiche prestazionali relative ai principali tipi di vetro utilizzabili per il controllo solare.

Vetri colorati (assorbenti) - i tipi convenzionali di vetro colorato possono rappresentare un problema, in relazione al loro elevato coefficiente di assorbimento della radiazione solare incidente (35÷75 %), che produce temperature elevate del vetro e, quindi, alta emissività (onde lunghe).

Vetri colorati (riflettenti) - il tipo di vetro colorato con superficie esterna riflettente a specchio riduce di molto la radiazione in ingresso (soprattutto quella luminosa) e non è, quindi, consigliabile per ambienti che richiedano elevata illuminazione o apporti solari invernali; tale tipo di vetro, inoltre, produce un impatto ambientale negativo verso l'esterno, per effetto di possibili fenomeni di abbagliamento.

Vetri con pellicole a bassa emissività - sono i più efficaci nel ridurre la trasmissione solare termica, a parità di quella luminosa.

Componenti vetrati multistrato - tra le configurazioni a doppio strato più efficaci vi è quella con vetro assorbente all'esterno, camera d'aria ventilata e pellicola a bassa emissività sul lato esterno del vetro interno.

Materiale traslucido e isolante trasparente - indicati quando la visibilità non è un requisito essenziale, come nel caso dei lucernari; i materiali isolanti trasparenti (TIM) hanno il più basso coefficiente di dispersione termica di tutti i componenti di chiusura trasparente e sono quindi particolarmente adatti laddove il carico termico annuale prevalente è di riscaldamento (edifici residenziali, zone montane).

Materiali trasparenti a trasmissione variabile - sono materiali di tipo elettrocromico, fotocromico o termocromico; il più promettente è quello elettrocromico, le cui prestazioni possono variare: dal 10 al 50% e dal 20 al 70% della trasmissione incidente, rispettivamente, luminosa e totale; dal 10-20% al 70% della trasmissione di radiazione nel range dell'infrarosso vicino (quella maggiormente incidente sul *coefficiente di trasmissione solare*).

Sistemi schermanti

Le schermature si distinguono: dal punto di vista della *geometria*, in orizzontali e verticali; dal punto di vista della *posizione*, in esterne e interne; dal punto di vista della *gestione*, in fisse e operabili.

Le **schermature orizzontali** (a soletta o a doghe) sono efficaci se di dimensioni opportune e collocate sulla facciata Sud dell'edificio; in tal caso impediscono la penetrazione della radiazione diretta nelle ore centrali delle giornate estive, consentendo l'apporto solare invernale.

Le **schermature verticali** (a parete o a doghe) sono efficaci, invece, con ogni orientamento, quando la direzione dei raggi solari non è contenuta in un piano parallelo a quello dello schermo (singola dogha di un *brise soleil* o parete laterale alla finestra) e forma con esso un angolo di incidenza sufficientemente ampio da impedire la penetrazione dei raggi stessi. Alle latitudini del Piemonte, gli schermi verticali a parete (ad esempio, le fiancate di una loggia incassata) sono, dunque, utili negli orientamenti S-SE e S-SW, mentre quelli a doghe (possibilmente ad inclinazione variabile) funzionano bene negli orientamenti SW-NW e SE-NE.

Le **schermature esterne** sono molto più efficaci di quelle *interne* come strumento di controllo solare, in quanto respingono la radiazione solare prima che raggiunga la superficie del vetro, evitando che questo si riscaldi e si inneschi un micro effetto serra tra superficie dello schermo e vetro (come può accadere se lo schermo è interno). Il reirraggiamento nel campo dell'infrarosso, inoltre, prodotto dalla superficie dello schermo, quando riscaldata dai raggi solari (riducibile, ma mai annullabile, utilizzando superfici a bassa emissività), viene disperso se la *posizione dello schermo* è esterna, mentre contribuisce ad incrementare la temperatura dell'ambiente in cui è collocata la finestra, se lo schermo è posto all'interno. Gli schermi interni, comunque, più facilmente operabili e meno costosi di quelli esterni, possono ritenersi sufficienti, in climi temperati, laddove il controllo solare non è fattore prioritario, come in stanze con area finestrata ridotta, in edifici residenziali.

Riferimenti bibliografici

AA. VV., *Handbook of Fundamentals*, Cap. 27, ASHRAE, Atlanta, 1989.

Coronel J.F. e Alvarez S., *LAMAS Programme User's Manual*, PASCOOL Project, CEC-DGXII, JOULE II - Programme, Atene, 1995.

Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.

Molina J.L., Alvarez S. e Rodriguez E.A., *A Methodology for Calculating Monthly Based Shading Factors*, Università di Siviglia e Commissione delle Comunità Europee, 1991.

Stein, B., Reynolds, J. S., *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 8ª Ed., John Wiley & Sons, New York, 1992.

Weber W., a cura di, *PASCOOL .Electronic Metahandbook: Final Report e User's Manual*, PASCOOL Project, CEC-DGXII, JOULE II - Programme, Atene, 1995.

Riferimenti normativi

RAFFRESCAMENTO AMBIENTI
Controllo degli apporti termici solari

applicare a:

R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Utilizzare la massa edilizia come volano termico per evitare condizioni di surriscaldamento all'interno dell'edificio (usi residenziali e non).		Progettare le chiusure opache e le partizioni dell'edificio in modo tale da garantire un'adeguata inerzia termica.	<p>I seguenti parametri, caratteristici dell'inerzia termica, devono avere i come valori:</p> <p>Edifici residenziali</p> <ul style="list-style-type: none"> Coefficiente di sfasamento medio (ponderale) delle chiusure opache non inferiore a 8 ore; <p>Uffici</p> <ul style="list-style-type: none"> Effusività termica media delle superfici interne non inferiore a $500 \text{ W s}^{0.5}/\text{m}^2 \text{ K}$. 	<p>Stratigrafia e materiali idonei nelle chiusure opache (edifici residenziali).</p> <p>Stratigrafia e materiali idonei negli spazi interni (edifici non residenziali).</p>	CCT-Rfp-26
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Coefficiente di sfasamento (come definito dalla UNI 10375).	Evidenziazione, sugli elaborati di progetto, dei tipi di materiale delle chiusure e della struttura, e loro massa fisica.	Tabelle del coefficiente di sfasamento per pareti verticali con isolamento concentrato e ripartito, e per solai in sottotetto. Uso di programmi di simulazione termica dinamica.		RAFFRESCAMENTO AMBIENTI Controllo dell'inerzia termica
COS					
ESE	Variazione della temperatura dell'aria interna in relazione alla temperatura esterna.			Misura in campo: variazione della temperatura dell'aria interna in relazione alla temperatura esterna, in un arco di tempo giornaliero definito e in vani-campione.	
Riferimenti normativi essenziali					
UNI 10349:1994/CE, UNI 10375					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
Requisiti: URC-Ris-1, URC-Rfn-2, URC-Rfn-3, CCT-Ris-21					
					R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCT-Rfp-26

Stratigrafia e materiali delle chiusure opache (edifici residenziali)

Uno dei parametri caratteristici dell'inerzia termica di elementi tecnici opachi è il *coefficiente di sfasamento* (misurato in ore), rappresentativo del ritardo con cui l'elemento stesso rilascia, verso l'ambiente interno, il calore accumulato, sia da apporto solare, sia da fonti interne.

Il *coefficiente di sfasamento* di pareti composte da materiale omogeneo è direttamente proporzionale al quadrato del loro spessore e inversamente proporzionale ad un parametro caratteristico del materiale, detto *diffusività termica* ($a = \lambda / \rho c$, m²/s) - il rapporto tra conduttività (λ , W/m²°K) e capacità termica volumica (ρc , J/m³°K) - e indicante la rapidità con cui il calore si diffonde in profondità nel materiale. I materiali in legno sono quelli a più bassa diffusività, mentre questa cresce con la densità, nel calcestruzzo. Ad eccezione dei valori estremi, rappresentati dalla pietra (verso l'alto) e dal legno (verso il basso), la diffusività termica dei materiali non varia di molto, attestandosi attorno al valore medio di 0,5 mm²/s. I materiali isolanti hanno la densità più bassa di tutti gli altri materiali, ma piuttosto elevata diffusività.

Un secondo parametro, per la valutazione dell'inerzia termica, è il *fattore di attenuazione armonica* (detto anche *coefficiente di attenuazione* o *fattore di decremento*), vale a dire, il rapporto - caratteristico di una certa massa edilizia - tra l'ampiezza dell'oscillazione termica della temperatura media dell'aria interna e quella della temperatura media dell'aria esterna, con ciclo dominante di 24 ore; tale fattore varia da 0 (attenuazione massima, inerzia infinita) a 1 (attenuazione minima, inerzia nulla) ed è inversamente proporzionale al ritardo termico con cui la massa rilascia, all'interno dell'edificio, il calore accumulato.

L'attenuazione, e, quindi, l'inerzia termica, di una chiusura opaca dipendono dallo spessore, sia della massa muraria, sia dello strato isolante, nonché dalla collocazione di quest'ultimo. La collocazione dello strato isolante sulla superficie interna di una parete non procura alcuna evidente attenuazione della variazione di temperatura esterna, mentre livelli elevati di attenuazione, e, quindi, di inerzia termica, sono ottenibili sia utilizzando pareti spesse non isolate, sia aggiungendo uno strato isolante sulla superficie esterna di una parete più sottile. L'effetto di attenuazione, ad esempio, di una parete in cls di 40 cm di spessore è pressoché equivalente a quello di una parete di 20 cm, con isolamento esterno in lana di roccia spesso 1 cm, o a quello di una parete di 10 cm, con isolamento esterno di 3 cm.

Stratigrafia e materiali negli spazi interni (edifici non residenziali)

Nel caso di pareti isolate all'esterno (com'è opportuno prevedere negli edifici non residenziali, ad elevato carico termico interno), la capacità effettiva di accumulo della parete è rappresentata dalla *capacità termica aerea*, che coinvolge lo strato di muratura verso l'ambiente interno. Tale parametro, per pareti di materiale omogeneo, è proporzionale all'*effusività termica* ($b = \sqrt{\lambda \rho c}$, Ws^{0.5}/m² K), una proprietà dei materiali caratterizzante la facilità con cui il calore può essere assorbito dalla superficie dei materiali stessi; l'effusività termica cresce con la conduttività λ e con la capacità termica volumica ρc .

L'effusività termica dei materiali da costruzione non metallici varia in un range molto più ampio (2 ordini di grandezza) che quello della diffusività ed è strettamente correlata alla densità del materiale. L'effusività è un parametro fondamentale per il comfort di un ambiente interno, in quanto determina la variazione della temperatura delle superfici esposte al flusso di calore. L'inerzia termica della massa muraria isolata esternamente - ovvero l'effusività dei materiali delle superfici internamente esposte - è determinante nell'incremento, nel tempo, della temperatura delle superfici stesse; questa è, infatti, per un dato apporto termico, inversamente proporzionale all'*effusività media della stanza*, definita come il rapporto tra la sommatoria dei prodotti di ogni superficie omogenea per il relativo valore di effusività, e la superficie totale esposta. La configurazione di materiali delle superfici esposte di una stanza può essere suddivisa nelle seguenti classi di effusività media b_m [Ws^{0.5}/m² K]: leggera ($b_m \leq 325$); media ($325 < b_m \leq 750$); pesante ($750 < b_m \leq 1250$); molto pesante ($b_m > 1250$).

Riferimenti bibliografici

Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.
Mathews E.H., "Thermal Analysis of Naturally Ventilated Buildings", in *Building and Environment*, Vol. 21, pp. 35-39, Elsevier Sciences, Londra, 1986
Stein, B., Reynolds, J. S., *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 8^a Ed., John Wiley & Sons, New York, 1992.
Van der Maas J., "Thermal Inertia", Cap. 4 del *Handbook on Passive Cooling*, a cura di Yannas S. e Maldonado E., Londra, draft, 1996

Riferimenti normativi

Allegato B allo Schema di Regolamento edilizio tipo della Regione Emilia Romagna (DGR 593/95, modificato con DGR 268/2000) – Requisiti volontari: Famiglia 6 – uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche; R.V. 6.6 – uso dell'inerzia termica per la climatizzazione estiva

applicare a:
R-U-S

RAFFRESCAMENTO AMBIENTI
Controllo dell'inerzia termica

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice CCT-Rfp-27
Utilizzare il pozzo termico naturale rappresentato dal terreno per ridurre il carico di raffrescamento dei corpi di fabbrica a destinazione d'uso non residenziale.		Progettare il sistema impiantistico di ventilazione meccanica e trattamento dell'aria, nei corpi di fabbrica non residenziali, in modo tale da essere integrato con l'apporto di aria raffrescata attraverso il passaggio in condotti interrati.	Realizzare tubazioni interrate per il passaggio dell'aria, ad una profondità di almeno 2 m dal suolo, di lunghezza e diametro, e con portate d'aria, idonei a portare la temperatura dell'aria da immettere nel sistema, nel periodo estivo, a valori non superiori a 23 °C.	Condotti interrati. Integrazione impiantistica.	RAFFRESCAMENTO AMBIENTI Ventilazione attraverso condotti interrati
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Temperatura dell'aria in uscita dai condotti interrati (ingresso delle U.T.A.).	Temperatura dell'aria in uscita dai condotti interrati (ingresso delle U.T.A.).	Evidenziazione, sulle planimetrie di progetto, della localizzazione e lunghezza dei condotti interrati. Schema impiantistico illustrante l'integrazione tra sistema di trattamento dell'aria e ventilazione tramite i condotti interrati.		
COS					
ESE	Temperatura dell'aria in uscita dai condotti interrati.			Misura in campo: temperatura dell'aria in uscita dai condotti interrati e temperatura dell'aria esterna, in periodi campione.	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10349:1994/CE					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-Con-28, QAE-Tf-7					
					applicare a: U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCT-Rfp-27

Ventilazione attraverso condotti interrati

Nei sistemi di ventilazione attraverso condotti interrati, l'aria viene fatta circolare attraverso condutture in PVC (o altro materiale anticorrosione), tramite un ventilatore di potenza commisurata alla portata d'aria richiesta (quella dell'impianto di ventilazione) e alla velocità dell'aria, dipendente dal livello di raffrescamento richiesto. I requisiti tecnologici principali di un sistema di ventilazione a condotti interrati sono i seguenti:

Dimensioni:

- lunghezza minima dei condotti di 10 m;
- diametro del condotto variabile da 20 a 30 cm;
- profondità a cui collocare i condotti, compresa tra 1.5 e 3 m;
- velocità dell'aria all'interno dei condotti, compresa tra 4 e 8 m/s.

Aspetti qualitativi:

Nel collocare i condotti nel terreno, si deve porre particolare attenzione al contatto tra superfici degli stessi e terreno circostante, al fine di garantire uno scambio termico ottimale. A tale riguardo, è utile posizionare, attorno alla tubazione, uno strato di 5 cm di sabbia, che ha una buona conduttività termica ed evita il formarsi di bolle d'aria; ciò potrebbe verificarsi ponendo il condotto a contatto diretto con il terreno comune, e ne diminuisce la conduttività.

Un altro problema a cui occorre prestare particolare attenzione è la possibilità di condensa all'interno dei condotti, o di evaporazione dell'acqua accumulata. Tali fenomeni possono, infatti, favorire la formazione di muffe e la coltura di microorganismi nocivi, influenzando negativamente la qualità dell'aria in uscita dai condotti. Pur considerando che l'aria è comunque trattata, prima di essere immessa negli ambienti interni, è possibile risolvere il problema a monte, posizionando le tubazioni in pendenza (1%) e praticando dei fori alla base del gomito inferiore del condotto.

Integrazione impiantistica

L'integrazione impiantistica dei sistemi di ventilazione tramite condotti interrati avviene al livello delle Unità di Trattamento dell'Aria, dell'impianto centralizzato di condizionamento. Nel caso in cui il trattamento dell'aria sia separato dal raffreddamento della stessa (impianto a ventil-convettori), si deve porre attenzione alle interazioni ambientali tra la temperatura dell'aria emessa dai condotti interrati e quella in uscita dai ventil-convettori.

L'integrazione impiantistica è, in ogni caso, oggetto della progettazione di dettaglio degli impianti (v. Scheda efficienza impianti di climatizzazione).

Riferimenti bibliografici

- Grosso, M.**, "Principi e tecniche di controllo dello scambio termico edificio-terreno", in *Ambiente Costruito: biotecnica-recupero-qualità in architettura*, n. 1/97, Maggioli Ed., Rimini, 1997.
- Grosso, M.**, *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.
- Stein, B., Reynolds, J. S.**, *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 8^a Ed., John Wiley & Sons, New York, 1992.

Riferimenti normativi

RAFFRESCAMENTO AMBIENTI
Ventilazione attraverso condotti interrati

applicare a:
U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre il consumo di energia primaria attraverso l'incremento dell'efficienza dell'impianto di climatizzazione estiva.		Massimizzare l'efficienza dell'impianto di climatizzazione estiva in base alla destinazione d'uso dell'edificio.		<p>Scelta di tipologie di impianto di climatizzazione coerenti con la destinazione d'uso dell'edificio e corretta integrazione con le caratteristiche termofisiche dell'edificio</p> <p>Adozione di accorgimenti per la riduzione dei consumi a livello di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • produzione del freddo; • distribuzione dei fluidi termovettori; • regolazione. 	CCT-Con-28
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO			Utilizzo di codici di simulazione del comportamento energetico dinamico del sistema edificio-impianto.		
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
applicare a:					
U-S					

RAFFRESCAMENTO AMBIENTI
Efficienza dell'impianto di climatizzazione

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCT-Con-28

RAFFRESCAMENTO AMBIENTI
Efficienza dell'impianto di climatizzazione

I sistemi di climatizzazione estiva sono classificabili nelle seguenti categorie:

- impianti autonomi: condizionatori da finestra, sistemi ad espansione diretta del tipo "roof-top" o "split system" (di tipo singolo o "multisplit");
- impianti centralizzati a tutt'aria a portata e temperatura costante, a portata variabile, a portata e temperatura variabili, monocondotto o a doppio condotto, a zona singola o multizona, ecc.;
- impianti centralizzati misti aria-acqua, con terminali acqua del tipo ventilconvettori (a due o quattro tubi), pannelli radianti, unità a induzione, trave fredda, ecc.;
- impianti centralizzati a sola acqua (ovvero senza trattamento di aria primaria).

Gli impianti autonomi presentano il vantaggio di non richiedere la distribuzione di un fluido termovettore intermedio (acqua refrigerata), in quanto il trattamento dell'aria viene effettuato direttamente da una batteria fredda che coincide con l'evaporatore della macchina frigorifera.

I sistemi cosiddetti "packaged" (roof-top e simili) hanno pregi e difetti tipici dei sistemi autonomi distribuiti: facilità di installazione e flessibilità d'uso da un lato, efficienza ridotta e manutenzione onerosa dall'altro. I sistemi split sono interessanti soprattutto nelle ristrutturazioni, in quanto richiedono passaggi limitati per le sole alimentazioni elettriche e tubazioni del fluido refrigerante, ma presentano alcune limitazioni funzionali in particolare riguardo al controllo di umidità e ricambio d'aria.

Gli impianti a tutt'aria sono consigliati soprattutto per gli ambienti di grande volume o caratterizzati da elevati livelli di occupazione. Presentano ingombri elevati (per le unità di trattamento aria e le canalizzazioni di distribuzione dell'aria) e una regolazione locale abbastanza complessa.

Gli impianti misti presentano ingombri minori per la parte trattamento e distribuzione aria, ma la necessità di realizzare anche una rete di distribuzione dell'acqua. Sono consigliabili, per la maggiore flessibilità d'uso, in edifici caratterizzati da carichi termici e profili di utilizzazione fortemente variabili tra ambiente e ambiente.

Gli impianti a sola acqua costituiscono una semplificazione dell'impianto misto, essendo privi del sistema di trattamento e distribuzione dell'aria primaria che garantisce il controllo dell'umidità e del rinnovo dell'aria: si tratta quindi di una soluzione di impianto che presenta evidenti limitazioni funzionali.

Dal punto di vista energetico sono generalmente raccomandabili le seguenti scelte progettuali:

- scelta di sistemi di distribuzione dell'aria a portata variabile (per impianti a tutt'aria), al fine di ridurre i consumi elettrici di movimentazione dell'aria;
- realizzazione di sistemi che permettano di modulare la portata d'aria di rinnovo, da un lato, in base all'effettiva richiesta di controllo dell'inquinamento indoor (DCV = Demand Controlled Ventilation), dall'altro lato, in base alla possibilità di effettuare il raffrescamento gratuito (free cooling) diretto, tipicamente nelle stagioni intermedie;
- adozione di sistemi di recupero termico sull'aria di rinnovo, possibilmente di tipo cosiddetto "entalpico", in grado cioè sia di raffreddare, sia di deumidificare l'aria di rinnovo, tramite lo scambio di calore e massa (di vapore) con la portata d'aria ambiente espulsa;
- scelta di sistemi di produzione del freddo che consentano recuperi energetici quali, gruppi frigoriferi ad assorbimento alimentati con calore di recupero, ecc.;
- utilizzazione di sistemi di accumulo giornaliero di energia frigorifera.

Ovviamente la realizzabilità tecnico-economica di ciascuna specifica scelta deve essere verificata caso per caso in base alle caratteristiche dell'utenza, ai vincoli architettonici, alla taglia degli impianti, ecc.

Riferimenti bibliografici

Alfano, G., Filippi, M., Sacchi, E. (a cura di), *Impianti di climatizzazione per l'edilizia. Dal progetto al collaudo.* Masson, Milano, 1997.
Kreider, J.F., Rabl, A., *Heating and cooling of buildings. Design for efficiency.* New York, Mc Graw-Hill, 1994

Riferimenti normativi

applicare a:
U-S

PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA (ACS)

CLASSE DI REQUISITI

La produzione di acqua calda sanitaria rappresenta una voce di consumo di energia che, pur essendo quantitativamente minore del riscaldamento degli ambienti, può talvolta determinare situazioni di grave inefficienza per gli impianti termici.

In generale un impianto di produzione ACS può essere di tipo istantaneo o ad accumulo, centralizzato (con o senza ricircolo) o locale, alimentato da combustibili, da energia elettrica (nelle due varianti di riscaldamento puramente resistivo o con pompa di calore) o da energia solare.

Le strategie di risparmio energetico raccomandate consistono nel privilegiare la produzione di ACS da fonte rinnovabile o assimilata: l'impiego di sistemi solari attivi, ad esempio, può risultare conveniente anche nei nostri climi, così come la produzione con pompa di calore accoppiata al recupero di calore di scarto da macchine frigorifere, ventilazione di grandi volumi, ecc.

Per i sistemi centralizzati alimentati a combustibile occorre adottare soluzioni modulari, per evitare la riduzione di rendimento di produzione che si verifica quando il fattore di carico del generatore è troppo basso.

Si raccomanda inoltre l'impiego di soluzioni mirate a ridurre perdite accidentali e prelievi eccessivi da parte delle utenze.



OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	Codice
Adottare, per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS), impianti che utilizzano fonti di energia rinnovabili (o assimilate).		Produrre la più elevata percentuale possibile di acqua calda sanitaria (ACS) utilizzando fonti di energia rinnovabili o assimilate.		<p>Le fonti di energia / tipologie di impianto utilizzabili sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • impianti solari attivi ad acqua; • impianti a pompa di calore; • impianti di cogenerazione di piccola scala; • collegamento a reti di teleriscaldamento servite da centrale cogenerativa. 	CCT-Acs-29
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Consumo stagionale di energia primaria (distinto per tipologia di fonte energetica).				
COS					
ESE	Consumo stagionale di energia primaria.			Monitoraggio dei consumi stagionali di energia primaria.	
Riferimenti normativi essenziali Norme UNI sulla produzione di ACS					PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA Impiego di energie rinnovabili o assimilate
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-Acs-30					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCT-Acs-29

I sistemi di produzione dell'acqua calda sanitaria (ACS) si classificano in base ai seguenti criteri:

- sistemi con accumulo / sistemi a produzione istantanea (privi di accumulo);
- sistemi locali / sistemi centralizzati;
- sistemi dedicati / sistemi combinati.

I sistemi locali con accumulo utilizzano, quale fonte di energia primaria, generalmente l'elettricità, più raramente il gas (metano o GPL); quest'ultimo è invece il combustibile tipico dei sistemi locali istantanei (scaldacqua / scaldabagno a gas).

I sistemi centralizzati, sempre del tipo ad accumulo, distribuiscono l'ACS dalla centrale termica alle utenze in genere attraverso una rete con ricircolo, al fine di garantire una rapida erogazione di acqua calda ai singoli punti di prelievo. Generalmente i sistemi centralizzati sono di tipo combinato: la produzione di ACS è dunque, insieme ai vari circuiti di riscaldamento ambiente, una delle svariate utenze servite dalla centrale termica. Sono peraltro di tipo combinato anche la maggior parte degli impianti locali serviti da caldaie autonome.

Poiché l'ACS è una tipica utenza termica a temperatura medio-bassa, essa si presta ad essere integrata con sistemi di produzione termica basati su fonti di energia rinnovabile o assimilate quali:

- sistemi solari attivi;
- impianti a pompa di calore.

La produzione di ACS può inoltre essere ottenuta con sistemi cogenerativi, sia di tipo locale, sia attraverso il collegamento a reti di teleriscaldamento. Riguardo a tale soluzione, è da verificare la convenienza tecnico-economica di una produzione cogenerativa di ACS nella stagione estiva, in cui essa costituisce in genere l'unica domanda di energia termica.

PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA
Impiego di energie rinnovabili o assimilate

Riferimenti bibliografici

Chiesa, G., Dall'O' G., *Gestione delle risorse energetiche nel territorio*, Milano, Masson, 1997
Lazzarin R., *Le pompe di calore*, Milano, Tecniche Nuove, 1981.
Lozza G., *Turbine a gas e cicli combinati*, Bologna, Esculapio, 1996.
Macchi, E., Pellò, P.M., Sacchi, E., *Cogenerazione e teleriscaldamento*, Milano, CLUP, 1984.
Duffie, J.A., Beckman, W.A., *L'energia solare nelle applicazioni termiche*, Napoli, Liguori, 1978.

Riferimenti normativi

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre il consumo di energia primaria attraverso l'incremento dell'efficienza del sistema di produzione di acqua calda sanitaria (ACS).		Garantire i più elevati valori possibili di: <ul style="list-style-type: none"> • rendimento di produzione; • rendimento di distribuzione. 		<p>Generatori di calore ad elevato rendimento.</p> <p>Isolamento termico di sistema di accumulo e tubazioni.</p> <p>Pompaggio a portata variabile.</p> <p>Evitare sprechi e prelievi eccessivi di ACS.</p>	CCT-Acs-30
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a:
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	<p>Rendimento del sistema di produzione (UNI 10348).</p> <p>Rendimento della rete di distribuzione (UNI 10376, UNI 10347).</p>			Misura di laboratorio del rendimento di produzione dei generatori di calore.	
COS					
ESE	Rendimento di combustione (UNI 10389).			Misura in campo del rendimento di produzione dei generatori di calore.	
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-ACS-29					

PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA
Efficienza dell'impianto di produzione acqua calda

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

Riguardo all'efficienza del sistema di produzione dell'ACS vale buona parte delle considerazioni sviluppate a proposito degli impianti di riscaldamento. Considerando le diverse caratteristiche degli impianti e dell'utenza, sono significativi per la produzione di ACS gli aspetti seguenti.

Riguardo al rendimento del sistema di produzione del calore, è importante che il generatore di calore abbia una potenza congruente con il fabbisogno dell'utenza ACS. Occorre cioè evitare, particolarmente nei sistemi combinati, che il generatore (dimensionato in base al fabbisogno totale di riscaldamento + produzione ACS) operi a carico ridotto, con conseguente penalizzazione del rendimento.

L'accumulo di ACS deve essere correttamente dimensionato in base alla domanda delle utenze e adeguatamente coibentato. Il livello di temperatura dell'accumulo è un ulteriore fattore che influenza l'entità delle dispersioni: tale temperatura deve comunque essere stabilita anche tenendo conto del rischio Legionella, batterio che può provocare gravi forme di polmonite e che tende a proliferare nell'acqua.

La distribuzione dell'ACS richiede un'adeguata coibentazione delle tubazioni. Il ricircolo, se da un lato aumenta le dispersioni e genera un consumo di energia di pompaggio, è peraltro desiderabile perché rende immediatamente disponibile l'acqua al punto di prelievo, appena viene aperto il rubinetto.

E' inoltre necessario adottare tutti gli accorgimenti progettuali, costruttivi e gestionali miranti a eliminare o almeno ridurre i prelievi eccessivi e le perdite accidentali di ACS. Si raccomanda inoltre di valutare la possibilità di effettuare un recupero di calore dalle acque bianche di scarico; in questo caso è necessario convogliare gli scarichi in un serbatoio di raccolta e installare uno scambiatore di calore (o una pompa di calore) che preriscalda l'acqua di alimento.

Riferimenti bibliografici

Masoero M., Fracastoro, G.V., *Manuale dell'Energy Auditing*, Pubblicazione MH-4 del Progetto Finalizzato Energetica 2, CNR-ENEA, Roma, 1990.

Riferimenti normativi

codice
CCT-Acs-30

PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA
Efficienza dell'impianto di produzione acqua calda

applicare a:

R

PRODUZIONE D'ENERGIA ELETTRICA

CLASSE DI REQUISITI

Impiego di sistemi fotovoltaici

La scoperta della possibilità di trasformare la luce solare in energia elettrica risale al 1839, quando il fisico francese Becquerel osservò che tra due elettrodi identici – uno illuminato, l'altro tenuto al buio – immersi in un elettrolito, si stabiliva una differenza di potenziale. La spiegazione del fenomeno avvenne molti anni più tardi, con la scoperta della composizione particellare dell'atomo e, in particolare, della dinamica caratterizzante la rotazione degli elettroni attorno al nucleo e il loro passaggio da un atomo all'altro con conseguente conduzione d'energia.

Lo sfruttamento tecnologico di tale scoperta ebbe inizio, tuttavia, oltre un secolo dopo quella scoperta, quando, nel 1954, si realizzò, negli U.S.A., la prima cella fotovoltaica (FV), con rendimenti di conversione accettabili, che sfruttava le caratteristiche di un minerale semiconduttore molto diffuso sulla terra: l'ossido di silicio. Le prime applicazioni di successo delle celle fotovoltaiche furono quelle del settore spaziale e l'impiego crescente di satelliti artificiali per le telecomunicazioni ha portato alla diffusione del fotovoltaico e alla nascita di una vera e propria industria.

La cella e i moduli

La conversione della radiazione solare in corrente elettrica avviene in celle FV, assemblate in moduli. La cella FV è un dispositivo costituito da una sottile fetta, detta "wafer", di un materiale semiconduttore, generalmente, silicio. L'efficienza di conversione di una cella FV - cioè, la percentuale d'energia elettromagnetica trasformata in energia elettrica - è limitata da fattori di tipo sia fisico (dovuti al fenomeno FV ed inevitabili), sia tecnologico (derivati dal processo di fabbricazione impiegato e dalle caratteristiche del materiale di cui è costituita la cella). L'efficienza di conversione, per celle commerciali al silicio, è, in genere, compresa tra il 12% e il 17%, mentre realizzazioni speciali di laboratorio hanno raggiunto il 30%.

Il silicio utilizzato nella produzione delle celle FV di tipo commerciale si distingue, in base alle proprietà cristallografiche, in:

- *monocristallino*, con atomi orientati, e legati tra loro, in modo identico;
- *policristallino*, costituito da un gran numero di piccoli cristalli - detti grani - all'interno dei quali gli atomi sono uniformemente ordinati, mentre le zone di confine tra grani sono caratterizzate da disordine;
- *amorfo*, cioè, senza struttura cristallina.

Per fabbricare il silicio monocristallino si utilizzano, attualmente, gli scarti dell'industria elettronica. Il silicio policristallino è viepiù utilizzato, poiché unisce, ad un grado di purezza sufficiente per la conversione energetica, costi di fabbricazione inferiori. Il silicio amorfo si presta, particolarmente, per la produzione di celle a film sottile ed applicazioni su grandi superfici.

I sistemi fotovoltaici in edilizia

Gli impianti fotovoltaici (FV) applicati agli edifici sono divisibili in due categorie principali:

- Sistemi isolati (*stand-alone*), cioè in grado di generare energia elettrica anche in assenza di irraggiamento solare, tramite il supporto di batterie d'accumulo;
- Sistemi collegati alla rete elettrica, che assorbe l'energia prodotta in eccesso, rispetto alla domanda dell'utenza specifica, e fornisce il fabbisogno necessario,

quando il generatore FV non è in grado di produrlo per insufficienza d'irraggiamento.

I componenti principali di un impianto FV sono i seguenti.

1. *Generatore FV*, composto da: *moduli* di celle FV, montati su una struttura rigida a formare un *pannello*; più pannelli collegati in serie (per ottenere una determinata tensione) a costituire una *stringa*; più stringhe collegate in parallelo e in numero sufficiente per fornire la potenza elettrica richiesta. Il parametro elettrico principale per il dimensionamento di un generatore FV è la potenza nominale, cioè, la potenza erogata dal generatore in condizioni nominali standard (irradianza solare di 1000 W/m² e temperatura dei moduli di 25 °C).
2. Sistema di controllo e condizionamento della potenza (*BOS - Balance of System*), composto da: regolatore di carica; convertitore cc/cc, d'inseguimento del punto di massima potenza (*MPPT - Maximum Power Point Tracking*); convertitore cc/ca (*inverter*), che converte la corrente continua (in uscita dal generatore FV) in corrente alternata (utenza).
3. Sistema d'accumulo (per impianti isolati), utilizzante apposite batterie di tipo stazionario (con connessioni esterne), che assicurano un basso valore d'auto-scarica, lunga vita (7-8 anni) e manutenzione quasi nulla.

L'efficienza complessiva di un impianto FV – vale a dire, il rapporto tra potenza media effettivamente erogata, nell'arco di un anno, e potenza nominale (la somma della potenza nominale di ogni modulo) – si può valutare tra il 75% e l'80%.

Dal punto di vista tecnologico, i sistemi FV sono applicabili all'involucro di un edificio, in diverse configurazioni, che hanno livelli d'integrazione differenziati, come di seguito descritto.

- Pannelli collocati sul tetto, ad inclinazione ottimale (la latitudine meno 10 °): il grado d'integrazione è direttamente proporzionale alla vicinanza, dell'angolo d'inclinazione del tetto, a quello ottimale per il sistema FV.
- Elementi sostitutivi dei componenti del manto di copertura (tegole fotovoltaiche, realizzate con celle di silicio amorfo): integrazione massima.
- Elementi di rivestimento di chiusure verticali: massima integrazione, ma diminuita efficienza, dovuta al fattore inclinazione.
- Elementi sostitutivi di partizioni orizzontali (sporti) o verticali (parapetti), con moduli distribuiti su struttura a doghe: buona integrazione; efficienza dipendente dall'inclinazione delle doghe.
- Elementi inseriti in chiusure trasparenti: buona integrazione (con funzione aggiunta di filtro della luce naturale); efficienza dipendente dall'inclinazione della superficie finestrata.

I sistemi FV sono, altresì, collocabili in spazi esterni all'edificio, utilizzando, ad esempio, o adattando, la morfologia del terreno per individuare l'inclinazione ottimale. In tal caso, si deve, necessariamente, prevedere la recinzione dell'area destinata all'impianto.

Costi e programmi d'incentivazione

Il costo di produzione delle celle fotovoltaiche, sia pure abbassatosi di molto rispetto alle prime applicazioni, rimane ancora molto elevato, rispetto a quello dei sistemi tradizionali di produzione dell'energia elettrica, basati, prevalentemente, sulla fonte petrolifera. Tale fattore rappresenta uno dei vincoli maggiori alla penetrazione del fotovoltaico (FV) in edilizia e nelle città, come fonte alternativa a quella fossile. I costi d'installazione di un sistema FV, infatti, annualizzati per la durata presumibile dell'impianto (25÷30 anni), portano ad un costo del kWh prodotto, pari a circa quattro

volte quello attuale dell'energia elettrica fornita dalla rete, come media tra diversi Paesi e utilizzi. Ciò fa sì che i sistemi FV siano, oggi, competitivi unicamente in edifici e impianti isolati, non collegati alla rete di distribuzione dell'energia elettrica, e tanto remoti dalla stessa da comportare costi molto elevati di allacciamento.

Tuttavia, la consapevolezza, da parte dei Paesi industrializzati, della necessità di ridurre l'emissione di gas serra connessi con l'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili, e responsabili dei cambiamenti climatici in atto, ha portato - in particolare, negli U.S.A. e in Germania - allo sviluppo di programmi e normative volte ad incentivare l'utilizzo dei sistemi FV, attraverso forme di contributo e/o defiscalizzazione, tali da rendere quella fonte competitiva con quelle tradizionali.

In Italia, dopo anni di dibattito, è stato finalmente implementato il Programma "Tetti fotovoltaici", che prevede la possibilità di finanziamento del 75% del costo d'installazione di un impianto FV, valutato 15 milioni al kW, con un decremento progressivo dopo 5 kW. Il piano attuativo è in due fasi: la prima, con un Bando emesso dal Ministero dell'Ambiente, nell'aprile 2001 - di cui ai DD n. 99/SIAR/2000 e n. 106/SIAR/2001 - prevedeva il finanziamento di progetti presentati da Enti Pubblici e Comuni Capoluogo di Provincia; la seconda, contemplava una delega alle Regioni, che avessero adottato obiettivi e criteri generali del Piano, per l'emanazione di procedure di finanziamento ai privati. La Regione Piemonte emanò il relativo bando con B.U.R. n. 31 del 1/08/2001 e le domande dovevano essere presentate dal 1/10/2001 al 29/11/2001.

Il finanziamento è limitato a impianti di potenza inferiore, o uguale, a 20 kW e non è contemplata la possibilità di vendita del surplus di energia eventualmente prodotta; questa è valutata come un credito, da esigersi a compensazione dei consumi effettuati l'anno successivo a quello in cui il surplus stesso è stato prodotto. Tale programma dovrebbe essere rifinanziato per i prossimi due anni.

Impiego di sistemi di cogenerazione

La produzione combinata di energia termica ed elettrica, più nota come cogenerazione, consiste nell'impiego di motori termici (turbine a vapore, turbine a gas, motori alternativi) accoppiati ad un generatore elettrico ed equipaggiati di sistemi di recupero del calore residuo del ciclo termodinamico.

Questa tecnologia, nata e consolidatasi in campo industriale, trova oggi largo impiego nel settore civile. Essa è riconosciuta dalla legge 10/91 quale risorsa energetica assimilata alle fonti rinnovabili, e come tale beneficiaria delle facilitazioni ed incentivazioni (anche finanziarie) previste dalla legge.

Gli impianti di cogenerazione di grande taglia sono generalmente collegati a reti di riscaldamento urbano (teleriscaldamento) che distribuiscono acqua calda o surriscaldata a distanze di svariati km dalla centrale. Gli impianti di taglia medio-piccola sono invece mirati a servire utenze locali (ad es. un ospedale o un singolo quartiere), con reti di distribuzione di limitata estensione.

Nel caso di Torino, l'esistenza di una estesa rete gestita dall'AEM, per la quale è in progetto un programma di estensione che verosimilmente coinvolgerà sia il potenziamento della centrale di Moncalieri, sia la realizzazione di un nuovo polo produttivo nell'area di Spina 2, suggerisce di considerare come prioritaria l'opzione di collegamento alla rete esistente.

Soluzioni di cogenerazione locale dovranno essere attentamente analizzate in termini di convenienza energetico-economica, di cantierabilità e di compatibilità ambientale, soprattutto dal punto di vista delle emissioni acustiche e atmosferiche.

Il progetto potrebbe inoltre costituire un'occasione per proporre e sperimentare soluzioni innovative quali i sistemi di produzione combinata basati su celle a combustibile.

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre il fabbisogno di energia elettrica, basato sull'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili.			Garantire una copertura significativa del fabbisogno di elettricità con energia solare fotovoltaica, integrata alla rete elettrica di distribuzione a bassa tensione, con limiti da 1 a 20 kWp di potenza installata ed efficienza operativa media annuale > 75%.	Sistemi di generazione di energia elettrica tramite conversione solare fotovoltaica. Integrazione tecnologica dell'involucro edilizio ed, eventualmente, degli spazi esterni, con elementi a celle fotovoltaiche, sia opachi, sia semitrasparenti.	CCE-Fv-31
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a:
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Potenza installata. Efficienza operativa media annuale del sistema.	Disegni illustranti l'integrazione tecnologica degli elementi fotovoltaici, in scala opportuna. Schema dell'impianto elettrico FV.	Metodo di calcolo semplificato per il dimensionamento di impianti di generazione di energia elettrica solare fotovoltaica.	Moduli FV conformi al marchio CE.	PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA Impiego di sistemi fotovoltaici
COS	Potenza installata. Efficienza operativa media annuale del sistema.			I moduli fotovoltaici e i gruppi di conversione devono essere conformi al marchio CE. Le protezioni agenti sul dispositivo d'interfaccia devono essere corredate da una certificazione di tipo, emessa da organismo accreditato. L'intero impianto deve godere di una garanzia non inferiore a due anni a far data dal collaudo dell'impianto stesso, mentre i moduli fotovoltaici devono garantire un decadimento della potenza erogata non superiore al 10% della potenza nominale nell'arco di 12 anni e non superiore 20% nell'arco di 20 anni.	
ESE	Quota del fabbisogno di energia elettrica coperta dal sistema solare fotovoltaico.			Monitoraggio consumi di energia elettrica generati dal sistema FV.	
Riferimenti normativi essenziali D.M. Ambiente – Servizio IAR – n. 106 del 16 /3/2001, D.G.R. Piemonte 10-2836 del 23/4/2001(con D.D. n. 365 del 26/7/2001. Norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale; CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli FV; UNI 10349 per il dimensionamento del generatore FV; UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli FV; CEI 11-20 per il collegamento alla rete pubblica; norme CEI EN 61724 per la misura e acquisizione dati					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisito: QAI-In-42					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCE-Fv-31

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
Impiego di sistemi fotovoltaici

Sistemi solari fotovoltaici

I sistemi solari fotovoltaici (FV) sono sistemi di generazione di energia elettrica, basati su celle composte da un minerale semiconduttore molto diffuso sulla terra: l'ossido di silicio. In relazione alla struttura del minerale, le celle possono essere di silicio amorfo, monocristallino o pluricristallino, con efficienze nominali medie – tra diversi prodotti – di conversione energetica, allo stato attuale di sviluppo tecnologico, rispettivamente, del 7%, 12% e 17%. I sistemi FV si raggruppano in due grandi categorie: a) sistemi *stand alone*, cioè in grado di fornire elettricità con continuità in assenza di connessioni di rete, tramite batterie d'accumulo; b) sistemi *grid connected*, cioè collegati alla rete elettrica di distribuzione a bassa tensione, senza necessità di sistemi d'accumulo. In quest'ultimo caso, l'energia prodotta in eccesso rispetto al fabbisogno è distribuita alla rete, con modalità di valutazione economica dell'energia fornita variabili in relazione alle normative nazionali (in Italia, l'eventuale surplus d'energia prodotto non viene pagato, ma computato a credito dei pagamenti dovuti per consumo l'anno successivo a quello in cui è stata prodotta).

I principali componenti di un sistema solare FV sono:

- moduli generatori a celle FV, combinati in serie e parallelo, con relativi *by-pass* e dispositivi di sicurezza;
 - struttura di supporto dei moduli (può essere la falda Sud del tetto, se i moduli sono collocati in copertura);
 - inverter, per la conversione da corrente continua (generata dalle celle) a corrente alternata (d'utilizzo);
 - batterie d'accumulo, nel caso di sistemi *stand alone*;
 - circuito elettrico di connessione alla rete (con contatori di misura bi-direzionali e dispositivi di sicurezza) o alle batterie d'accumulo, e da quella/queste all'utenza.
- L'impiego della tecnologia solare FV risulta, oggi, competitivo – con tempi di ritorno economico dell'investimento compresi tra 8 e 12 anni – solamente se si utilizzano i contributi in conto capitale previsti dalla legislazione sia nazionale, sia regionale.

Integrazione tecnologica degli elementi FV

Nel progettare un sistema di generazione elettrica fotovoltaica, risulta di particolare importanza integrare i moduli FV con gli elementi tecnici costituenti sia l'involucro edilizio, sia gli spazi esterni, tenendo conto che il piano su cui sono collocati i moduli stessi ha una inclinazione ottimale, corrispondente alla latitudine – 10° (per Torino, 35°). Le principali collocazioni dei moduli FV sono le seguenti:

- *all'esterno*
 - direttamente sul terreno adiacente l'edificio, con l'attenzione che non vi siano ombre portate sulla superficie di captazione, in nessun periodo dell'anno, e prevedendo una opportuna recinzione di protezione;
 - in corrispondenza di elementi di arredo o di illuminazione degli spazi esterni;
- *sull'edificio*
 - sul tetto, possibilmente integrati con il manto di copertura di falde orientate a Sud ($\pm 20^\circ$, con decrementi non rilevanti fino a $\pm 40^\circ$);
 - sulla facciata Sud, come elemento di rivestimento, a parete o a complemento di chiusure esterne trasparenti (sottofinestra, sottobalcone, sopra luce,...);
 - inseriti nelle lastre vetrate di chiusure trasparenti, con funzione di filtro e modulazione della luce naturale;
 - come elementi schermanti di chiusure trasparenti, a doghe inclinate, giacenti su piano verticale od orizzontale (sporto).

Riferimenti bibliografici

Fordham, M., & Partners, a cura di, *Photovoltaics in Buildings: a design guide*, Londra, 1999.
Sick, F., Erge, T., a cura di, *Photovoltaics in Buildings: a design handbook for architects and engineers*, James & James, Londra, 1996.
Storelli, V., a cura di, *Rassegna di Eliotecnica*, Bollettino periodico pubblicato dalla Sezione italiana dell'ISES, 1964-76.

Riferimenti normativi

EN 60439-1 e IEC 439 per i quadri elettrici; CEI 110-31 e CEI 110-28 per il contenuto di armoniche e i disturbi indotti sulla rete dal gruppo di conversione; CEI 110-1, CEI 110-6 e CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (EMC) e la limitazione delle emissioni in RF; DPR 547/55 e D.Lgs. 626/94 e successive modificazioni, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro; L. 46/90 e DPR 447/91 (relativo regolamento di attuazione) per la sicurezza elettrica; L. 133/99, art. 10, comma 7, per gli aspetti fiscali.

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre il prelievo di energia elettrica dalla rete ed il consumo di combustibili attraverso l'impiego di sistemi di cogenerazione.		Massimizzare la percentuale dell'energia elettrica consumata proveniente dall'impiego di sistemi di cogenerazione.		Sistemi di cogenerazione basati su: <ul style="list-style-type: none"> • motori alternativi a combustione interna; • turbine a gas; • turbine a vapore; • cicli combinati gas-vapore. 	CCE-Cog-32
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a: R-U-S
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO					PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA Impiego di sistemi di cogenerazione
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

I sistemi di cogenerazione sono costituiti da motori termici accoppiati a generatori di potenza elettrica e da sistemi di recupero di energia termica, che costituisce il sottoprodotto del ciclo termodinamico operato dal motore, che andrebbe altrimenti dispersa in ambiente.

Per le applicazioni di taglia piccola e media (da 30 kW a 10 MW), la soluzione più utilizzata è quella del motore alternativo a combustione interna alimentato a gas. Il recupero termico viene effettuato, attraverso scambi a livello termico crescente, dal circuito di lubrificazione, dall'aria di sovralimentazione, dal circuito di raffreddamento motore e dai gas di scarico.

Negli impianti di taglia medio grande (da 2 MW in su) sono diffuse le turbine a gas, in cui il recupero avviene dai gas emessi allo scarico della turbina.

Le turbine a vapore, del tipo a contropressione o a derivazione e condensazione, si utilizzano prevalentemente nelle realizzazioni industriali di taglia medio-grande (da 1+3 MW in su).

Infine gli impianti a ciclo combinato gas- vapore, costituiti dall'integrazione di una turbina a gas, un generatore di vapore a recupero alimentato con i gas di scarico della turbina e una turbina a vapore, sono riservati ad applicazioni di grande taglia (dai 10 MW in su).

La scelta di realizzare sistemi di cogenerazione a scala locale è fortemente legata alle dimensioni e destinazioni d'uso dell'insediamento, e quindi alla taglia di impianto richiesta e all'andamento nel tempo della domanda di energia termica ed elettrica da parte delle utenze. Una decisione in merito richiede quindi un'accurata analisi di fattibilità energetico-economica, che non può prescindere dai vincoli tecnici connessi con la localizzazione dell'impianto e con la realizzazione della rete di distribuzione del fluido termovettore, nonché dal quadro tariffario del mercato dell'energia applicabile nello specifico contesto esaminato.

Sicuramente consigliato è invece l'allacciamento a reti di teleriscaldamento esistenti, qualora la rete sia nelle condizioni di far fronte all'incremento di prelievo di energia termica o possa essere adeguatamente potenziata.

Riferimenti bibliografici

Chiesa, G., Dall'O' G., *Gestione delle risorse energetiche nel territorio*, Milano, Masson, 1997
Lozza G., *Turbine a gas e cicli combinati*, Bologna, Esculapio, 1996.
Macchi, E., Pellò, P.M., Sacchi, E., *Cogenerazione e teleriscaldamento*, Milano, CLUP, 1984.

Riferimenti normativi

codice
CCE-Cog-32

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
Impiego di sistemi di cogenerazione

applicare a:
R-U-S

CLASSE DI ESIGENZE

RIDUZIONE DEI CARICHI AMBIENTALI

CLASSI DI REQUISITI

EMISSIONI INQUINANTI IN ATMOSFERA

EFFLUENTI

EMISSIONI DI RUMORE

MINIMIZZAZIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI DISMISSIONE

GESTIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI COSTRUZIONE

CONTROLLO DEI FLUSSI di RIFIUTI SOLIDI URBANI (RSU)

MATERIALI DA COSTRUZIONE

EMISSIONI INQUINANTI IN ATMOSFERA

CLASSE DI ESIGENZE

L'impatto sull'atmosfera di insediamenti civili è determinato dalle emissioni dirette degli impianti (in particolare degli impianti termici) e dalle emissioni causate dal traffico veicolare indotto dal nuovo insediamento.

Per quanto riguarda gli impianti termici, le emissioni in atmosfera sono riconducibili principalmente alle seguenti categorie di inquinanti generati dai processi di combustione:

- ossidi di carbonio (COx);
- ossidi di zolfo (SOx);
- ossidi di azoto (NOx);
- composti organici volatili (VOC);
- particolato solido (PST).

Le emissioni di CO₂, principale causa dell'effetto serra, sono conseguenza diretta e inevitabile dell'ossidazione dei combustibili fossili; le emissioni di CO, indice di combustione incompleta, possono invece essere ricondotte a livelli accettabili attraverso un adeguato controllo della combustione.

Le emissioni di SO_x, causa di acidificazione dell'atmosfera, sono dovute alla presenza di zolfo nel combustibile: esse riguardano quindi principalmente gli impianti alimentati a gasolio, olio combustibile e carbone, nonché gli automezzi diesel. Per i grandi impianti di taglia industriale sono praticabili trattamenti di desolforazione dei fumi.

Le emissioni di NO_x, causa di acidificazione dell'atmosfera, sono principalmente legate alle modalità della combustione, ovvero alla temperatura di fiamma e all'indice d'aria; l'abbattimento di tali inquinanti è piuttosto problematico, per cui è conveniente adottare provvedimenti per limitarne la formazione.

Le emissioni di VOC e PST dipendono in misura variabile dalle caratteristiche fisico-chimiche dei combustibili (struttura chimica delle molecole, presenza di frazioni solide incombustibili, ecc.) e dalle modalità di combustione.

Negli impianti frigoriferi le emissioni dirette in atmosfera non sono legate all'esercizio delle macchine, bensì a fughe accidentali dovute a perdite da circuiti o ad operazioni di manutenzione condotte senza le dovute cautele. I fluidi refrigeranti più comunemente utilizzati, appartenenti alle famiglie dei CFC e HCFC, hanno infatti come noto un impatto negativo sia sull'ozono stratosferico, sia sull'effetto serra.

Il controllo delle emissioni può essere attuato attraverso una articolata serie di azioni:

- utilizzare, dove tecnicamente ed economicamente possibile, fonti di energia rinnovabile per soddisfare la domanda delle utenze termiche ed elettriche;
- ridurre i consumi di combustibile attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto, ovvero tramite azioni a livello progettuale / costruttivo e di esercizio e manutenzione del sistema;
- adottare combustibili che abbiano fattori di emissione limitati, intendendo per fattore di emissione il rapporto tra massa di inquinante emesso ed energia termica sviluppata dalla combustione (il fattore di emissione è generalmente riferito all'inquinante più significativo emesso da una data categoria di combustibili);
- selezionare componenti degli impianti termici a ridotta emissione di inquinanti (ad es. bruciatori a bassa emissione di NO_x);

-
- adottare, se tecnicamente ed economicamente sensato, sistemi di abbattimento degli effluenti;
 - scegliere macchine frigorifere che utilizzano fluidi di lavoro compatibili con l'ambiente;

In termini generali si raccomanda dunque di privilegiare soluzioni impiantistiche centralizzate (collegamento a reti di teleriscaldamento o centrali comprensoriali), alimentati con combustibili a basso fattore di emissione e possibilmente integrate con sistemi che sfruttano fonti di energia rinnovabile.

Analogamente dovranno essere adottati accorgimenti per limitare le emissioni da parte del traffico indotto dal nuovo insediamento, favorendo la connessione con le reti di trasporto collettivo.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre le emissioni di inquinanti in atmosfera da parte degli impianti termici (riscaldamento e refrigerazione).		Massima riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera da parte degli impianti termici (riscaldamento e refrigerazione).		<p>Utilizzare combustibili con bassi fattori di emissione (metano).</p> <p>Utilizzare bruciatori a bassa emissione di Nox.</p> <p>Utilizzare fluidi refrigeranti compatibili con l'ambiente.</p>	RCA-Ea-33
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Fattori di emissione degli impianti termici. Indici di impatto ambientale (ODP, GWP, TEWI) dei fluidi refrigeranti.				
COS					
ESE	Analisi dei fumi emessi dai generatori di calore a combustione.				
Riferimenti normativi essenziali Legge 615/66, DPR 22.12.9170 n. 1391, DPCM 28.03.1983, DPR n. 203 del 24.05.1988, DM 12 luglio 1990, DPCM 21 luglio 1989.					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
applicare a: R-U-S					

EMISSIONI INQUINANTI IN ATMOSFERA
Controllo emissioni impianti termici

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
RCA-Ea-33

Impianti di riscaldamento

La combustione genera prodotti inquinanti che possono essere classificati nelle seguenti categorie: ossidi di carbonio (CO, CO₂), ossidi di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili, particolato solido. L'entità delle emissioni può essere espressa in vari modi: come concentrazione dello specifico inquinante nei fumi, oppure come fattore di emissione, definito come rapporto fra massa di inquinante prodotto per unità di energia termica sviluppata. Essa dipende sia dalle caratteristiche fisico-chimiche del combustibile, sia dalle caratteristiche del combustore, sia dalle condizioni di regolazione della combustione. Sistemi di abbattimento fisico-chimico sono spesso presenti, negli impianti industriali di grande taglia, per ridurre la concentrazione di specifici inquinanti a monte dello scarico in atmosfera.

Le emissioni da parte delle centrali termiche convenzionali possono essere ridotte, oltre che adottando tutti gli accorgimenti mirati alla riduzione dei fabbisogni e quindi dei consumi di combustibile descritti in altre schede, privilegiando l'impiego di combustibili con basso fattore di emissione (gas naturale) e bruciatori a bassa emissione: in particolare per quanto riguarda gli Nox (che è un inquinante che non può essere eliminato passando al gas naturale e che è difficile ridurre con trattamenti dei fumi) sono oggi disponibili sul mercato bruciatori a gas bassa emissione.

Impianti di refrigerazione

E' raccomandata la scelta di macchine frigorifere che utilizzano fluidi refrigeranti a basso impatto ambientale, sia riguardo alle conseguenze sull'ozono stratosferico, espresso in termini di ODP (Ozone Depletion Potential = potenziale di distruzione dell'ozono), sia di contributo al riscaldamento globale per effetto serra, espresso in termini di GWP (Global Warming Potential = potenziale di riscaldamento globale) o TEWI (Total Equivalent Warming Impact = impatto di riscaldamento totale equivalente).

Riferimenti bibliografici

AA.VV., *Atti del 38° Convegno Annuale AICARR "L'inquinamento ambientale e gli impianti di climatizzazione e riscaldamento"*, Roma, 10-11 aprile 1997, Associazione Italiana Condizionamento dell'aria, Riscaldamento, Refrigerazione.

Riferimenti normativi

Legge 13 luglio 1966 n. 615, Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico
DPR 22 dicembre 1970 n. 1391, Regolamento per l'esecuzione della L. 615/66 limitatamente al settore degli impianti termici
DPCM 28.03.1983, Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinamento dell'aria negli ambienti esterni
DPR 24.05.1988 n. 203, Attuazione delle direttive CEE ... concernenti norme di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ...
DM 12 luglio 1990, per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione
DPR 25 luglio 1991, Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico

EMISSIONI INQUINANTI IN ATMOSFERA
Controllo emissioni impianti termici

applicare a:
R-U-S

EFFLUENTI

CLASSE DI REQUISITI

Nonostante gli elevati livelli tecnici raggiunti, si registrano ancor oggi in Italia gravi carenze nei servizi fognari di eliminazione delle acque reflue ed una rilevante quota di acque nere, si stima il 50%, viene scaricata direttamente nei corpi idrici superficiali senza alcun trattamento. Anche la funzionalità degli impianti di depurazione a valle del sistema è parziale e non sempre garantita con costi di gestione elevati ed impatto ambientale finale, quando carenti, decisamente non sostenibile.

Talora si registra poi uno smaltimento nella stessa rete fognaria delle acque piovane e delle acque nere senza alcuna separazione con conseguente aggravamento del volume di acque da eliminare che risulta concentrato in un solo punto.

A livello ambientale lo smaltimento delle acque reflue in un sol punto normalmente lontano dal luogo di origine, porta con sé la necessità di lunghe canalizzazioni, costose sia in fase di realizzazione che di manutenzione e gestione con conseguente carico ambientale. Rimane inoltre di difficile monitoraggio la capacità reale di filtraggio dei depuratori fognari con relativo rischio per la vita stessa dei corpi idrici ricettivi.

In un'ottica infine di risparmio energetico in senso generale, risultano poco sostenibili i consumi di energia elettrica indispensabili per le clorazioni e i trattamenti chimico-fisici di finissaggio degli impianti di tipo tradizionale.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre lo scarico delle acque reflue nella rete fognaria.		Massima riduzione della quantità di acque reflue scaricate nella rete fognaria.		Sostituzione dell'impianto fognario con conseguente utilizzo di tecniche di fitodepurazione. Separazione e trattamento delle acque grigie per un loro riuso.	RCA-Efi-34
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza sistemi di trattamento delle acque reflue. Riduzione allacciamento alla rete fognaria.		Progetto esecutivo dell'impianto di smaltimento delle acque nere.		EFFLUENTI Gestione delle acque reflue
COS	Verifica rispondenza a progetto.				
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati CCR-Acq-20, INC-lp-15, INC-lp-16					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
RCA-Efi-34

Le tecniche di fitodepurazione utilizzabili in assenza di grandi spazi, più diffuse ed adatte ai nostri climi sono i sistemi a flusso sub-superficiale (subsurface flow wetland) orizzontale che utilizzano macrofite radicate emergenti (Fragmiti, Tife ecc.), in grado di garantire rendimenti ottimali in tutte le stagioni.

Sono consigliate anche strutture climatizzate in serra e, ove previsto il riutilizzo delle acque per fini non potabili, anche la dinamizzazione con flow-form

Utilizzando tali tecniche si assolvono diverse esigenze:

- eliminare l'impatto ambientale dei reflui dei sistemi a concentrazione con depuratori;
- utilizzare l'acqua recuperata per l'irrigazione del verde, il lavaggio parti comuni, alimentazione degli sciacquoni dei bagni, lavaggio delle automobili;
- chiusura del ciclo dell'acqua in loco con creazione di aree verdi, laghetti, ruscelli e biotopi umidi per favorire la naturalizzazione e la gradevolezza paesaggistica del sito;
- abbattimento dei lavori di creazione e manutenzione delle opere idrauliche per il trasporto all'impianto di depurazione;
- risparmio di corrente elettrica necessaria alle clorazioni e ai trattamenti chimico-fisici di finissaggio degli impianti tradizionali;
- utilizzo di acqua recuperata come sistema bioclimatico.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Atti del convegno scientifico "Fitodepurazione. Metodologie ed applicazioni", Finale Emilia (Mo), Baraldini ed., 1996
I.W.G.A., Atti del "5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control", Vienna, 1996
Trevisiol E.R., Parancola S., *Manuale di biofitodepurazione: risanamento delle acque e processi di rinaturalizzazione*, ANAB ed., Milano, 1995
Moroni F., Pergetti M., Ghetti P.F., *La fitodepurazione con il sistema a flusso sub-superficiale: principi di funzionamento ed aspetti progettuali di un impianto per il trattamento dei reflui civili*, atti del convegno scientifico "Fitodepurazione: metodologie ed applicazione", Finale Emilia (Mo), 1994
Ghetti P.F., Volpi A., *Trattamenti di fitodepurazione: aspetti generali*, Ingegneria Ambientale, Quaderno 20, 1994saa
Pastorelli G., De Fraia Frangipane E., *Impianti di depurazione di piccole dimensioni*, Cipa ed., Milano, 1993
Rusconi A., *Acqua. Conoscenze su risorse ed utilizzo*, Verde Ambiente ed., Milano, 1994
Vismara R., *Depurazione biologica. Teoria e processi*, Hoepli ed., Milano, 1988
Vismara R., Ghetti P.F., *Sistemi naturali di depurazione. Campi di applicazione e limiti*, raccolta di materiale didattico della FAST, Milano, 1995
Wienke U., *Manuale di bioedilizia*, DEI ed., Roma, 2000

Riferimenti normativi

Legge 10 maggio 1976 n.319, "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento" Allegato 5 della Deliberazione Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento 4 febbraio 1977 "Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'articolo 2 lettere b), d), e) della legge 10 maggio 1976, recante norme per la tutela dell'inquinamento".
 Delibera Comitato internazionale del 30 dicembre 1980, " Direttive per la disciplina degli scarichi delle fognature pubbliche e degli insediamenti civili che non recapitano in pubbliche fognature".
 Decreto Presidente della Repubblica 24/5/1988 n. 236, "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinata al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16/4/1987, n.183".
 Legge 17/5/95 n. 172, con modificazione del Decreto Legge 17/3/95 recante modifiche alla disciplina degli scarichi.
 Direttiva Comunitaria 271/91 recepita in Italia con il Testo Unico sulle Acque del 29/5/1999.

EFFLUENTI
Gestione delle acque reflue

applicare a:
R-U-S

EMISSIONI DI RUMORE

CLASSE DI ESIGENZE

Il controllo delle emissioni da parte delle sorgenti di rumore presenti nell'insediamento rappresenta la strategia fondamentale di riduzione dell'inquinamento acustico.

Per un insediamento urbano della tipologia in esame, le emissioni di rumore sono dovute agli impianti e al traffico veicolare indotto. Tali emissioni possono propagarsi in taluni casi prevalentemente all'interno dell'edificio, causando quindi un disturbo agli occupanti, in altri casi prevalentemente all'esterno, determinando quindi un degrado della qualità dell'ambiente circostante.

Le categorie di impianto più significative dal punto di vista delle emissioni acustiche sono le seguenti:

- centrali termiche e frigorifere: attenzione deve essere prestata alla loro localizzazione, alla posizione ed eventuale insonorizzazione delle prese d'aria, alle eventuali emissioni di rumore da parte dei camini, alla trasmissione di vibrazioni e rumore per via solida attraverso i basamenti su cui poggiano caldaie, gruppi frigoriferi, pompe, ecc.
- centrali di condizionamento dell'aria: le sorgenti di rumore sono rappresentate dai ventilatori di mandata e ripresa delle unità di trattamento aria. Per questi locali tecnici valgono considerazioni analoghe a quelle formulate per le centrali termo-frigorifere; cura deve essere inoltre posta all'insonorizzazione dei condotti di distribuzione dell'aria;
- macchine frigorifere, torri evaporative, unità motocondensanti, unità di trattamento aria, ecc. di cui è prevista l'installazione all'esterno: anche in questo caso l'emissione di rumore è prevalentemente dovuta a ventilatori; cura deve essere posta nella scelta di macchine caratterizzate da ridotte emissioni e nel loro posizionamento, che dovrà essere effettuato alla massima distanza dai ricettori sensibili, evitando se possibile la riflessione del suono da parte di pareti adiacenti e prevedendo nel caso adeguate schermature;
- impianti di distribuzione di fluidi (riscaldamento, condizionamento, ventilazione, idrico-sanitari): le emissioni di rumore derivano da pompe e ventilatori, dalle reti di distribuzione e dai dispositivi di regolazione e terminali: cura deve essere posta nella scelta dei componenti, nel loro dimensionamento e nella realizzazione a regola d'arte dell'impianto;
- impianti meccanici di movimentazione (ascensori, montacarichi, scale mobili, ecc.)

Una raccomandazione generale, essenziale per garantire il successo della realizzazione dal punto di vista acustico, è di prevedere spazi adeguati per gli impianti all'interno dell'organismo edilizio: molto spesso, infatti, gli impianti rumorosi sono una conseguenza inevitabile di scelte progettuali e costruttive non ottimali, ma inevitabilmente imposte da vincoli di natura edilizia o strutturale (cavedi troppo piccoli, controsoffitti inadeguati, locali tecnici sacrificati, ecc.).

Riguardo alle emissioni di rumore da traffico veicolare, si sottolinea l'importanza della velocità dei veicoli e delle caratteristiche delle pavimentazioni stradali utilizzate.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre le emissioni di rumore nell'ambiente esterno da parte degli impianti.		Massima riduzione delle emissioni di rumore nell'ambiente esterno da parte degli impianti.		<p>Scegliere componenti silenziosi o silenziabili.</p> <p>Installare i componenti esterni in posizione schermata rispetto ai ricettori sensibili.</p> <p>Curare l'insonorizzazione delle centrali tecnologiche.</p>	RCA-Ba-35
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a:
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO			Codici di simulazione numerica della emissione e propagazione del rumore negli ambienti esterni.	Certificati di emissione di rumore dei componenti di impianto installati all'esterno.	
COS	Limite di immissione differenziale.				
ESE	Limite di immissione differenziale.			Misura in opera del livello di pressione sonora. Verifica in campo del limite di immissione differenziale.	
Riferimenti normativi essenziali Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447/95					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAE-lac-9					

EMISSIONI DI RUMORE
Controllo rumore impianti

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice

RCA-Ba-35

Scegliere componenti silenziosi o silenziabili

I problemi maggiori riguardano i componenti di impianto che devono essere installati all'esterno: gruppi frigoriferi condensati ad aria, unità motocondensanti di impianti "split", unità di trattamento aria, torri evaporative, ecc. Per tali componenti, l'emissione di rumore è prevalentemente dovuta a ventilatori e ai compressori delle macchine frigorifere. Si raccomanda la scelta di componenti silenziosi (ad es. gruppi frigoriferi con compressori rotativi, unità raffreddate con ventilatori a basso numero di giri, ecc.) o comunque debitamente silenziati.

Installare i componenti esterni in posizione schermata rispetto ai ricettori sensibili

Il posizionamento dei componenti esterni dovrà essere scelto, compatibilmente con i vincoli funzionali e di sicurezza (accessibilità, manutenibilità, ecc.) tenendo conto della presenza di ricettori potenzialmente disturbati (abitazioni, scuole, ospedali, ecc.). Se possibile, è opportuno evitare che il componente abbia alle spalle una parete riflettente. Qualora l'impatto risultante sia eccessivo, sarà necessario prevedere la posa di schermi insonorizzanti attorno alla sorgente di rumore.

Curare l'insonorizzazione delle centrali tecnologiche

Per gli impianti rumorosi installati in appositi locali tecnici (centrali termiche, termofrigorifere, di cogenerazione, di trattamento dell'aria, idriche, ecc.) è necessario curare l'insonorizzazione degli elementi che comunicano con l'ambiente esterno: prese d'aria, camini, porte di accesso, serramenti, ecc.

EMISSIONI DI RUMORE
Controllo rumore impianti

Riferimenti bibliografici

Spagnolo, R. (a cura di), *Manuale di Acustica Applicata*, Torino, UTET, 2001. Par. 4.9 "Normativa e legislazione, Par. 6.11 "Rumore degli impianti tecnologici".

Riferimenti normativi

Legge 26 ottobre 1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"

DPCM 14.11.1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

applicare a:

R-U-S

MINIMIZZAZIONE DEI RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE (C&D) IN FASE DI DISMISSIONE

CLASSE DI ESIGENZE

L'importanza di un adeguato recupero funzionale delle macerie edilizie negli ultimi anni ha conquistato una dimensione di primo piano, attraverso numerose iniziative nell'ambito della ricerca scientifica e professionale, tese ad accrescere le potenzialità di riciclo dei materiali impiegati in edilizia.

Sono, infatti, numerose le attività, attualmente in corso, orientate a sviluppare sistemi e tecniche in grado di facilitare le operazioni di disassemblaggio e demolizione selettiva degli elementi tecnici.

Un esempio, in tal senso, è fornito dalla recente comunicazione inerente il “Sesto programma d'azione a favore dell'ambiente” (ART. 7, COM 4) dell'Unione Europea che ha, di fatto, individuato l'esigenza di sviluppare metodi e strumenti di gestione ambientale delle attività di Costruzione e Demolizione, come area prioritaria d'azione delle politiche comunitarie.

In particolare, nell'ambito delle attività svolte da un gruppo di lavoro costituito da membri della Commissione Europea e da rappresentanti dell'industria delle costruzioni e della ricerca scientifica è stata messa a punto una raccolta di raccomandazioni (Agenda per l'Edilizia Sostenibile, maggio 2001) finalizzate:

- alla promozione di strategie di riduzione delle quantità di rifiuti inerti prodotti nelle diverse fasi del ciclo di vita di un edificio;
- alla formazione ed informazione di enti pubblici ed imprese operanti nel settore;
- all'elaborazione di codici di pratica approvati a livello nazionale;
- ad incoraggiare progettisti e imprese all'impiego di materiali riciclati o riutilizzabili;
- allo sviluppo, da parte delle autorità di governo nazionale, di un piano di gestione dei rifiuti da C&D (Waste Management Plan) indirizzato al monitoraggio delle attività di riciclaggio e di deposito in discarica,
- ad incentivare le pubbliche autorità a richiedere, in allegato alle domande di concessione per attività di demolizione e di scavo, indicazioni relative all'organizzazione delle attività di cantiere riportanti informazioni in merito alla quantità di rifiuti prodotti, alla loro separazione per classi tipologiche ed alla loro dismissione finale.

Il quadro di obiettivi proposti impone di operare in differenti direzioni coinvolgendo numerosi attori, afferenti ad ambiti multidisciplinari.

In tale contesto operativo, le competenze di chi è responsabile di pianificare il processo progettuale sono commisurate alla considerazione di tre ordini di fattori, connessi alla selezione dei materiali costituenti un elemento tecnico da avviare ai processi di riciclaggio o potenzialmente tali, relativi a:

- le caratteristiche prestazionali del prodotto in uscita dal processo di riciclaggio;
- la compatibilità reciproca tra i differenti componenti a livello stratigrafico;
- la separabilità dei componenti.

Le caratteristiche prestazionali di un prodotto derivato da un processo di riciclaggio sono valutate in relazione alle potenzialità per il prodotto stesso di recuperare una funzionalità pressoché identica a quella dei materiali in entrata nel processo.

L'efficacia delle operazioni di riciclaggio dipende, infatti, dalla capacità di trasformare l'energia in lavoro, maggiore è questa capacità, migliori saranno le prestazioni del prodotto riciclato.

Con il termine compatibilità reciproca tra i differenti componenti a livello stratigrafico si intendono le eventuali difficoltà derivanti dall'accoppiamento di materiali eterogenei in uno stesso elemento tecnico. Ciò può comportare la necessità di operare attraverso processi supplementari di trattamento, nell'ambito delle attività di riciclaggio, allo scopo di prevenire eventuali inefficienze produttive. In generale, tanto più il materiale derivato dalla selezione degli scarti edilizi è omogeneo, tanto migliori saranno le prestazioni meccaniche e la qualità delle materie prime seconde.

Per quanto attiene, infine, agli aspetti di separabilità tra i componenti che costituiscono l'elemento tecnico è opportuno sottolineare che la valorizzazione materica o energetica di un processo di riciclaggio è strettamente correlata alla possibilità di suddividere e raccogliere con facilità percentuali omogenee di materiali. In un edificio, progettato secondo tecniche tradizionali, componenti e sistemi sono intimamente connessi e la loro separazione, nell'ambito delle attività di demolizione, è estremamente difficile.

Una facile separazione dei materiali, invece, comporta un loro più semplice isolamento e, di conseguenza, una maggiore quantità di materia da inviare alle operazioni di recupero, senza contare che, "progettare per il disassemblaggio" significa facilitare le operazioni di manutenzione, riparazione e sostituzione, nonché rendere più semplice la rimozione delle componenti tossico nocive impiegate nel sistema edilizio.

L'edificio, in questo modo, non è costruito, ma "assemblato in sito" utilizzando materiali e componenti che sono frutto di processi industriali controllati, garantendo un'adeguata corrispondenza tra progetto esecutivo e processo costruttivo.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice RCA-Ric-36
Valorizzare i processi di riciclaggio e di riuso favorendo la rivalutazione degli elementi tecnici una volta dismessi.			Valutazione dei materiali che potenzialmente possono essere avviati al riciclo. Determinare la percentuale in termini di quantità (kg) o di superficie (m ²) di materiale impiegato nell'elemento tecnico in relazione all'unità funzionale assunta ³⁵ .	Selezione dei materiali che costituiscono l'elemento tecnico. Tecniche costruttive. Tabelle di inventario.	MINIMIZZAZIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI DISMISSIONE Valutazione delle potenzialità di riciclo dei materiali
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Calcolo della percentuale di materiali da avviare ai processi di riciclaggio.	Planimetria dettagliata indicante i materiali utilizzati. Computo metrico delle opere.	Tabella di inventario dei materiali potenzialmente riciclabili e relative indicazioni delle quantità impiegate.	Sistemi di Certificazione energetico ambientale dei prodotti edilizi.	
COS					
ESE			Tabella di inventario dei materiali potenzialmente riciclabili e relative quantità.	In campo: Verifica delle quantità prodotte in fase di dismissione dell'edificio in relazione al futuro <i>Piano di gestione dei rifiuti da C&D</i> .	
Riferimenti normativi essenziali Decreto Legislativo n.22, 5 febbraio 1997.					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati. Requisiti: RCA-Ric-36, RCA-Sep-37					
					applicare a: R-U-S

³⁵ Il valore determinato dal rapporto deve essere superiore al 40% del totale, altrimenti le operazioni di demolizione selettiva possono risultare poco convenienti.

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
RCA-Ric-36

Selezione dei materiali che costituiscono l'elemento tecnico

Gli elementi tecnici devono essere caratterizzati da un'alta percentuale di scarti riciclabili al termine della vita utile dell'edificio, minimizzando, in questo modo, i rifiuti destinati al conferimento in discarica. In particolare è opportuno:

- privilegiare materiali in grado di recuperare le caratteristiche prestazionali d'origine;
- selezionare materiali che non comportino processi di trattamento particolarmente inquinanti o ad alto consumo energetico;
- evitare i materiali, contenuti all'interno dello stesso elemento tecnico, che possono risultare tra loro incompatibili in termini di riciclaggio.

La scelta dei materiali deve tenere conto della loro potenziale smaltibilità in termini, ad esempio, di elevata inerzia chimica dei materiali o in termini di biodegradabilità. La smaltibilità è direttamente correlata al contenuto di sostanze chimiche nocive nel processo di produzione di un materiale ed alla loro emissività durante la fase di esercizio del manufatto edilizio, ciò comporta che maggiore è la smaltibilità di un materiale minore è il complesso di emissioni in aria, acqua e suolo durante l'intero ciclo di esistenza di un prodotto edilizio. In particolare è opportuno selezionare prodotti caratterizzati da un marchio ecologico, ciò, normalmente, è garanzia di una corretta valutazione dell'impatto del prodotto stesso sull'ambiente durante l'intero ciclo di vita, secondo metodologie consolidate e riconosciute da enti, organizzazioni, ecc.

Tecniche costruttive

Durante l'esecuzione del progetto è utile indicare le modalità tecniche esecutive necessarie per avviare materiali ed elementi tecnici alle operazioni di riutilizzo o recupero.

Tabelle di inventario

La redazione di una tabella di inventario dovrebbe contenere l'elenco di tutti i materiali utilizzati espressi in percentuale rispetto all'ammontare totale, sul quale è possibile calcolare le quote che possono essere recuperate e avviate ai processi di riciclaggio e di riuso e le quantità che dovranno essere destinate alla discarica. È opportuno un livello di dettaglio che sia il più possibile approfondito e correlabile alle tabelle di quantificazione dei flussi di materiali in entrata e in uscita – sistema input e output dei processi – ottenuta dagli ecobilanci effettuati ed al computo metrico delle opere.

Riferimenti bibliografici

A.A. V.V., *Dalla fabbrica alla discarica*, "Modulo" n. 223, luglio-agosto 1996, pp. 53-62.
AA.VV., *Architettura bioecologica. La casa riciclabile*. Atti del convegno organizzato da ANAB, Bologna, 18 ottobre, 1997.
Baglioni A., *Costruzioni e Recupero dei Rifiuti*, "Ambiente Costruito", ottobre-dicembre 1997, pp. 46-50.
Cenerini R., *Ecologia e sviluppo un equilibrio possibile. La riduzione dei rifiuti e il recupero di materiale ed energia per uno sviluppo sostenibile*, Il sole 24 ore libri, Milano, 1994.
Passaro A., *Costruire e demolire. Nuove Strategie per il Riciclaggio in edilizia*, Arte Tipografica, Napoli, 1996.
Rigamonti E., *Il riciclo dei materiali in edilizia*, Maggioli, Rimini, 1996.
Tondi A., Delli S., *La casa Riciclabile*, EDICOM; Monfalcone (GO), 1998.

Riferimenti normativi

Decreto Ministeriale del 5 febbraio 1998, etrocamera ic dei rifiuti non pericolosi sottoposti a procedure semplificate di recupero;
Legge Regionale 13/04/1995, n. 59, Norme per il riutilizzo e lo smaltimento dei rifiuti

MINIMIZZAZIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI DISMISSIONE
Valutazione delle potenzialità di riciclo dei materiali

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice RCA-Sep-37	
Facilitare le operazioni di disassemblaggio e demolizione selettiva, agevolando la separabilità dei componenti e dei materiali.		Le possibilità di recuperare i materiali da costruzione alla fine del ciclo di vita dell'edificio dipendono dalle caratteristiche costruttive dell'edificio stesso. È richiesto che siano adottati sistemi costruttivi in grado di facilitare la separabilità dei componenti che costituiscono gli elementi tecnici durante i processi di demolizione e recupero.		Tecniche costruttive.	MINIMIZZAZIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI DISMISSIONE Valutazione separabilità dei componenti	
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO				
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)		
PRO	Verifica della separabilità dei componenti secondo il principio assenza – presenza per i principali elementi tecnici costituenti il manufatto edilizio.	Planimetrie dettagliate riportanti indicazioni relative alle modalità di esecuzione delle opere durante il processo di costruzione.				
COS	Verifica della separabilità dei componenti secondo il principio assenza – presenza per i principali elementi tecnici costituenti il manufatto edilizio.					
ESE						
Riferimenti normativi essenziali Decreto Legislativo n.22 del 5 febbraio 1997						
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: RCA-Ds-38, RCA-Ine-39, RCA-Efa-41						
						applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
RCA-Sep-37

Tecniche costruttive

È opportuno che siano adottate soluzioni tecnologiche in grado di garantire lo smontaggio differenziato degli elementi tecnici e una facile accessibilità alle connessioni. Tale approccio consente di sostituire gli elementi soggetti a degrado durante il processo di manutenzione e rende più efficienti le future operazioni di demolizione selettiva. Si tratta di progettare secondo forme standardizzate concependo le componenti di un edificio come parti indipendenti che lavorano in modo funzionalmente integrato e specializzato. L'edificio, in questo modo, non risulta semplicemente costruito, ma "assemblato" utilizzando materiali ed elementi tecnici che sono frutto di processi industriali controllati, che garantiscono un'alta corrispondenza tra progetto esecutivo e processo costruttivo, che consentono di rimuovere in fase di manutenzione e demolizione preliminarmente i materiali classificati come pericolosi e tossico-nocivi e che permettono di rendere prioritariamente disponibili i materiali con un più alto grado di riciclabilità. In particolare:

- nelle strutture di elevazione verticali, orizzontali ed inclinate adottare sistemi costruttivi prefabbricati e/o direttamente posabili in opera;
- nelle chiusure perimetrali verticali progettare sistemi indipendenti rispetto alle strutture, privilegiando sistemi assemblati a secco costituiti da strati di materiali indipendenti in grado di svolgere funzioni di isolamento termico ed acustico e adottando tecnologie caratterizzate da rivestimenti a cappotto o facciate ventilate;
- nelle coperture privilegiare i sistemi ventilati, realizzati secondo stratigrafie a secco o parzialmente a secco caratterizzate da materiali isolanti, a taglio acustico ed impermeabilizzanti;
- nelle partizioni interne verticali privilegiare sistemi costituiti da pannelli da posare direttamente in opera (es. pannelli in gesso rivestito su supporto di acciaio);
- nelle partizioni interne orizzontali privilegiare sistemi a secco o con getto di calcestruzzo collaborante costituiti da strati di materiali a taglio acustico e termoisolanti;
- nelle partizioni interne inclinate privilegiare sistemi strutturalmente indipendenti;
- nelle partizioni esterne ed interne, verticali ed orizzontali, impiegare giunti meccanici (tipo fastner) e colle reversibili;
- nei diversi impianti di fornitura dei servizi (climatizzazione, idrosanitari, di smaltimento), posizionamento degli impianti in canaline ispezionabili ed esterne.

Riferimenti bibliografici

Anink D, Boonstra C, Mak J., *Handbook of Sustainable Building –an Environmental Preference Method for Selection on Materials for use in Construction and Refurbishment*, London, James and James Science Publishers, 1996.
Christophersen E., Dinesen E., Nielsen P., *Life-Cycle-Based Building Design*, 3rd Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Copenhagen, September 13-15, 1993
Imperadori M., *Le Procedure Struttura e Rivestimento per l'Edilizia Sostenibile*, Maggioli, Rimini, 1999;
Imperadori M., Vanoncini E., Zambelli E., *La Costruzione Stratificata a secco*, Maggioli, Rimini, 1998;
Keoleian G.A., Menerey D., *Life Cycle Design Guidance Manual*, EPA600/FI92/226, Cincinnati (OHIO), 1993.
Pedrotti I., *La flessibilità tecnologica dei sistemi di facciata. Evoluzione delle tecniche di produzione e assemblaggio*, Franco Angeli, Milano, 1995.

Riferimenti normativi

Decreto Ministeriale 05/0/1998, Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti a procedure semplificate di recupero;
 Legge Regionale 13/04/1995, n. 59, Norme per il riutilizzo e lo smaltimento dei rifiuti
 Norma UNI 8290
 Norma UNI EN 335-1, durabilità del legno e dei prodotti a base di legno
 Norma UNI ENV 1099, pannelli in legno compensato, durabilità ecologica
 Norma UNI EN ISO 84, materie plastiche, valutazione dell'azione dei microrganismi.

MINIMIZZAZIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI DISMISSIONE
Valutazione separabilità dei componenti

applicare a:
R-U-S

GESTIONE DEI RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE (C&D) IN FASE DI COSTRUZIONE CLASSE DI REQUISITI

Le problematiche connesse ad una adeguata gestione dei rifiuti da Costruzione e Demolizione sono ben note. L'Italia, insieme ad altri quattro stati, membri della CE (Germania, Inghilterra, Francia e Spagna), è tra le principali responsabili delle milioni di tonnellate di macerie edilizie che annualmente vengono prodotte in Europa.

Purtroppo, dei circa 18³⁶ milioni di tonnellate/anno di rifiuti derivanti dall'industria delle costruzioni, su un totale di 40 milioni tonnellate complessivamente prodotti, il nostro paese ne recupera solo il 9% attestandosi molto al di sotto della media europea (28%). Ciò significa che circa il 90% del totale degli scarti da C&D sono destinati sistematicamente alla discarica, necessitando di spazi sempre più difficili da reperire e comportando, come diretta conseguenza, un costo ambientale significativo.

I vantaggi derivanti dalle attività di demolizione, recupero, riutilizzo e riciclo, laddove siano "pianificate" con la stessa attenzione che si riserva alla progettazione, sono, peraltro, facilmente desumibili: da un lato si evita l'impatto ambientale della messa in discarica dei materiali, dall'altro si rendono disponibili materie prime seconde per la produzione di materiali ed energia che riducono i consumi di risorse e gli impatti ambientali necessari nel caso di una produzione primaria.

Un segnale, rivolto alle tematiche inerenti la gestione delle operazioni di smaltimento dei rifiuti da C&D, è stato dato dal Decreto Legislativo n.22, del 5 febbraio 1997 (noto come decreto Ronchi). Quest'ultimo ha fissato precise disposizioni dirette a "favorire e incrementare le attività di riutilizzo, di riciclaggio e di recupero,.... promuovendo analisi del ciclo di vita dei prodotti, ecobilanci, informazioni e tutte le altre iniziative utili" (comma 3 art.4). Il decreto intende, inoltre, favorire iniziative tra Autorità e soggetti, pubblici e privati, relative alla stipula di accordi e contratti di programma, al fine di favorire il riutilizzo, il riciclaggio ed il recupero dei rifiuti, con particolare riferimento al reimpiego di materie prime e di prodotti ottenuti dalla raccolta differenziata (comma 4 art.4).

Più recentemente, e secondo un'attinenza specifica al complesso di attività edilizie necessarie per l'espletamento dei Giochi Olimpici Invernali Torino 2006, la delibera della G.R. del 9 aprile 2001 - Valutazione Ambientale Strategica (VAS) – ha promosso, nell'ambito degli indirizzi di sostenibilità ambientale intrinseca:

- l'attuazione di un piano di gestione dei rifiuti inerti, programmando il loro riuso negli stessi cantieri in cui sono prodotti, richiamando i contenuti della Legge Regionale 30/99, quest'ultima prevede che, per l'esecuzione delle opere pubbliche, il proponente, congiuntamente al progetto esecutivo, presenti un Piano di Reperimento dei materiali litoidi;
- l'impiego di materiali riciclabili, tenuto conto che alcune delle opere previste avranno, per lo meno nei contenuti programmatici, carattere di temporaneità;
- la messa a punto di strumenti, individuati nei bilanci ambientali, di controllo dell'evoluzione del sistema ambientale interessato dalla realizzazione del Programma Olimpico, riguardanti la tematica della produzione di rifiuti.

³⁶ Dati ricavati dal testo: AA.VV. "Use of Recycled Materials as Aggregates in the Construction Industry, State of Art in Europe", The EU – Brite EuRam III, Industrial and Materials Technologies, Programme Area 2, August 1997.

L'efficace attuazione di un piano di gestione dei rifiuti inerti non può, però, prescindere da un'attenta pianificazione di tutte le operazioni che nel complesso scandiscono la fase di dismissione di un manufatto edilizio.

È necessario, innanzitutto, adottare tecniche di demolizione in grado di separare omogeneamente le diverse frazioni di materiali, in modo che possano essere successivamente sottoposti ad adeguati trattamenti che ne facilitino il reimpiego come materie prime seconde.

In realtà la maggior parte delle tecniche di demolizione, adottate abitualmente, tendono a misurare l'efficacia del processo abbattendo tempi e costi a discapito dell'omogeneità delle macerie ottenute. Tali procedure determinano un flusso di rifiuti costituito da frazioni ampiamente eterogenee che rendono complesse e, pertanto, costose eventuali operazioni di riciclaggio o di recupero, indirizzando, così, gli scarti prodotti a discariche di prima e seconda categoria.

La separazione preliminare dei materiali ed il conferimento degli stessi presso centri di raccolta e trattamento al solo costo di trasporto, può diventare, altresì, economicamente vantaggiosa. È, infatti, possibile bilanciare i maggiori costi di manodopera, derivanti dal numero superiore di giorni necessari per l'esecuzione dei lavori, con il risparmio ottenibile da una contrazione degli acquisti di nuovi materiali e con i ricavi che possono derivare dalla vendita dei materiali provenienti dai processi di recupero e di riciclaggio.

L'applicazione di un piano di gestione dei rifiuti inerti può trovare una rapida applicazione laddove siano messe a punto, al più presto, azioni, individuabili in accordi di programma tra diversi operatori del settore, in grado di sviluppare opportune reti operative tra imprese demolitrici e ditte presso le quali, una volta conferiti gli scarti, sia possibile procedere ad operazioni di trattamento e di selezione, su base omogenea, delle diverse componenti avviandole, successivamente, a processi di recupero (rilevati e sottofondi stradali) e di riciclaggio (prodotti impieganti aggregati riciclati).

In tale direzione si è recentemente operato in ambito UNI, in particolare, è stata elaborata una Guida alla Demolizione Selettiva, dal gruppo di lavoro UNI GL VII, all'interno della quale sono contemplate indicazioni progettuali ed esecutive finalizzate alla regolamentazione del processo di demolizione delle opere edilizie e di ingegneria civile. In particolare, la guida, nei suoi contenuti principali, individua i compiti degli operatori coinvolti e fornisce informazioni in merito a:

- tecniche di demolizione e di separazione;
- operazioni di stoccaggio in cantiere;
- trattamento delle diverse frazioni omogenee;
- operazioni di smaltimento delle frazioni non idonee al recupero.

L'attività del gruppo di lavoro si è, inoltre, indirizzata all'aggiornamento della norma CNR UNI 10006. La redigenda norma, di fatto, introduce un elemento di novità, rispetto alla precedente, costituito dalla possibilità, nell'ambito della redazione dei Capitolati Speciali da parte delle stazioni appaltanti, di utilizzare materiali inerti in sostituzione di quelli naturali nella realizzazione di strade, sottofondi stradali e nella realizzazione delle opere in terra.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice RCA-Ds-38	
Facilitare le operazioni di disassemblaggio e demolizione selettiva agevolando la separabilità dei componenti e dei materiali.		Nel caso di interventi di demolizione, preliminari alle operazioni di costruzione di nuovi fabbricati, predisporre una "carta dei materiali" che costituiscono il manufatto edilizio esistente, in modo da poter individuare per ciascuna categoria, in relazione alle loro potenzialità di recupero, le procedure di demolizione più idonea.		Tecniche di demolizione selettiva. Piano di gestione dei rifiuti da C&D.	GESTIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI COSTRUZIONE Demolizione selettiva	
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO				
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)		
PRO	Verifica della presenza – assenza della "carta materiali".	Piano di demolizione pianificata.	Tabelle con indicazione dei materiali costituenti un'unità tecnologica e indicazioni relative ai processi di smaltimento che si intendono pianificare.			
COS	Verifica della presenza – assenza della "carta materiali".					
ESE						
Riferimenti normativi essenziali. Decreto Legge n.22 del 5 febbraio 1997						
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCR-Ene-18, CCR-Tras-19						
						applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
RCA-Ds-38

GESTIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI COSTRUZIONE
Demolizione selettiva

Tecniche di demolizione selettiva

La demolizione selettiva si realizza come un vero e proprio processo di decostruzione, inteso come l'attività inversa di quella che ha portato alla realizzazione del manufatto edilizio.

Le procedure più appropriate e il grado di separazione da raggiungere dipendono da:

- condizioni relative all'ubicazione del cantiere rispetto alle attività di trattamento e recupero dei materiali che vengono effettuate nel contesto territoriale;
- disponibilità di spazi nel cantiere di demolizione per la raccolta dei rifiuti e dei materiali recuperati;
- tecniche costruttive con cui è stato realizzato il manufatto edilizio;
- potenzialità dei materiali che costituiscono l'edificio di essere avviati a processi di recupero e/o riciclaggio;
- condizioni relative alla vicinanza con altri fabbricati o al sistema della viabilità.

In pratica si dovrà procedere elaborando preventivamente un inventario particolareggiato dei materiali e degli elementi tecnici presenti nell'edificio, cui farà seguito la demolizione vera e propria, che dovrà essere condotta secondo sequenze adeguatamente pianificate, attraverso:

- rimozione delle parti mobili esterne come le impermeabilizzazioni e le coperture e tutti i materiali classificabili come pericolosi partendo dall'alto;
- rimozione degli impianti elettrici, di riscaldamento e delle installazioni sanitarie;
- rimozione di finestre, porte e ante;
- rimozione dei pavimenti interni e tramezzature in legno e cartongesso, delle orditure orizzontali secondarie in legno e acciaio, ecc.;
- rimozione delle componenti esterne delle murature (es. laterizi a vista, facciate ventilate, ecc.);
- demolizione delle parti strutturali.

È opportuno, infine, sottolineare che la scelta delle tecniche di demolizione dipende principalmente dalle operazioni di rimozione, tra quelle indicate, che si intendono privilegiare.

Piano di gestione dei rifiuti da C&D

La valorizzazione, dei materiali e dei rifiuti derivanti dalle operazioni di demolizione selettiva, non può prescindere da un'adeguata verifica della convenienza sia economica, sia ambientale, dell'intero processo di demolizione e recupero, attraverso la redazione di un piano di gestione dei rifiuti da C&D. Tale piano, redatto ad opera del responsabile delle attività di cantiere, è inteso a:

- pianificare, in modo ottimale la tempistica concernente le operazioni di demolizione;
- bilanciare i costi derivanti dal maggior numero di giorni necessari per eseguire le operazioni di demolizione selettiva, con i guadagni derivanti dalla vendita dei materiali recuperati e con i mancati costi necessari per conferire le macerie in discarica.

Riferimenti bibliografici

Bernazzoni R., Celaschi F., *Capitolato Speciale d'Appalto, Opere di Demolizione con Trattamento, Recupero e Trasporto di Materiali*, Maggioli, Rimini
Cuneaz R., Giordano R., Grosso M., *Demolizione Programmata e Recupero Bioedilizio*, V Convegno Internazionale Riciclare, Tecniche, Esperienze e Prospettive nell'Architettura e ne Design, Napoli – Mostra D'Oltremare, Giannini, Napoli, 2000.
Edwards B., *Towards Sustainable Architecture: European Directives and Building Design*, Oxford, Butterworth Architecture, 1996.
Rigamonti E., *Il riciclo dei materiali in edilizia*, Maggioli, Rimini, 1996.
Tondi A., Delli S., *La casa Riciclabile*, EDICOM; Monfalcone (GO), 1998.

Riferimenti normativi

Decreto Ministeriale del 5 febbraio 1998, □etrocamera□ic dei rifiuti non pericolosi sottoposti a procedure semplificate di recupero;
Norma UNI U32014580

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice RCA-Ine-39	
Valorizzare i processi di riciclaggio e di riuso favorendo la rivalutazione degli elementi tecnici e dei materiali una volta dismessi.			Utilizzare materiali inerti provenienti da processi di recupero e riciclaggio in misura non inferiore al 10% del fabbisogno di materiale inerte, impiegabile negli interventi di sostituzione di materiali minerali naturali, nella realizzazione di strade, sottofondi stradali, e nella realizzazione di opere in terra. Tale percentuale è da intendersi come percentuale minima da stabilire sulla base della tipologia degli interventi da effettuare e previa verifica della loro disponibilità in ambito locale.	Impiego materiali provenienti da processi di riciclaggio	GESTIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI COSTRUZIONE Impiego materiali inerti	
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO				
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)		
PRO	Verifica della presenza – assenza dell'impiego dei materiali provenienti da riciclaggio di rifiuti inerti.	Relazione tecnico illustrativa allegata al progetto definitivo. Specifiche tecniche di capitolato speciale d'appalto.		Da verificare.		
COS	Presentazione del certificato di conferimento dei materiali in cantiere.					
ESE						
Riferimenti normativi essenziali Decreto Legge n.22 del 5 febbraio						
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati. Requisiti: RCA-Ric-36, RCA-Sep-37.						
					applicare a: R-U-S	

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
RCA-Ine-39

Impiego materiali provenienti da processi di riciclaggio

In alternativa ai materiali rispondenti alla classificazione CNR UNI è possibile prevedere, per le opere accessorie di collegamento alle diverse funzioni contemplate in progetto, l'uso, per lo strato di sommità della sottofondazione stradale, di materiali non previsti nell'attuale norma CNR UNI 10006 e provenienti da processi di trattamento e recupero di rifiuti inerti.

Gli impianti di trattamento e recupero dovranno essere:

- ubicati in località prossime ai cantieri di costruzione delle infrastrutture previste in progetto ;
- costituiti da processi di frantumazione, deferrizzazione separazione delle frazioni leggere e delle impurità presenti nel rifiuto trattato.

Il materiale proveniente da processi di riciclaggio dovrà comunque essere in grado di rispondere alle specifiche tecniche definite dalle norme vigenti.

L'impiego di materiali inerti da recupero può riguardare anche prodotti edilizi ottenuti con aggregati riciclati, in particolare, blocchi di calcestruzzo. Laddove, pertanto, le prestazioni chimico, fisico e meccaniche rispettino i valori contemplati nelle normative vigenti è verosimile contemplare i suddetti prodotti, ottenuti con una percentuale di materiale riciclato, nel novero di quelli che costituiranno elementi tecnici ed unità tecnologiche.

GESTIONE DEI RIFIUTI DA C&D IN FASE DI COSTRUZIONE
Impiego materiali inerti

Riferimenti bibliografici

Bernazzoni R., Celaschi F., *Capitolato Speciale d'Appalto, Opere di Demolizione con Trattamento, Recupero e Trasporto di Materiali*, Maggioli, Rimini.
Hansen T.C., *Recycling of Demolished Concrete and Masonry* Report of Technical Committee 37- DRC Demolition and Reuse of Concrete; E. e F.N. Spon, Londra, 1992.
Rigamonti E., *Il riciclo dei materiali in edilizia*, Maggioli, Rimini, 1996.
Provincia di Torino, *Programma provinciale gestione rifiuti*, Torino, 1999.

Riferimenti normativi

Decreto Ministeriale del 5 febbraio 1998, individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti a procedure semplificate di recupero;
Norma UNI 8520
CNR UNI 10006
Norma UNI U32014580

applicare a:
R-U-S

CONTROLLO DEI FLUSSI DI RIFIUTI SOLIDI URBANI (RSU)

CLASSE DI ESIGENZE

La gestione dei rifiuti solidi urbani negli ultimi anni ha assunto un peso rilevante nella definizione delle politiche finalizzate a promuovere lo sviluppo sostenibile.

A livello locale, la Provincia di Torino sottoscrivendo la carta di Aalborg ha, di fatto, aderito alla Campagna Europea della città sostenibili e, nel novembre 1999, ha pubblicato la Proposta di Piano d'Azione per la Sostenibilità Ambientale della Provincia di Torino, altrimenti conosciuto come Agenda XXI. All'interno dell'Agenda sono stati definiti alcuni obiettivi strategici finalizzati al miglioramento delle attuali condizioni di raccolta e smaltimento dei rifiuti, raggiungibili attraverso precise linee d'azione che dovranno essere attuate nel breve e medio periodo.

Analoghe finalità e strategie sono riportate nel Programma Provinciale di gestione dei rifiuti, nel quale vengono descritte le iniziative e gli strumenti tesi ad incentivare la riduzione della produzione degli RSU (organico e imballaggi) e le azioni finalizzate al loro recupero e riuso.

Attualmente, le stime sullo stato di produzione di rifiuti, per la Provincia di Torino, si attestano intorno ad un milione di tonnellate annue, delle quali il 94% è regolarmente smaltito in discarica.

Tali valori di stima sono destinati a crescere ulteriormente, in considerazione agli attuali trend produttivi ed in relazione al fatto che le manifestazioni Olimpiche determineranno un incremento significativo delle persone che si insedieranno a Torino e in alcune località della Provincia.

Il Programma Provinciale, allo scopo di perseguire gli obiettivi per una corretta gestione degli RSU, propone l'adozione un *Sistema di Gestione Integrato* (raccolta differenziata e recupero energetico della frazione combustibile), finalizzato, entro il 2003:

- ad aumentare la raccolta differenziata al 50% ;
- a ridurre lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani in discarica al 12%.

La quota di rifiuti rimanente, dopo le azioni di riduzione e raccolta differenziata, sarà destinata alla selezione meccanica, dalla quale deriveranno: una frazione secca destinata al recupero energetico, pari al 31-35% ed una frazione umida stabilizzata, pari al 9-12%, utilizzabile in interventi di ripristino ambientale.

Il sistema integrato, previsto dal programma, persegue, in buona sostanza, l'azzeramento al ricorso dello smaltimento in discarica dei rifiuti, che potrà essere previsto unicamente per i residui derivanti da operazioni di recupero e da trattamenti biologici e termici. L'orizzonte temporale prospettato dal sistema di gestione non contempla, ancora, gli eventuali effetti che potranno essere innescati dalle manifestazioni olimpiche. In attesa, pertanto, che gli obiettivi del programma siano estesi per un periodo superiore, rispetto a quello attualmente considerato, i suddetti valori percentuali, dei rifiuti da avviare alla raccolta differenziata ed allo smaltimento, sono da considerarsi come requisiti di partenza per il progetto.

La progettazione degli edifici, previsti dal Programma Olimpico, dovrà essere finalizzata ad individuare le sinergie tra le attività da insediare e requisiti di raccolta imposti dal sistema di gestione integrato. Sinergie che sono principalmente imputabili alle attività di raccolta differenziata, queste ultime, infatti, più delle altre operazioni che configurano il sistema di gestione dei rifiuti, sono riconducibili ai comportamenti che gli utenti potranno adottare in relazione agli spazi previsti in progetto a scala domiciliare ed urbana.



OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Valorizzare i processi di riciclaggio e di riuso favorendo la rivalutazione dei rifiuti cosiddetti RSU (Rifiuti Solidi Urbani) una volta dismessi.		Controllo dei flussi degli RSU che potenzialmente possono essere avviati ai processi di riciclaggio. È, pertanto, opportuno individuare strategie progettuali in grado, durante la fase di esercizio, di raggiungere l'obiettivo di avviare alla raccolta differenziata il 50% (in peso) del flusso complessivo degli RSU prodotti.		Spazi per la raccolta dei rifiuti.	RCA-RSU-40
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Verifica dell'assenza-presenza di spazi di raccolta dei rifiuti in ambito domiciliare e a scala quartiere.	Planimetria dettagliata indicante le aree di raccolta domiciliare e le aree di raccolta a scala di quartiere.			
COS					
ESE				In campo Verifica delle quantità prodotte in fase di esercizio dell'edificio in relazione al futuro <i>Programma di Gestione RSU della Provincia di Torino</i> .	
Riferimenti normativi essenziali Decreto Legislativo n.22, 5 febbraio 1997					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati.					

CONTROLLO DEI FLUSSI DI RSU
Riduzione quantità di RSU destinati alla discarica

applicare a:
 R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
RCA-RSU-40

Spazi per la raccolta dei rifiuti

Coerentemente alle indicazioni riportate nel programma di gestione dei rifiuti provinciali, le attività insediate, nelle opere previste in progetto, comporteranno la produzione di RSU che dovranno essere avviate allo smaltimento secondo procedure in grado di:

- raggiungere l'obiettivo di avviare alla raccolta differenziata il 50% (in peso) del flusso complessivo degli rsu prodotti;
- ridurre lo smaltimento dei RSU in discarica al 12%.

Affinché siano rispettati gli obiettivi del Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti è necessario progettare secondo due ambiti di riferimento, in particolare, per quanto attiene la scala di quartiere:

- predisporre un'area aperta di pertinenza di uno o più fabbricati coperta da tettoia ed areata per il conferimento dei rifiuti differenziati secchi, tale area dovrà essere distante almeno due metri dal fronte cui si affacciano gli alloggi al piano terra e comunque dovrà essere ubicata tenendo conto delle prescrizioni riportate nel regolamento igienico edilizio del comune di torino;
- predisporre un'area aperta di pertinenza di uno o più fabbricati coperta da tettoia ed areata per il conferimento dei rifiuti differenziati umidi (frazione organica), tale area dovrà essere distante almeno due metri dal fronte cui si affacciano gli alloggi o le attività al piano terra e, comunque, dovrà essere ubicata tenendo conto delle prescrizioni riportate nel regolamento igienico edilizio del comune di torino;
- in ciascun'area di raccolta realizzare una pavimentazione adeguata, garantire la presenza di illuminazione artificiale e la disponibilità di acqua corrente (nel caso di più di 8 contenitori e di dimensioni superiori ai 10 m²);
- nella progettazione delle aree di raccolta si dovranno evitare localizzazioni che possano favorire la produzione e il trasporto di sostanze inquinanti e maleodoranti, è, pertanto, opportuno tenere in considerazione eventuali rischi derivanti dalle attività di deposito temporaneo in spazi eccessivamente soleggiati nel periodo estivo o esposti all'effetto dei venti dominanti.

Per quanto concerne, invece, le attività insediate nei fabbricati in progetto è necessario:

- predisporre uno spazio coperto fresco e ventilato per l'accumulo temporaneo differenziato dei rifiuti solidi per ciascun nucleo domestico (max 2 m²), in alternativa, predisporre uno spazio attrezzato preposto alla raccolta di almeno cinque frazioni di rifiuti nel locale cucina o in locali di pertinenza.
- predisporre uno spazio coperto fresco e ventilato per l'accumulo temporaneo differenziato dei rifiuti solidi per ciascuna attività prevista in progetto, con particolare riferimento alle prescrizioni previste dalla normativa specifica che disciplina tali attività.

Riferimenti bibliografici

A.A., V.V., *Agenda XXI, Proposta di Piano d'Azione per la Sostenibilità Ambientale nella Provincia di Torino*, Novembre 1999, Ambiente Italia.
A.A. V.V., *Ricicla 2000, Atti dei Seminari*, 2000, Maggioli, Rimini.
A.A. V.V., *Ricicla '98, Atti dei Seminari*, 1998, Maggioli, Rimini.
A.A. V.V., *Ricicla '99, Atti dei Seminari*, 1999, Maggioli, Rimini.
 Provincia di Torino, *Programma provinciale gestione rifiuti*, Torino, 1999.
Zanelli A., *L'inquinamento da rifiuti solidi nello spazio urbano, strumenti per la risoluzione delle patologie legate al ciclo della materia negli ecosistemi metropolitani*

Riferimenti normativi

Decreto Ministeriale del 5 febbraio 1998, □etrocamera□ic dei rifiuti non pericolosi sottoposti a procedure semplificate di recupero;
 Legge Regionale 13/04/1995, n. 59, Norme per il riutilizzo e lo smaltimento dei rifiuti
 Regolamento Igienico Edilizio del Comune di Torino

CONTROLLO DEI FLUSSI DI RSU
Riduzione quantità di RSU destinati alla discarica

applicare a:
R-U-S

DETERMINAZIONE EFFETTI AMBIENTALI CLASSE DI ESIGENZE

Il termine controllo degli effetti ambientali trova corrispondenza in una specifica fase della metodologia di analisi del ciclo di vita, descritta nell'Appendice 1 – Sezione C, denominata *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*.

L'obiettivo di questa fase è di pervenire ad una valutazione della portata delle modificazioni ambientali generate dalle emissioni liberate nell'ambiente e dal consumo di risorse. Tale determinazione è tutt'altro che semplice, in considerazione del fatto che le attuali metodologie di valutazione degli effetti ambientali sono ancora suscettibili di un certo margine di soggettività e lontane

dall'essere riconosciute in modo univoco dalla comunità tecnico scientifica.

Ciò nonostante, negli ultimi anni molti centri universitari ed enti hanno indirizzato, proprio sulla fase di valutazione degli effetti, le attività di ricerca, in relazione alla riconosciuta necessità di rendere relativamente facile l'interpretazione dei risultati conseguiti durante l'analisi di inventario.

In tale contesto, una notazione a parte la meritano i designer e i progettisti che si trovano, sempre più frequentemente, a relazionare la loro attività con l'emergente necessità di connotare il progetto in modo ecocompatibile, consapevoli, dunque, che la Life Cycle Assessment costituisce uno strumento ideale di analisi e valutazione. Acciocché sia possibile, è necessario adottare sistemi e procedure in grado di potere selezionare materiali e processi con una certa rapidità consentendo, in tal senso, di procedere ad una comparazione tra diversi prodotti edilizi nei tempi e nelle modalità previste dall'iter progettuale³⁷.

Tutto ciò premesso, è opportuno, in questo testo, richiamare brevemente alcuni concetti, finalizzati ad una più semplice comprensione dei requisiti richiesti nelle successive schede.

Il punto di partenza, per poter procedere alla valutazione degli effetti, è la sostanza - solida, liquida o gassosa - che viene rilasciata nell'ambiente, come conseguenza (output) di un processo di produzione, uso, consumo e smaltimento di un determinato bene. Un rilascio, di fatto, comporta un impatto che a sua volta produce una modificazione fisica nell'ambiente coincidente con un preciso effetto.

In buona sostanza, esiste una relativa coincidenza tra rilasci in ambiente ed impatti, mentre per quanto attiene la misura di un effetto ambientale, questa è ottenibile in relazione alle "potenzialità" per un determinato impatto di contribuire alla formazione di uno o più effetti secondo opportune procedure di allocazione e conversione.

In questo modo tutti gli impatti saranno, in prima battuta, appropriatamente classificati, successivamente, si procederà all'individuazione per ciascuno di essi di un fattore di conversione, in grado di "pesare" il contributo che questi determinano alla formazione di un effetto come, ad esempio, l'assottigliamento della fascia di ozono. Quest'ultima fase è denominata caratterizzazione.

³⁷ L'appendice dal titolo: "Strumenti e Metodi di Valutazione di Impatto Ambientale" è finalizzata ad illustrare, sinteticamente, le caratteristiche di alcuni Eco Tools comunemente impiegati per la verifica dell'ecocompatibilità dei prodotti edilizi.

Le principali categorie di effetti ambientali, considerate nell'ambito di questo testo, sono le seguenti:

- effetto serra (global warming);
- assottigliamento della fascia di ozono (ozone layer depletion);
- acidificazione (acidification);
- eutrofizzazione (nutrient enrichment);
- formazione di smog fotochimico (photosmog formation).

Ciascun effetto ha un'interazione con l'ambiente misurabile sulla base di tre fattori di scala:

- globale (effetto serra e assottigliamento della fascia di ozono) ;
- regionale (acidificazione, eutrofizzazione, formazione di smog fotochimico);
- locale (formazione di smog fotochimico).

Con il termine scala locale si intendono tutti quegli effetti per i quali esiste una sostanziale identità tra chi inquina e chi è inquinato, mentre con scala regionale e locale si procede alla quantificazione di un effetto conseguenza di un comportamento di intere popolazioni e nazioni.

La valutazione degli effetti ambientali si conclude con la procedura di normalizzazione, in grado di sintetizzare, secondo indici numerici equivalenti, gli impatti ambientali associati al sistema indagato.

Al contrario delle precedenti fasi – classificazione e caratterizzazione – la fase di normalizzazione dei risultati è contraddistinta da un certo grado di soggettività, dovuta alle diverse procedure che possono essere impiegate per parametrizzare gli effetti ambientali. Questo significa che a parità di risultati conseguiti durante il processo di classificazione e di caratterizzazione il risultato finale, in funzione degli approcci seguiti, può portare a conclusioni discordanti, implicando la difficoltà di confrontare due o più progetti, laddove, in particolare, l'obiettivo sia il controllo dei flussi inquinanti per la produzione degli elementi tecnici prescelti.

Il progetto, dunque, dovrà limitare la valutazione alle prime due fasi della LCIA adottando il sistema di conversione proposto nell'Appendice 1 – Sezione C, che dovrà essere assunto per la valutazione delle prestazioni ambientali delle seguenti classi di elementi tecnici:

- strutture di elevazione verticali, orizzontali ed inclinate;
- pareti perimetrali verticali;
- infissi esterni;
- solai di copertura;
- solai interni.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Selezionare risorse, processi e tecniche a basso impatto ambientale		<p>La selezione dei materiali da costruzione deve essere effettuata tenendo conto delle principali categorie di effetti ambientali.</p> <p>La determinazione di un effetto ambientale avviene attraverso una procedura di conversione delle emissioni inquinanti che potenzialmente sono imputate alla formazione di un determinato effetto.</p>		<p>Selezione dei materiali costituenti l'elemento tecnico.</p> <p>Quantità di materia che costituisce un prodotto edilizio.</p>	RCA-Efa-41
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a: R-U-S
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	<p>Determinazione delle seguenti categorie di effetti ambientali:</p> <ul style="list-style-type: none"> Effetto serra (GWP 100); assottigliamento fascia d'ozono; acidificazione; eutrofizzazione; formazione di smog fotochimico. <p>Tale calcolo deve essere effettuato per materiali che costituiscono almeno il 50% in peso dell'unità funzionale assunta per l'elemento tecnico.</p>	<p>Planimetria dettagliata indicante i materiali utilizzati.</p> <p>Computo metrico delle opere in progetto.</p>	<p>Tabelle con indicazione dei materiali che costituiscono l'elemento tecnico e relativo ecobilancio³⁸.</p>	<p>Sistemi di Certificazione energetico ambientale dei prodotti edilizi.</p>	MATERIALI DA COSTRUZIONE Effetti ambientali per produzione elementi tecnici
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali Norma ISO 14040					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati. Requisiti: RCA-Ric-36, RCA-Sep-37					

³⁸ In commercio sono disponibili banche date informatizzate in grado di determinare il consumo energetico di prodotti e processi, in particolare, l'Agenzia Nazionale Protezione Ambiente ha recentemente pubblicato la banca dati italiana LCA (I-LCA) disponibile gratuitamente.

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
CCR-Efa-41

Selezione materiali costituenti l'elemento tecnico

La scelta dei materiali deve tendenzialmente privilegiare quelli di origine naturale e provenienti da fonti rinnovabili, pur considerando che la scelta di un materiale dipende anche da altri requisiti che, laddove soddisfatti, possono giustificare soluzioni tecnologiche differenti.

Nell'ambito dei processi produttivi è importante sottolineare che spesso l'impatto ambientale negativo arrecato da un sistema di produzione di un componente edilizio non è tanto legato alla scelta del materiale, quanto, piuttosto, agli additivi impiegati.

In particolare è opportuno:

- privilegiare materiali che comportino un ridotto impatto ambientale alle diverse scale d'azione (globale, regionale, locale);
- privilegiare materiali i cui sistemi di produzione siano certificati (es. ISO 14001).

È necessario, inoltre, considerare che i materiali hanno ricadute sulle prestazioni complessive dell'edificio, in particolare, in termini di emissioni tossico-nocive che possono liberarsi nell'ambiente abitativo. È pertanto, opportuno selezionare un materiale in relazione alla sua capacità, o meno, di provocare fenomeni di inquinamento indoor durante la fase di esercizio di un edificio.

Quantità di materia del prodotto

La quantità di componenti che costituiscono un prodotto edilizio dovrebbe essere relativamente contenuta, a parità di prestazioni in fase di esercizio e manutenzione, attraverso l'impiego di materiali in grado di svolgere delle funzioni integrate (ad esempio guaine in grado di svolgere un'azione sia impermeabilizzante che isolante).

In particolare è opportuno privilegiare elementi tecnici che non siano costituiti da materiali eccessivamente eterogenei.

Tabelle di inventario

La redazione di una tabella di inventario deve contenere l'elenco di tutti i materiali utilizzati espressi in peso o in superficie rispetto all'ammontare totale. Una volta individuato il valore, è possibile procedere alla valutazione degli effetti ambientali del ciclo di produzione (ecobilancio) che compete i materiali che costituiscono la percentuale più alta dell'elemento tecnico.

Riferimenti bibliografici

A.A. V.V., "Construction Industry Research and Information Association Environment Impact of Materials". Volume A: Summary (SP 116) London, CIRIA, 1995.
A.A. V.V., "Regole per la EPD (Environmental Product Declaration)", ANPA, 2001.
Anink D, Boonstra C, Mak J., "Handbook of Sustainable Building – an Environmental Preference Method for Selection on Materials for use in Construction and Refurbishment", London, James and James Science Publishers, 1996.
Badino V., Baldo G.L., "Life Cycle Assessment, Uno Strumento di Analisi Energetica e Ambientale", Ipaservizi, Milano, 2000.
ISO Technical Committee 207, Sub Committee 5, Working group 1, "ISO 14040: Environmental Management – Life Cycle Assessment", International Standard Organization for Standardization, 1997.
Wenzel H., Hauschild M., Alting L., "Environmental Assessment of Products", Vol. 1 and 2, Chapman & Hall, London, 1997.

Riferimenti normativi

Direttiva 89/106/CEE
 Decreto Presidente della Repubblica n.246, 21 aprile 1993, attuazione direttiva 89/106/CEE.
 Decreto Legislativo n.22, 5 febbraio 1997, attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.
 Legge Regionale 13/04/1995, n. 59, Norme per il riutilizzo e lo smaltimento dei rifiuti
 Decreto Presidente della Repubblica 11 febbraio 1998, disposizioni integrative al DPCM 10 agosto 1988, n.377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla legge 8 luglio 1986, n. 349 art.6.
 Direttiva 96/61/CEE, concernente la prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento

MATERIALI DA COSTRUZIONE
Effetti ambientali per produzione elementi tecnici

applicare a:
R-U-S

CLASSE DI ESIGENZE

QUALITA' DELL'AMBIENTE INTERNO

CLASSI DI REQUISITI

AMBIENTE VISIVO

AMBIENTE ACUSTICO

AMBIENTE TERMICO

QUALITÀ DELL'ARIA

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO



AMBIENTE VISIVO

CLASSE DI ESIGENZE

La quantità e la qualità della luce negli ambienti di vita e di lavoro ha un'influenza ormai riconosciuta sulla salute, sull'umore e sulla produttività degli occupanti.

La progettazione del comfort visivo mira al soddisfacimento di due obiettivi:

- la creazione di un ambiente gradevole
- la creazione di un ambiente con condizioni luminose tali da garantire lo svolgimento delle attività in modo efficiente e confortevole.

Entrambi gli obiettivi dipendono da alcuni elementi che devono essere adeguatamente considerati in sede di progetto:

- 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).

La destinazione d'uso implica tuttavia la definizione di un quadro di priorità nell'insieme dei requisiti da soddisfare: in ambito residenziale le scelte progettuali andranno nella direzione di creare ambienti gradevoli, con un forte utilizzo dell'illuminazione naturale; negli uffici, soprattutto quando previsto l'uso di videotermini, sarà invece fondamentale garantire un'elevata qualità visiva con una corretta progettazione dell'illuminazione naturale e artificiale.

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

La forma, le dimensioni, le proprietà ottiche e la collocazione delle superfici trasparenti giocano un ruolo chiave.

Lo sfruttamento della luce naturale porta, inoltre, ad una significativa riduzione dei consumi per l'illuminazione artificiale; è tuttavia necessario progettare le superfici trasparenti tenendo conto degli effetti sulle dispersioni termiche invernali e sul surriscaldamento estivo, adottando soluzioni a bassa trasmittanza termica e bassa permeabilità all'aria e dotate di opportuni dispositivi di schermatura solare.

Per quanto riguarda l'illuminazione artificiale i requisiti da soddisfare sono:

garantire una quantità di luce adeguata per lo svolgimento di un determinato compito visivo

adottare sorgenti ad elevata resa cromatica e temperatura del colore opportuna in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente.

In ambienti ufficio dotati di videotermini esistono oggi norme specifiche per l'ergonomia della visione. In questi casi assume un'importanza fondamentale la distribuzione delle luminanze nel campo visivo e il controllo dell'abbagliamento.

Al fine del contenimento dei consumi elettrici è consigliabile utilizzare sorgenti ad alta efficienza e prevedere negli spazi di connessione l'utilizzo di sensori di presenza per l'accensione/spegnimento automatico dell'impianto di illuminazione artificiale.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-In-42
Ottimizzare lo sfruttamento dell'illuminazione naturale, garantendo adeguati livelli di illuminamento nei principali spazi ad uso diurno.			Garantire che il fattore medio di luce diurna nei principali spazi ad uso diurno collocati al piano inferiore tipo sia almeno pari a: <ul style="list-style-type: none"> • residenze: 2%; • uffici e servizi: 1%. 	Adozione di superfici trasparenti di dimensioni adeguate e coefficiente di trasmissione luminosa elevato. Posizionamento delle finestre in modo da ridurre al minimo l'oscuramento dovuto ad edifici o altre ostruzioni esterne. Uso di colori chiari per le pareti interne. Adozione di sistemi di conduzione della luce.	AMBIENTE VISIVO illuminazione naturale
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Fattore medio di luce diurna.	Piante/Sezioni piano tipo.	Metodo di calcolo secondo Circolare Min. LLPP n° 3151 del 22/5/67. Metodi grafici per la determinazione del fattore finestra (diagramma di Waldram...).		
COS	Fattore medio di luce diurna.			Certificati di prestazione dei componenti (coeff. di trasmissione luminosa dei vetri).	
ESE	Fattore medio di luce diurna.			Misura in opera con luxmetro.	
Riferimenti normativi essenziali D.M San.5/07/1975, Circolare Min. LLPP.n.3151 del 22/05/1967					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti : QAI-Ve-43, QAI-Os-44, QAI-Ui-45, QAI-Pr-46					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-In-42

Superfici trasparenti

L'utilizzo di ampie superfici vetrate permette di ottenere alti livelli di illuminazione naturale. E' importante però dotarle di opportune schermature per evitare problemi di surriscaldamento estivo.

Le superfici vetrate devono avere coefficiente di trasmissione luminosa elevato, rispettando nello stesso tempo le esigenze di riduzione delle dispersioni termiche e di controllo della radiazione solare entrante. A questo scopo possono essere efficaci etrocamera con vetri di tipo selettivo (alta trasmissione luminosa, basso fattore solare, bassa trasmittanza termica).

Le superfici vetrate devono essere disposte in modo da ridurre al minimo l'oscuramento dovuto ad edifici o altre ostruzioni esterne e in modo che l'apertura riceva luce direttamente dalla volta celeste (fattore finestra superiore a 0).

Colore pareti interne

E' importante utilizzare colori chiari per le superfici interne in modo da incrementare il contributo di illuminazione dovuto alla riflessione interna.

Sistemi di conduzione della luce

Nel caso di ambienti che non possono disporre di superfici finestrate verso l'esterno esistono oggi sul mercato sistemi innovativi di conduzione della luce (camini di luce, guide di luce) che permettono di condurre la luce dall'esterno fino all'ambiente da illuminare.

Riferimenti bibliografici

Bell J., Burt W., *Designing buildings for daylight*, CRC Ltd, London, 1995
CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers), *Window design*, Application Manual, CIBSE, London, 1987
Commission of the European Communities, Directorate General XII for Science, Research and Development, *Daylight Performance*, a cura di M. Fontoynt, James & James Science Publisher Ltd, London, 1999
Commission of the European Communities, Directorate General XII for Science, Research and Development, a cura di N. Baker, A. Fanchiotti, K. Steemers, *Daylighting in Architecture, a European reference book*, 1st edition, James & James Science Publisher Ltd, London, 1993
Littlefair P.J., *Designing with innovative daylighting*, CRC Ltd, London, 1996
Moore F., *Concepts and practice of architectural daylighting*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1984
Rennie D., Parand F., *Environmental design guide for naturally ventilated and daylight offices*, BRE, London, 1998
Robbins C.L., *Daylighting Design and Analysis*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1986
Torricelli M. C., Sala M., Secchi S., *Daylight. La luce del giorno*, Firenze, Alinea Editrice, 1995

Riferimenti normativi

IESNA Recommended Practice of Daylighting, RP-5-99, IESNA Daylighting Committee, New York, 1999
 BS8206, Lighting for Buildings. Part 2: Code of practice for daylighting, British Standard Institution, 1992, London

AMBIENTE VISIVO
Illuminazione naturale

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice										
Dimensionare le superfici vetrate negli ambienti a prevalente uso diurno in modo da garantire il più possibile la vista dell'ambiente esterno.			Garantire che il rapporto Area finestra/Area parete (A) in funzione della profondità dell'ambiente (P) sia pari a ^(*) : <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>A</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>20%</td> <td>< 8m</td> </tr> <tr> <td>25%</td> <td>8 - 11 m</td> </tr> <tr> <td>30%</td> <td>11 - 14 m</td> </tr> <tr> <td>35%</td> <td>> 14 m</td> </tr> </table> (*) Applicabile in ambienti con illuminazione unilaterale	A	P	20%	< 8m	25%	8 - 11 m	30%	11 - 14 m	35%	> 14 m	Collocazione dell'edificio nel sito e distribuzione degli ambienti interni in modo da massimizzare la vista verso l'esterno.	QAI-Ve-43
A	P														
20%	< 8m														
25%	8 - 11 m														
30%	11 - 14 m														
35%	> 14 m														
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO													
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)											
PRO	Rapporto Area finestra/Area parete in funzione della profondità dell'ambiente.	Piante e sezioni del piano tipo.													
COS	Rapporto Area finestra/Area parete in funzione della profondità dell'ambiente.														
ESE	Rapporto Area finestra/Area parete in funzione della profondità dell'ambiente.														
Riferimenti normativi essenziali															
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-In-42, QAI-Os-44, QAI-Ui-45, QAI-Pr-46															
				applicare a:	R-U-S										

AMBIENTE VISIVO
Vista verso l'esterno

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Ve-43

Collocazione dell'edificio nel sito

Posizionare l'edificio nel sito e gli ambienti interni in modo da ottimizzare la vista verso l'esterno.
Nelle localizzazioni urbane preferire la vista verso ambienti esterni dinamici in termini di svolgimento di attività e di variabilità delle condizioni meteorologiche.
La vista verso l'esterno è maggiormente gradita quando include un livello superiore (volta celeste), un livello intermedio (edifici, collina, montagna) e un livello inferiore (strade, persone, alberi).

AMBIENTE VISIVO
Vista verso l'esterno

Riferimenti bibliografici

Rennie D., Parand F., *Environmental design guide for naturally ventilated and daylight offices*, BRE, 1998

Riferimenti normativi

BS8206, Lighting for Buildings. Part 2: Code of practice for daylighting, British Standard Institution, 1992, London

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Favorire la penetrazione della radiazione solare diretta nel periodo invernale negli ambienti ad utilizzo diurno, evitando che possa diventare causa di surriscaldamento nel periodo estivo.		Garantire la penetrazione della radiazione solare diretta negli ambienti interni ad utilizzo diurno nel periodo invernale.		Collocazione delle superfici vetrate che garantisca la penetrazione dei raggi solari all'interno degli ambienti. Adozione di elementi schermanti per evitare il surriscaldamento estivo e proteggere da rischi di abbagliamento.	QAI-Os-44
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a:
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Angolo di incidenza della radiazione solare sulla finestra.	Piante e sezioni del piano tipo, planimetria generale	Verifica con carte solari e maschere d'ombreggiamento.	Misura su modelli in scala con cielo artificiale.	
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-In-44, QAI-Ve-43, QAI-Ui-45, QAI-Pr-46, QAI-Ct-55					

AMBIENTE VISIVO
Penetrazione della radiazione solare diretta

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice

QAI-Os-44

Collocazione delle superfici vetrate

Le finestre dei principali spazi ad uso diurno devono essere collocate in modo da ricevere radiazione solare diretta anche nel periodo invernale con basse altezze solari. E' preferibile l'orientazione Sud perchè piu' 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.

Elementi schermanti

Prevedere elementi schermanti che permettano l'ingresso della luce naturale diretta nel periodo invernale e lo ostacolino nel periodo estivo per evitare problemi di surriscaldamento. A tal fine gli schermi devono essere posizionati all'esterno della superficie vetrata.

Gli schermi mobili (veneziane, frangisole, tende...) rappresentano una valida soluzione ma sono più soggetti a problemi di manutenzione.

Gli schermi continui paralleli alla superficie vetrata (tende, veneziane...) dovrebbero consentire la vista verso l'esterno anche quando abbassati: sono adatte allo scopo veneziane microforate o tende a trama non troppo fitta.

Le superfici vetrate esposte a Sud sono più facilmente schermabili: semplici aggetti correttamente dimensionati permettono l'ingresso del sole nel periodo invernale (a Torino altezza del sole a mezzogiorno del solstizio invernale circa 8°) e lo schermano nel periodo estivo (a Torino altezza del sole a mezzogiorno del solstizio estivo circa 67°).

La luce diretta può essere fonte di abbagliamento; dal punto di vista illuminotecnico è sufficiente prevedere uno schermo interno (tenda, tapparella...) che tra l'altro soddisfi anche il requisito di oscuramento totale dell'ambiente dove necessario (es. camera da letto e studio).

Riferimenti bibliografici

Bell J., Burt W., *Designing buildings for daylight*, CRC Ltd, London, 1995
CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers), *Window design*, Application Manual, CIBSE, London, 1987
Commission of the European Communities, Directorate General XII for Science, Research and Development, *Daylight Performance*, a cura di M. Fontoynt, James & James Science Publisher Ltd, London, 1999
Commission of the European Communities, Directorate General XII for Science, Research and Development, a cura di N. Baker, A. Fanchiotti, K. Steemers, *Daylighting in Architecture, a European reference book*, 1st edition, James & James Science Publisher Ltd, London, 1993
Littlefair P.J., *Designing with innovative daylighting*, CRC Ltd, London, 1996
Moore F., *Concepts and practice of architectural daylighting*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1984
Rennie D., Parand F., *Environmental design guide for naturally ventilated and daylight offices*, BRE, London, 1998
Robbins C.L., *Daylighting Design and Analysis*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1986
Torricelli M. C., Sala M., Secchi S., *Daylight. La luce del giorno*, Firenze, Alinea Editrice, 1995

Riferimenti normativi

BS8206, Lighting for Buildings. Part 2: Code of practice for daylighting, British Standard Institution, 1992, London
IESNA Recommended Practice of Daylighting, RP-5-99, IESNA Daylighting Committee, New York, 1999

AMBIENTE VISIVO
Penetrazione della radiazione solare diretta

applicare a:

R

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice Qai-Ui-45
Garantire una buona distribuzione della luce naturale negli ambienti ad utilizzo diurno tra la zona più vicina alla superficie vetrata e la zona più lontana.			<p>Garantire l'uniformità di illuminamento per illuminazione naturale.</p> <p>Il fattore di uniformità, dato dal rapporto tra il fattore di luce diurna minimo e il fattore di luce diurna massimo, deve essere almeno pari a 0.2^(*).</p> <p><i>(*) Applicabile in ambienti con illuminazione unilaterale</i></p>	<p>Dimensionamento opportuno dell'ambiente rispetto alle superfici trasparenti.</p> <p>Forma e posizione delle superfici trasparenti tali da garantire una corretta distribuzione della luce.</p>	AMBIENTE VISIVO Uniformità di illuminamento
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Fattore di uniformità.		Calcolo del fattore di luce diurna puntuale con il metodo BRS o con il diagramma di Waldram.		
COS	Fattore di uniformità.				
ESE	Fattore di uniformità.			Misura in opera con luxmetro.	
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-In-42, QAI-Ve-43, QAI-Os-44, QAI-Pr-46					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

Dimensionamento dell'ambiente

Nel caso di illuminazione unilaterale affinché la zona più lontana risulti più luminosa è necessario rispettare alcune condizioni:

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

Forma e posizione delle finestre

E' inoltre importante la forma e la posizione della finestra, in particolare il filo superiore della finestra deve essere il più alto possibile. Le finestre verticali rappresentano la soluzione migliore per garantire nello stesso tempo la quantità di luce naturale necessaria, la visione verso l'esterno e la penetrazione in profondità della luce.

Riferimenti bibliografici

Bell J., Burt W., *Designing buildings for daylight*, CRC Ltd, London, 1995
CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers), *Window design*, Application Manual, CIBSE, London, 1987
Commission of the European Communities, Directorate General XII for Science, Research and Development, *Daylight Performance*, a cura di M. Fontoynt, James & James Science Publisher Ltd, London, 1999
Commission of the European Communities, Directorate General XII for Science, Research and Development, a cura di N. Baker, A. Fanchiotti, K. Steemers, *Daylighting in Architecture, a European reference book*, 1st edition, James & James Science Publisher Ltd, London, 1993
Littlefair P.J., *Designing with innovative daylighting*, CRC Ltd, London, 1996
Moore F., *Concepts and practice of architectural daylighting*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1984
Rennie D., Parand F., *Environmental design guide for naturally ventilated and daylight offices*, BRE, London, 1998
Robbins C.L., *Daylighting Design and Analysis*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1986
Torricelli M. C., Sala M., Secchi S., *Daylight. La luce del giorno*, Firenze, Alinea Editrice, 1995

Riferimenti normativi

BS8206, Lighting for Buildings. Part 2: Code of practice for daylighting, British Standard Institution, 1992, London
IESNA Recommended Practice of Daylighting, RP-5-99, IESNA Daylighting Committee, New York, 1999

codice

Qai-Ui-45

AMBIENTE VISIVO
Uniformità di illuminamento

applicare a:

R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-Pr-46
Garantire la privacy visiva dei principali spazi abitativi.		Disporre l'edificio in modo da ridurre al minimo la visione dall'esterno degli spazi abitativi interni.		Adozione di elementi di separazione visiva tra l'edificio e l'ambiente circostante. Adeguate collocazione dell'edificio nel sito e disposizione delle finestre.	AMBIENTE VISIVO Privacy
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Collocazione dell'edificio nel sito e/o presenza di tecnologie appropriate.	Piante/Sezioni del piano tipo. Planimetria generale.			
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-In-42, QAI-Ve-43, QAI-Os-44, QAI-Ui-45					
					applicare a: R

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Pr-46

Collocazione dell'edificio nel sito e disposizione delle finestre

L'edificio deve essere collocato in modo tale che le finestre siano a una distanza adeguata dagli edifici circostanti, in modo da evitare la vista orizzontale o dall'alto degli ambienti interni.

Schermi

L'adozione di schermi, preferibilmente mobili, può garantire un efficace privacy. Gli schermi, tuttavia, non devono ridurre in modo rilevante la vista verso l'esterno e l'illuminazione naturale dell'ambiente. A tale scopo sono adatti schermi microforati (es. veneziane a lamelle microforate, tende a trama larga, bande microforate)

AMBIENTE VISIVO
Privacy

Riferimenti bibliografici

Rennie D., Parand F., *Environmental design guide for naturally ventilated and daylight offices*, BRE, London, 1998

Riferimenti normativi

applicare a:

R

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Garantire all'utenza la possibilità di regolare tramite schermi l'illuminamento interno medio dovuto alla luce naturale fino al completo oscuramento.		Garantire il completo oscuramento degli ambienti.		Prevedere schermi oscuranti mobili (tende, tapparelle, ante...).	QAI-Ob-47
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			AMBIENTE VISIVO Oscurabilità
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza di schermi oscuranti.		Dettagli tecnologici.		
COS	Presenza di schermi oscuranti.			Certificati di prestazione degli schermi.	
ESE	Presenza di schermi oscuranti.			Misura in opera dell'illuminamento interno.	
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
					applicare a:
					R

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Ob-47

L'oscurabilità degli ambienti destinati al riposo è un requisito raccomandato. E' quindi necessario prevedere in fase di progetto la presenza di schermi oscuranti mobili. Al fine di utilizzare gli schermi anche per il controllo degli apporti solari senza compromettere l'ingresso della luce naturale risultano efficaci le persiane avvolgibili con telaio a sporgere e guide laterali mobili incernierate in alto e in basso. La presenza dell'avvolgibile può inoltre migliorare le prestazioni di isolamento termico e acustico notturno del serramento. L'elemento debole è rappresentato dal cassonetto che deve essere adeguatamente isolato e garantire una buona tenuta all'aria.

AMBIENTE VISIVO
Oscurabilità

Riferimenti bibliografici

AA.VV., *Manuale di progettazione edilizia*, vol.4, Tecnologie: requisiti, soluzioni, esecuzione, prestazioni, Hoepli, Milano, 1999

Riferimenti normativi

applicare a:

R

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-Ia-48
Garantire una buona illuminazione artificiale negli ambienti interni, in termini di quantità e di qualità.			Garantire il soddisfacimento dei seguenti requisiti: <ul style="list-style-type: none"> • illuminamento medio di esercizio <ul style="list-style-type: none"> ○ residenze: 200 -500 lx ○ uffici e servizi: 500 lx • tonalità di colore <ul style="list-style-type: none"> ○ residenze: bianco-calda (<3300K) ○ uffici e servizi: bianco neutra, bianco-calda (< 5300 K) • resa cromatica <ul style="list-style-type: none"> ○ residenze: >90 ○ uffici e servizi: 80 – 90 	Adeguata collocazione dei punti luce Impiego di sorgenti luminose ad elevata efficienza energetica ed alta resa cromatica	AMBIENTE VISIVO Illuminazione artificiale
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Illuminamento medio di esercizio.	Piante e sezioni.	Calcolo manuale con metodo del flusso totale o utilizzo di software commerciali.		
COS	Illuminamento medio di esercizio. Tonalità di colore. Resa del colore.			Certificati di prestazione di sorgenti ed apparecchi.	
ESE	Illuminamento medio di esercizio.			Misura in opera secondo UNI 10380.	
Riferimenti normativi essenziali UNI10380					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

Al fine di ottenere una buona distribuzione dell'illuminazione artificiale nell'ambiente e livelli di illuminamento adeguati è necessario scegliere e disporre le sorgenti luminose in modo corretto.

Nel caso di impiego di sorgenti luminose ad elevata efficienza energetica è necessario verificare che abbiano anche buone prestazioni dal punto di vista del colore della luce, in termini di tonalità di colore e di resa cromatica.

codice
QAI-Ia-48

AMBIENTE VISIVO
Illuminazione artificiale

Riferimenti bibliografici

Fellin L., Forcolini G., Palladino P.(a cura di), *Manuale di illuminotecnica*, Tecniche Nuove, Milano, 1999
Forcolini G., *Illuminazione di interni*, Hoepli, Milano, 1988

Riferimenti normativi

applicare a:
R-U-S

AMBIENTE ACUSTICO CLASSE DI ESIGENZE

Il comfort acustico può essere definito come quella condizione psicofisica per cui un individuo, immerso in un certo ambiente sonoro, si trova in condizioni di benessere rispetto all'attività che sta svolgendo.

Negli ambienti prevalentemente destinati all'ascolto della parola, una buona qualità acustica è garantita attraverso:

- la buona ricezione del suono,
- l'assenza di disturbo.

Nell'ambito della progettazione di edifici a carattere prettamente residenziale requisito fondamentale risulta essere l'assenza di disturbo, intesa come riduzione della trasmissione del rumore proveniente dall'ambiente circostante (ambiente esterno, ambienti adiacenti o impianti tecnologici).

Negli ultimi 10 anni il tema della qualità acustica degli ambienti interni è stato oggetto di una forte attività normativa; in particolare costituisce riferimento normativo fondamentale il D.P.C.M. del 5/12/1997 che 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).

Relativamente al comportamento acustico dell'involucro i requisiti da considerare sono:

- l'isolamento acustico di facciata,
- l'isolamento acustico delle partizioni interne,
- l'isolamento al calpestio.

L'indice di prestazione dei componenti di involucro rispetto ai rumori di tipo aereo è il potere fonoisolante, che dipende dalle caratteristiche fisiche (massa frontale, stratigrafia, etc), dalle caratteristiche geometriche (posizione, connessioni, etc.) e dalle caratteristiche del suono incidente (frequenza, angolo di incidenza).

Rispetto alla trasmissione per via strutturale il parametro da considerare è il livello di pressione sonora di calpestio, che dipende soprattutto dalla massa frontale della struttura, dal tipo di rivestimento superficiale, dalla stratigrafia e dal tipo di connessione.

Per quanto riguarda gli impianti il requisito prestazionale è relativo al livello di rumore prodotto; il controllo della rumorosità dell'impianto può avvenire attraverso scelte progettuali mirate relative ai componenti impiantistici, attraverso l'attenuazione della propagazione del rumore nei condotti, attraverso la riduzione della trasmissione per via strutturale e attraverso l'isolamento delle pareti dei locali tecnici

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-If-49
Ridurre al minimo la trasmissione negli ambienti interni del rumore aereo proveniente dall'ambiente esterno.			Garantire che l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione sia almeno pari a: <ul style="list-style-type: none"> • residenze: 40 dB; • uffici: 42 dB. 	Adeguata collocazione degli edifici nel sito. Adeguata distribuzione degli ambienti interni. Adozione di tecnologie di involucro opaco e trasparente ad elevato potere fonoisolante. Riduzione dei ponti acustici.	AMBIENTE ACUSTICO Isolamento acustico di facciata
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione.		Calcolo secondo norme UNI EN ISO 7171-1 e EN 12354-3.		
COS	Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione.			Certificati di prestazione dei componenti (Potere fonoisolante secondo UNI EN ISO 140-3).	
ESE	Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione.			Misura in opera secondo UNI EN ISO 140-5.	
Riferimenti normativi essenziali DPCM 5/12/1997, UNI EN ISO 7171-1, EN 12354-3, UNI EN ISO 140 -3,UNI EN ISO 140 -5, EN ISO 10848					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
					applicare a: R-U

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice

QAI-If-49

Il rumore esterno trasmesso per via aerea attraverso l'involucro dell'edificio è generato principalmente dal traffico veicolare e dagli impianti.

Le strategie progettuali da applicare riguardano i seguenti aspetti:

- orientamento e posizionamento dei corpi di fabbrica: occorre, nei limiti del possibile, situare l'edificio alla massima distanza dalla sorgente di rumore e sfruttare l'effetto schermante di ostacoli naturali o artificiali (rilievi del terreno, fasce di vegetazione, altri edifici, ecc.);
- distribuzione planivolumetrica degli ambienti interni: i locali che presentano i requisiti più stringenti di quiete (camere da letto) dovranno preferibilmente essere situati sul lato dell'edificio meno esposto al rumore esterno;
- gli elementi dell'involucro esterno dovranno garantire valori elevati di potere fonoisolante: per le pareti opache è consigliabile l'adozione di pareti doppie (murature a cassavuota) con spessore differente e con all'interno materiale fonoassorbente, per i serramenti, che sono in genere l'elemento acusticamente più debole dell'involucro, adozione di vetri stratificati o vetrocamera con lastre di spessore differente e di telai a bassa permeabilità all'aria;
- 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.

Particolare cura deve essere posta in fase di costruzione alla posa dei serramenti e alla realizzazione degli accoppiamenti fra serramento e muratura. Occorre inoltre evitare i ponti acustici dovuti ai cassonetti non adeguatamente silenziati.

AMBIENTE ACUSTICO
Isolamento acustico di facciata

Riferimenti bibliografici

AAVV, *Manuale di progettazione edilizia*, vol.2 Criteri ambientali e impianti, Hoepli, Milano, 1998

Harris C.M., *Manuale di controllo del rumore*, Tecniche Nuove, Milano, 1989

Peretti A., Simonetti P. (a cura di), *Atti del Convegno Edilizia e Ambiente*, Trento, 1998.

Spagnolo R. (a cura di), *Manuale di Acustica Applicata*, Torino, UTET, 2001.

Riferimenti normativi

applicare a:

R-U

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-tp-50
Ridurre al minimo la trasmissione del rumore proveniente da ambienti adiacenti (spazi pubblici e privati).			Garantire che l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni interne orizzontali e verticali (tra unità immobiliari distinte) sia almeno pari a 50dB.	Adeguata distribuzione degli ambienti interni. Adozione di partizioni interne ad elevato potere fonoisolante. Riduzione della trasmissione sonora laterale. Riduzione dei ponti acustici.	AMBIENTE ACUSTICO Fonoisolamento delle partizioni interne
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni interne orizzontali e verticali (tra unità immobiliari distinte).		Calcolo secondo norme UNI EN ISO 717-1 EN 12354 – 1.		
COS	Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni interne orizzontali e verticali (tra unità immobiliari distinte).			Certificati di prestazione dei componenti (Potere fonoisolante secondo ISO 140-3).	
ESE	Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni interne orizzontali e verticali (tra unità immobiliari distinte).			Misura in opera secondo UNI EN ISO 140-4.	
Riferimenti normativi essenziali DPCM 5/12/1997, UNI EN ISO 717-1, EN 12354-1, UNI EN ISO 140-3, UNI EN ISO 140-4, EN ISO 10848					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
					applicare a: R-U

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-1p-50

Distribuzione degli ambienti interni

Una distribuzione ottimale degli ambienti interni minimizza la necessità di isolamento acustico delle partizioni interne. Le aree che richiedono maggiore protezione sonora (es. camere da letto) devono essere collocate il più lontano possibile dagli ambienti adiacenti più rumorosi (es. cucine, bagni). E' preferibile, quando necessario porre le aree critiche lungo le pareti di confine, disporre in modo adiacente gli ambienti con la stessa destinazione d'uso o compatibili.

Partizioni interne

Al fine di evitare la propagazione del rumore è necessario da un lato adottare soluzioni ad elevato potere fonoisolante (divisori monolitici di massa elevata, divisori multistrato con alternanza di strati massivi e di strati fonoassorbenti, divisori leggeri ad elevato fonoisolamento), dall'altro assemblare i divisori (verticali e orizzontali) in modo tale da ridurre al minimo gli effetti di ponte acustico e di trasmissione sonora laterale (flanking transmission).

Nelle strutture in cls i tramezzi di separazione possono coincidere con il modulo strutturale, riducendo la trasmissione del suono attraverso le connessioni strutturali, in alternativa, si possono adottare supporti resilienti per i tramezzi o pavimenti galleggianti per ciascuna unità abitativa. Nelle costruzioni a telaio, in legno e/o acciaio per travi e pilastri è più facile che si verifichino propagazioni del rumore attraverso gli elementi di connessione.

AMBIENTE ACUSTICO
Fonoisolamento delle partizioni interne

Riferimenti bibliografici

Harris C.M., *Manuale di controllo del rumore*, Tecniche Nuove, Milano, 1989

Peretti A., Simonetti P. (a cura di), *Atti del Convegno Edilizia e Ambiente*, Trento, 1998.

Spagnolo R., *Manuale di Acustica Applicata*, Torino, UTET, 2001.

Riferimenti normativi

applicare a:

R-U

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-Fc-51
Ridurre al minimo la trasmissione del rumore di tipo impattivo proveniente da locali posti al di sopra dell'ambiente in esame.			Garantire che l'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione sia inferiore a: <ul style="list-style-type: none"> • residenze: 63 dB; • uffici: 55 dB. 	Impiego di opportuni materiali di rivestimento della superficie del pavimento. Adozione di pavimenti galleggianti. Discontinuità strutturale degli elementi di separazione verticale e orizzontale.	AMBIENTE ACUSTICO Fonoisolamento da calpestio
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione.		Calcolo secondo UNI EN ISO 717-2 e EN 12354 -2.		
COS	Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione.			Certificati di prestazione dei componenti (Isolamento rumore da calpestio secondo UNI EN ISO 140-6).	
ESE	Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione.			Misura in opera secondo UNI EN ISO 140-7.	
Riferimenti normativi essenziali DPCM 5/12/1997, UNI EN ISO 717-2, EN 12354 -2, UNI EN ISO 140-6, UNI EN ISO 140-7, EN ISO 10848					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
					applicare a: R-U

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Fc-51

In un edificio i rumori di tipo impattivo sono dovuti alla vibrazione delle strutture orizzontali e verticali sollecitate da un urto; le vibrazioni possono quindi trasmettersi in una qualsiasi parte del fabbricato. La fonte più comune è costituita dal calpestio dei passi, tuttavia, qualunque sorgente che agisca meccanicamente sul pavimento (es.elettrodomestici) può essere causa di rumore impattivo nell'ambiente sottostante.

L'isolamento del rumore da calpestio richiede l'adozione di particolari accorgimenti nel progetto e realizzazione degli orizzontamenti:

- impiego di rivestimenti superficiali del pavimento in materiali morbidi (tappeti, moquette), in materiali flessibili (plastica o gomma), in materiali compositi realizzati con materiali resistenti (linoleum o gomma) sovrapposti a strati più morbidi (feltri o materiali porosi);
- impiego di pavimenti galleggianti (superfici rigide calpestabili appoggiate su un materiale resiliente posto sulla soletta) separati elasticamente lungo l'intero perimetro dalle pareti laterali di confine;
- adozione di connessioni flessibili e di strati resilienti per creare discontinuità strutturale ed impedire la propagazione del rumore lungo il suo percorso di trasmissione.

AMBIENTE ACUSTICO
Fonoisolamento da calpestio

Riferimenti bibliografici

Harris C.M., *Manuale di controllo del rumore*, Tecniche Nuove, Milano, 1989
Peretti A., Simonetti P. (a cura di), *Atti del Convegno Edilizia e Ambiente*, Trento, 1998.
Spagnolo R., *Manuale di Acustica Applicata*, Torino, UTET, 2001.

Riferimenti normativi

applicare a:

R-U

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO
Ridurre al minimo l'impatto acustico dovuto a rumori di tipo continuo, quali impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.			Garantire che il livello massimo di pressione sonora ponderato A con costante di tempo slow sia inferiore a 35dB(A).	Adeguata collocazione degli impianti rispetto alle unità abitative. Adeguato isolamento acustico delle sorgenti di rumore.
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO		
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)
PRO	Livello massimo di pressione sonora ponderato A con costante di tempo slow.			
COS	Livello massimo di pressione sonora ponderato A con costante di tempo slow.			Certificato di prestazione dei componenti impiantistici.
ESE	Livello massimo di pressione sonora ponderato A con costante di tempo slow.			Misura in opera secondo UNI 8199.
Riferimenti normativi essenziali DPCM 5/12/97, UNI 8199				
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati				

codice
QAI-Rc-52

AMBIENTE ACUSTICO
Fonoisolamento da rumore di tipo continuo

applicare a:
R-U

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice

QAI-Rc-52

Gli impianti di riscaldamento, di ventilazione e di condizionamento dell'aria presenti all'interno dell'edificio costituiscono fonte di rumore e come tale devono essere opportunamente collocati rispetto alle unità abitative.
Tali impianti dovrebbero essere isolati al fine di ridurre la propagazione del rumore sia per via strutturale (vibrazioni) che per via aerea. Può risultare utile controllare localmente la sorgente di rumore attraverso il fonoassorbimento dei locali in cui sono collocati gli impianti

AMBIENTE ACUSTICO
Fonoisolamento da rumore di tipo continuo

Riferimenti bibliografici

AAVV, *Manuale di progettazione edilizia*, vol.2 Criteri ambientali e impianti, Hoepli, Milano, 1998
Harris C.M., *Manuale di controllo del rumore*, Tecniche Nuove, Milano, 1989
Peretti A., Simonetti P. (a cura di), *Atti del Convegno Edilizia e Ambiente*, Trento, 1998.
Spagnolo R., *Manuale di Acustica Applicata*, Torino, UTET, 2001.

Riferimenti normativi

applicare a:

R-U

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-Rd-53
Ridurre al minimo l'impatto acustico dovuto a rumori di tipo discontinuo, quali ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetteria.			Garantire che il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A sia inferiore a 35 dB (A).	Corretta distribuzione planimetrica. Adozione di strategie per ridurre la rumorosità delle fonti disturbanti in particolare WC e ascensori).	AMBIENTE ACUSTICO Fonoisolamento da rumore di tipo discontinuo
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A.	Piante e sezioni. Dettagli impiantistici.			
COS	Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A.			Certificato di prestazione dei componenti impiantistici.	
ESE	Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A.			Misura in opera.	
Riferimenti normativi essenziali DPCM 5/12/97					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					
					applicare a: R-U

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Rd-53

La rumorosità degli impianti idrosanitari può risultare altamente disturbante; è necessario quindi adottare alcune precauzioni:

- posizionare i bagni in modo che non siano adiacenti alle camere da letto;
- 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 ma non in quella di scarico);
- interporre del materiale elastico tra lo scarico e le strutture murarie.

Altra fonte importante di disturbo è l'ascensore, la cui rumorosità dipende dagli organi di sollevamento situati in cima al pozzetto o alla base, dallo scorrimento della cabina sulle guide, dagli organi elettromeccanici di controllo. La riduzione del rumore può avvenire:

- impiegando componenti certificati di elevata qualità;
- installando le macchine su una base inerziale sospesa elasticamente;
- fonoisolando adeguatamente il vanomacchine.

AMBIENTE ACUSTICO
Fonoisolamento da rumore di tipo discontinuo

Riferimenti bibliografici

AAVV, *Manuale di progettazione edilizia*, vol.2 Criteri ambientali e impianti, Hoepli, Milano, 1998

Spagnolo R., *Manuale di Acustica Applicata*, Torino, UTET, 2001.

Riferimenti normativi

applicare a:

R-U

AMBIENTE TERMICO CLASSE DI REQUISITI

La condizione di comfort termico è esprimibile come lo stato psicofisico di soddisfazione che l'occupante prova per le condizioni termoigrometriche in cui si trova e come lo stato in cui il suo corpo è in condizioni di neutralità termica.

Le normative specifiche in argomento, relativamente ad ambienti di tipo moderato, in particolare la UNI EN ISO 7730, definiscono 4 parametri microclimatici che influiscono direttamente su tale condizione:

- la temperatura dell'aria
- la temperatura media radiante
- la velocità dell'aria
- l'umidità relativa (in misura minore, se contenuta tra il 30 e il 70%).

In condizioni invernali e in assenza di impianto di ventilazione meccanica i due parametri che assumono l'importanza maggiore, e che devono quindi essere mantenuti all'interno di determinati valori di comfort, sono la temperatura dell'aria e la temperatura media radiante, che è strettamente legata alla temperatura superficiale di parete.

Il controllo di questi parametri dipende dalla tipologia impiantistica adottata e dalle tecnologie di involucro opaco e trasparente scelte.

In condizioni estive e in assenza di impianto di condizionamento la sensazione di comfort è fortemente influenzata dal valore di temperatura dell'aria e soprattutto dalle sue oscillazioni nel tempo. Su questo aspetto la normativa esistente è piuttosto carente e non esiste un indice di qualità termica estiva a cui fare riferimento.

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-Ct-54
Prevedere soluzioni impiantistiche e di involucro edilizio che permettano di mantenere la temperatura dell'aria nei principali spazi abitativi nel periodo invernale su valori di comfort, senza eccessive variazioni nel tempo e nello spazio, con un utilizzo ridotto delle risorse energetiche, attraverso l'ottimizzazione del sistema edificio-impianto.			La temperatura dell'aria nei principali spazi abitativi nel periodo invernale deve essere compresa tra 20 e 22 °C.	<p>Tecnologie di involucro opaco e trasparente ad elevato isolamento termico ed elevata inerzia termica.</p> <p>Infissi a bassa permeabilità all'aria.</p> <p>Sistemi di regolazione della temperatura ambiente.</p>	AMBIENTE TERMICO Temperatura dell'aria nel periodo invernale
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Temperatura dell'aria e presenza di tecnologie appropriate.	Dettagli costruttivi. Dettagli impiantistici. Schemi distributivi dell'impianto.			
COS	Temperatura dell'aria e presenza di tecnologie appropriate.			Certificazione dei componenti (trasmissione termica, permeabilità all'aria).	
ESE	Temperatura dell'aria e consumi energetici per il riscaldamento.			Misura in campo della temperatura dell'aria secondo UNI EN 27726.	
Riferimenti normativi essenziali Norma UNI EN ISO 7730, Norma UNI EN 27726					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-Ris-21, CCT-Ris-22					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice

QAI-Ct-54

Al fine del mantenimento della temperatura dell'aria in condizioni di comfort senza eccessive variazioni nello spazio e nel tempo, con il minimo utilizzo delle risorse energetiche è necessario che il sistema edificio-impianto risulti ottimizzato. Le strategie di ottimizzazione riguardano:

- il contenimento delle dispersioni per trasmissione (elevato isolamento termico dell'involucro opaco e trasparente) e per ventilazione (bassa permeabilità all'aria dei serramenti);
- l'adozione di pareti ad elevata inerzia termica;
- l'elevata efficienza dell'impianto di riscaldamento.

Temi già approfonditi nella sezione "contenimento del consumo di risorse" a cui si rimanda.

AMBIENTE TERMICO
Temperatura dell'aria nel periodo invernale

Riferimenti bibliografici

Alfano G., d'Ambrosio F.R, de Rossi F., *La valutazione delle condizioni termoigrometriche negli ambienti di lavoro: comfort e sicurezza*, Cuen, Napoli, 1997
Alfano, G., Filippi, M., Sacchi, E. (a cura di), *Impianti di climatizzazione per l'edilizia. Dal progetto al collaudo*. Masson, Milano, 1997.

Riferimenti normativi

ANSI/ASHRAE 55-1992, Thermal environment conditions for human occupancy

applicare a:

R-U-S

OBIETTIVI		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-Ct-55
Evitare fenomeni di discomfort globale e localizzato dovuto alla presenza di superfici fredde (finestre, ponti termici) e/o di troppo calde (pavimenti a pannelli radianti).			<p>La temperatura superficiale interna media ponderale, in condizioni di progetto invernale, deve essere al massimo inferiore di 3°C alla temperatura dell'aria interna.</p> <p>Nel caso di presenza di pannelli radianti a pavimento la temperatura superficiale del pavimento non deve essere superiore a 25°C.</p>	<p>Tecnologie di involucro opaco e trasparente ad elevato isolamento termico.</p> <p>Superfici vetrate di dimensioni ridotte sul lato esposto a Nord.</p> <p>Riduzione dei ponti termici.</p>	AMBIENTE TERMICO Temperatura superficiale interna nel periodo invernale
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Temperatura superficiale interna media delle pareti verso esterno.	Dettagli costruttivi (stratigrafie pareti, risoluzione dei ponti termici).	Calcolo in condizioni di progetto invernale della temperatura superficiale in zona corrente e nelle zone di ponte termico.		
COS	Temperatura superficiale interna media delle pareti verso esterno.			Certificazione dei componenti (trasmissione termica, permeabilità all'aria).	
ESE	Temperatura superficiale interna media delle pareti verso esterno.			Misura in campo della temperatura superficiale con termoflussimetri.	
Riferimenti normativi essenziali UNI EN ISO 7730, UNI 10345, UNI 10346, UNI 10351, UNI 10355					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-Ris-21, CCT-Ris-22					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

La temperatura superficiale delle pareti interne è un parametro importante sulla sensazione di comfort termico: da un lato influisce sulla temperatura media radiante dell'ambiente e quindi sulla temperatura operativa, dall'altro può essere causa di discomfort localizzato dovuto all'asimmetria di temperatura piana radiante che si produce in presenza di pareti fredde o di pavimenti caldi.

A tal fine è necessario:

- adottare soluzioni di involucro ad elevato isolamento termico;
- limitare le superfici vetrate sui lati meno esposti alla radiazione solare;
- ridurre i ponti termici.

Temi già approfonditi nella sezione "contenimento del consumo di risorse" a cui si rimanda.

In presenza di sistemi di riscaldamento a pannelli radianti a pavimento prevedere sistemi di regolazione della temperatura.

Riferimenti bibliografici

Alfano G., d'Ambrosio F.R., de Rossi F., *La valutazione delle condizioni termoigrometriche negli ambienti di lavoro: comfort e sicurezza*, Cuen, Napoli, 1997
Alfano, G., Filippi, M., Sacchi, E. (a cura di), *Impianti di climatizzazione per l'edilizia. Dal progetto al collaudo*. Masson, Milano, 1997.

Riferimenti normativi

ANSI/ASHRAE 55-1992, Thermal environment conditions for human occupancy

codice

QAI-Ct-55

AMBIENTE TERMICO
Temperatura superficiale interna nel periodo invernale

applicare a:

R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QAI-Ct-56
Mantenere la temperatura dell'aria nei principali spazi ad uso diurno (nel periodo giugno/settembre) su valori di comfort (24- 28 °C) per un periodo di tempo di occupazione significativo attraverso la messa in atto di strategie progettuali mirate all'ottimizzazione del comportamento passivo dell'edificio e quando non ottenibile prevedere l'utilizzo di soluzioni impiantistiche adeguate.			Garantire che la temperatura dell'aria nel periodo giugno/settembre nei principali spazi ad uso diurno sia all'interno dell'intervallo di comfort 24°-28° per almeno il 90% del tempo di occupazione.	Adozione di pareti/coperture con elevata inerzia termica. Adozione di sistemi di schermatura . Adozione di strategie per lo sfruttamento della ventilazione naturale. Predisposizione di allacci per sistemi di raffrescamento autonomi.	AMBIENTE TERMICO Indice di surriscaldamento nel periodo estivo
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Temperatura dell'aria.	Piante/Sezioni. Dettagli tecnologici. Dettagli impiantistici.	Metodi di calcolo semplificati per la determinazione della temperatura dell'aria in ambienti non condizionati (massa efficace/funzioni di trasferimento).		
COS	Temperatura dell'aria.				
ESE	Temperatura dell'aria.			Monitoraggio con micro datalogger.	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10375					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: URC-Rfn-2 ; URC-Rfn-3 ; URC-Vn-4 ; URC-Vn-5, CCT-Rfp-25, CCT-Rfp-26, CCT-Rfp-27					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

Al fine di evitare il surriscaldamento dell'ambiente nel periodo estivo è necessario mettere in atto quanto già precedentemente descritto in "Raffrescamento ambienti", a cui si rimanda.

codice
QAI-Ct-56

AMBIENTE TERMICO
Indice di surriscaldamento nel periodo estivo

Riferimenti bibliografici

Riferimenti normativi

applicare a:
R-U-S

QUALITÀ DELL'ARIA CLASSE DI REQUISITI

La qualità dell'aria negli ambienti confinati riveste un'importanza notevole in tema di qualità dell'ambiente interno.

L'aria è considerabile di buona qualità se nell'ambiente non sono presenti inquinanti specifici in concentrazioni dannose per la salute dell'occupante e se è percepita come soddisfacente da almeno l'80% degli occupanti.

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

L'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.

L'approccio prestazionale stabilisce dei contaminanti principali, la cui concentrazione deve essere mantenuta al di sotto di determinati valori di soglia. L'applicazione di questa procedura è attuabile solamente se è possibile identificare a priori i contaminanti, se si conoscono i tassi di emissione delle diverse sorgenti inquinanti e se si è in grado di individuare il limite massimo di concentrazione.

Secondo la normativa americana (ASHRAE Standard 62-1999) i due approcci possono essere utilizzati in alternativa; in Italia, nonostante l'importanza della tematica, la normativa esistente relativa alla qualità dell'aria è ancora abbastanza limitata, soprattutto quando si opera in ventilazione naturale o controllata.

I parametri che concorrono alla creazione di un ambiente ad elevata qualità dell'aria sono:

- la ventilazione (aerazione dei locali, estrazione dell'aria dai locali privi di aperture verso l'esterno);
- il controllo delle fonti inquinanti interne (materiali a bassa emissione di VOC, controllo della migrazione di Radon);
- il controllo dell'umidità relativa interna;
- il controllo della diffusione di inquinanti dagli ambienti confinanti esterni.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Garantire una qualità dell'aria interna accettabile attraverso l'aerazione naturale degli ambienti che sfrutti le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive degli spazi, senza gravare sui consumi energetici per la climatizzazione e quando non ottenibile prevedere l'utilizzo di sistemi di ventilazione meccanica.		Garantire una portata d'aria di ricambio adeguata attraverso la ventilazione naturale, senza gravare sui consumi energetici per la climatizzazione e compromettere i requisiti di comfort termoigrometrico e se non ottenibile prevedere l'impiego di sistemi di ventilazione meccanica	<p>Garantire una portata d'aria di ricambio</p> <ul style="list-style-type: none"> nelle residenze (aree a soggiorno) pari a 7.5 l/s per persona; negli uffici pari a 11 l/s per persona; nei servizi in funzione della specifica destinazione d'uso. <p>Oppure in alternativa usare portate differenti purché venga rispettato il criterio di qualità dell'aria accettabile basato sulla concentrazione di inquinanti (es. mantenere il rapporto di concentrazione differenziale di CO₂ tra aria interna ed esterna inferiore a 700 ppm). N.B. Il dato assunto per la qualità dell'aria deve essere coerente con quello utilizzato nel calcolo dei carichi termici invernali ed estivi.</p>	<p>Adozione di serramenti apribili e con infissi a permeabilità all'aria adeguata.</p> <p>Adozione di bocchette o di griglie di ventilazione regolabili.</p> <p>Impiego di sistemi di ventilazione ibrida.</p>	QAI-Ae-57
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a: R-U-S
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Portata d'aria di ricambio.	Piante/Sezioni. Dettagli tecnologici.			QUALITA' DELL'ARIA Aerazione
COS	Portata d'aria di ricambio.				
ESE	Portata d'aria di ricambio e consumi energetici per la climatizzazione.			Misura in campo della portata d'aria o degli inquinanti. Monitoraggio di temperatura dell'aria interna e dei consumi energetici.	
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: URC-Vn-4, URC-Vn-5, CCT-Vm-24					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Ae-57

Al fine del mantenimento della qualità dell'aria accettabile all'interno dell'ambiente con un minimo utilizzo delle risorse energetiche soluzioni efficaci possono essere:

- l'adozione di serramenti apribili e con infissi a bassa permeabilità all'aria ma tali da garantire adeguati ricambi d'aria di infiltrazione per evitare problemi di condensa superficiale;
- l'adozione di bocchette o di griglie di ventilazione regolabili inseriti nel serramento;
- l'adozione di impianti a ventilazione meccanica controllata (VMC):
 - a semplice flusso autoregolabile (bocchette collocate sugli infissi, sulle porte o sulle pareti dotate di dispositivo di autoregolazione legato al differenziale di pressione che si crea sulla bocchetta e collegate ad elettroventilatori singoli o centralizzati);
 - a semplice flusso igroregolabile (bocchette con sezione di passaggio dell'aria variabile in funzione dell'umidità relativa collocate sugli infissi, sulle porte o sulle pareti e collegate ad elettroventilatori singoli o centralizzati);
 - a doppio flusso con recuperatore di calore statico (bocchette interne di immissione collegate ad una piccola unità di trattamento dell'aria con recuperatore di calore).

In tutti i casi è importante porre particolare attenzione ai problemi di isolamento acustico e di sicurezza rispetto alla prevenzione incendi.

Le strategie per lo sfruttamento della ventilazione naturale e per un'elevata efficienza della ventilazione meccanica sono trattate nelle schede "Ventilazione naturale" e "Ventilazione meccanica" a cui si rimanda.

QUALITÀ DELL'ARIA
Aerazione

Riferimenti bibliografici

Alfano, G., Filippi, M., Sacchi, E. (a cura di), *Impianti di climatizzazione per l'edilizia. Dal progetto al collaudo*. Masson, Milano, 1997.
Alfano, G., Masoero, M., Raffellini G., "La ventilazione naturale e controllata attraverso gli elementi di involucro" in *Atti Convegno AICARR Progettare l'involucro edilizio: correlazioni tra il sistema edificio e i sistemi impiantistici*, Bologna, 18 ottobre 2001, pp. 75-94.
Moncada Lo Giudice G., Coppi M., *Benessere termico e qualità dell'aria interna*, Masson, Milano, 1997

Riferimenti normativi

ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
PrENV 1752 - , Ventilation for buildings: Design criteria for the indoor environment

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Garantire l'estrazione dell'aria nei locali destinati a cucina o bagno e privi di aerazione diretta ai fini del mantenimento delle condizioni igienico-olfattive.			Garantire un'estrazione da bagni o cucine privi di aerazione diretta pari a 6 vol/h.	Adozione di sistemi di estrazione forzata.	QAI-Ea-58
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a: R-U-S
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Estrazione.	Dettagli costruttivi. Dettagli impiantistici. Schema di distribuzione impianti.			QUALITA' DELL'ARIA Estrazione dell'aria
COS	Estrazione.			Certificati di prestazione dei sistemi di estrazione.	
ESE	Estrazione.			Misura in campo del ricambio d'aria.	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10339					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Ea-58

L'estrazione dell'aria da bagni o cucine prive di aerazione naturale può avvenire attraverso:

- ventilazione forzata attraverso colonna unica con elettroventilatore centralizzato;
- ventilazione forzata attraverso canne separate ed elettroventilatore singolo;
- ventilazione forzata attraverso colonna unica ed elettroventilatore singolo.

Negli ultimi due casi l'attivazione del ventilatore può essere collegata all'accensione/spegnimento dell'illuminazione artificiale.

QUALITÀ DELL'ARIA
Estrazione dell'aria

Riferimenti bibliografici

AAVV, *Manuale di progettazione edilizia*, vol.2 Criteri ambientali e impianti, Hoepli, Milano, 1998

Riferimenti normativi

ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Garantire che l'umidità relativa sia contenuta entro valori limite al fine del comfort termoigrometrico e della qualità dell'aria interna.			Garantire che l'umidità relativa non superi il 70% *Valori superiori transitori possono essere accettati nei locali dove si ha produzione momentanea di vapore acqueo.	Controllo della condensa superficiale: <ul style="list-style-type: none"> elevato isolamento termico dell'involucro opaco e trasparente; 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). Controllo della condensa interstiziale: <ul style="list-style-type: none"> disposizione corretta degli strati costituenti l'involucro opaco; adozione di barriera al vapore; adeguato rinnovo d'aria. 	QAI-Ur-59
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a: R-U-S
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Umidità relativa.	Dettagli costruttivi (stratigrafie pareti, ponti termici).	Verifica della condensa superficiale e della condensa interstiziale secondo norma UNI 10350.		QUALITA' DELL'ARIA Umidità relativa
COS	Umidità relativa.			Verifica dell'avvenuta asciugatura delle strutture prima della messa in opera delle finiture.	
ESE	Umidità relativa.			Monitoraggio in continuo dell'umidità relativa tramite micro datalogger.	
Riferimenti normativi essenziali UNI 10350, UNI EN ISO 7730					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Ur-59

Il controllo dell'umidità relativa è importante per garantire il mantenimento della qualità dell'aria all'interno degli ambienti. Alti livelli di umidità possono essere causati da fenomeni di condensa superficiale o da fenomeni di condensa interstiziale.

Il controllo della condensa superficiale avviene attraverso:

- l'elevato isolamento termico dell'involucro opaco e trasparente (si consulti la scheda "Isolamento termico");
- la riduzione dei ponti termici;
- 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 (si consulti la scheda "Aerazione").

Il controllo della condensa interstiziale avviene attraverso:

- la 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);
- l'adozione di barriera al vapore (solo se necessario poiché può portare a una riduzione dell'asciugamento estivo e al non smaltimento dell'umidità presente nelle strutture all'atto della costruzione);
- un adeguato rinnovo d'aria.

QUALITÀ DELL'ARIA
Umidità relativa

Riferimenti bibliografici

Aghemo, C., Azzolino, C., *Il progetto dell'elemento di involucro opaco*, Celid, Torino, 1996.
Magrini A., "Le superfici opache e le relative problematiche termoigrometriche", in *Atti Convegno AICARR Progettare l'involucro edilizio: correlazioni tra il sistema edificio e i sistemi impiantistici*, Bologna, 18 ottobre 2001

Riferimenti normativi

ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
CEN TC89/WG10/N163

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Ridurre al minimo le emissioni di VOC negli ambienti interni.		Strategie progettuali per il controllo del rilascio di composti organici volatili all'interno degli ambienti.	Garantire che la concentrazione di formaldeide sia < 0.4 ppm.	Adozione di materiali a bassa emissione di VOC, con particolare attenzione alla scelta di pitture, adesivi a base di solventi, materiali per pavimentazione (pavimenti acrilici, tappeti, moquette) e materiali di finitura.	QAI-Ev-60
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a: R-U-S
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza di tecnologie appropriate certificate. Concentrazione di formaldeide.	Relazioni tecniche sulle emissioni dei materiali utilizzati.			QUALITA' DELL'ARIA Emissioni di VOC
COS	Presenza di tecnologie appropriate certificate. Concentrazione di formaldeide.			Certificati di prestazione dei componenti.	
ESE	Presenza di tecnologie appropriate certificate. Concentrazione di formaldeide.				
Riferimenti normativi essenziali Direttiva 89/106/CEE, DPR n. 246 del 21/04/1993, Direttiva 67/548/CEE					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Ev-60

I composti organici volatili, tra i quali il più importante è la formaldeide, sono emessi da numerose sostanze (vernici, solventi, collanti, cosmetici, deodoranti, schiume poliuretatiche, arredi a base di truciolato etc.) oltre che causati da processi di combustione, fumo di tabacco e metabolismo umano.

L'emissione della formaldeide aumenta all'aumentare della temperatura e dell'umidità relativa.

Al fine di ridurre al minimo il rischio di inquinamento indoor dovuto a VOC è necessario identificare quali materiali a contatto con l'ambiente interno in termini di superficie esposta, tipologia di superficie (liscia o ruvida) e grado di contatto con l'occupante possono risultare pericolosi e quindi scegliere per le situazioni individuate materiali di finitura certificati a bassa emissione di VOC.

QUALITÀ DELL'ARIA
Emissioni di VOC

Riferimenti bibliografici

Piardi S., Carena P., Oberti I., Ratti A., *Costruire edifici sani, Guida alla scelta dei prodotti*, Maggioli, Rimini, 1996

Riferimenti normativi

ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

applicare a:

R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Controllare la migrazione del radon dai terreni agli ambienti interni. N.B. Applicabile solo in zone in cui è verificata la presenza di radon.		Garantire la limitazione della concentrazione di radon negli ambienti occupati attraverso la messa in atto di strategie progettuali adeguate.		Aerazione dei locali interrati. Membrane a tenuta per separare le aree interrate e gli ambienti occupati. Uso di materiali privi di radon.	QAI-Rn-61
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			applicare a: R-U-S
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza di strategie progettuali per il controllo della migrazione di radon.	Piante e sezioni. Dettagli costruttivi.			QUALITA' DELL'ARIA Emissioni di radon
COS	Presenza di strategie progettuali per il controllo della migrazione di radon.				
ESE	Presenza di strategie progettuali per il controllo della migrazione di radon.			Misura in campo della concentrazione di radon.	
Riferimenti normativi essenziali Raccomandazione Euratom n. 143/99, D.L.17/3/95, n. 230, Attuazione delle direttive Euratom nn. 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3, Direttiva del Consiglio del 21 dicembre 1988, D. L. 26/05/2000, n. 241, Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati					

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Rn-61

Il radon è un gas nobile emesso dalle rocce e dal suolo; può migrare negli ambienti attraverso le porosità e le fessure dei materiali, attraverso le fondazioni o attraverso l'acqua. E' quindi fondamentale, in presenza di radon, ventilare adeguatamente gli ambienti interrati e realizzare delle membrane di separazione ben sigillate tra le aree interrato e gli ambienti occupati.

Costituiscono inoltre sorgente inquinante da radon materiali come la pietra vulcanica e il tufo, che sono quindi da evitare.

QUALITA' DELL'ARIA
Emissioni di radon

Riferimenti bibliografici

Piardi S., Carena P., Oberti I., Ratti A., *Costruire edifici sani, Guida alla scelta dei prodotti*, Maggioli, Rimini, 1996

Riferimenti normativi

ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice	
Isolare le attività contenenti fonti di inquinanti note (es. ristoranti, caffetterie, locali con fotocopiatrice) dalle altre attività (residenze, uffici).		Garantire il controllo della diffusione di inquinanti all'interno dell'edificio attraverso strategie progettuali adeguate.		Adeguate zonizzazione dell'edificio Impianti di ventilazione separati. Presenza di vestiboli ventilati.	QAI-Di-62	
Fase	INDICATORI DI CONTROLLO	STRUMENTI DI CONTROLLO			QUALITA' DELL'ARIA Diffusione di inquinanti	
		Supporti grafici/ Relazioni tecniche	Simulazioni numeriche (manuali/computerizzate)	Certificazioni/ Misure (in laboratorio/in campo)		
PRO	Presenza di strategie progettuali per il controllo della diffusione di inquinanti.	Piante indicanti localizzazione delle attività contenenti fonti di inquinanti. Dettagli impiantistici e schemi distributivi.				
COS	Presenza di strategie progettuali per il controllo della diffusione di inquinanti.					
ESE	Presenza di strategie progettuali per il controllo della diffusione di inquinanti.			Misura in campo dei contaminanti.		
Riferimenti normativi essenziali						
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-Vm-44						
						applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Di-62

Al fine di evitare la diffusione di inquinanti è necessario prevedere:

- un'adeguata zonizzazione dell'edificio;
- impianti di ventilazione separati;
- presenza di vestiboli ventilati.

QUALITA' DELL'ARIA
Diffusione di inquinanti

Riferimenti bibliografici

AAVV, *Manuale di progettazione edilizia*, vol.2 Criteri ambientali e impianti, Hoepli, Milano, 1998

Riferimenti normativi

applicare a:
R-U-S

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO INDOOR

CLASSE DI REQUISITI

Campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz)

A differenza degli spazi esterni, l'esposizione ai campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50 Hz) negli ambienti interni è connessa oltre che con il trasporto dell'energia elettrica anche con il suo consumo.

Infatti qualsiasi apparecchiatura elettrica mentre viene utilizzata genera nello spazio che la circonda campi elettrici e magnetici a bassissima frequenza che potrebbero causare effetti biologici negativi agli individui esposti.

L'inquinamento elettromagnetico negli ambienti interni è dunque dovuto 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 infatti 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.

Per controllare e ridurre l'esposizione degli individui negli spazi indoor è assolutamente necessario in fase di progetto 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 $0,2 \mu$, valore limite cautelativo per la protezione dagli effetti a lungo termine (vedi introduzione schede sull'inquinamento elettromagnetico negli spazi esterni: QAE-EMF-12 e QAE-EMF-13).

Particolarmente critici possono risultare ambienti con un'alta densità di apparecchiature elettriche, come quelli ad uso ufficio in cui sono presenti usualmente numerosi computer, videoterminali, fax, fotocopiatrici. Per limitare ulteriormente l'esposizione negli ambienti indoor, devono essere sempre utilizzate quando possibile 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 videoterminali, esistono delle certificazioni che attestano questa qualità.

Per quanto riguarda la protezione dalle emissioni di sorgenti esterne, dovrà essere attentamente valutata la collocazione rispetto agli organismi edilizi 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 $0,2 \mu$ T.

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

Negli ambienti interni non sono presenti di norma 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.

Nei luoghi in cui saranno realizzati i nuovi edifici è necessario valutare i livelli di campo elettromagnetico che potranno essere presenti, sommando i contributi di antenne già esistenti con quelli calcolati di future installazioni.

Queste ultime devono comunque avvenire in modo da generare in ambiente i più bassi livelli di campo possibili.

Nel caso siano superati i livelli di sicurezza riportati nelle normative di riferimento sarà opportuno intervenire sulle antenne emittenti per limitarne la potenza emessa e prevedere la collocazione dei nuovi impianti in altro luogo.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Minimizzare il livello dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50Hz) negli ambienti interni al fine di ridurre il più possibile l'esposizione degli individui.		Adozione di tutte le precauzioni necessarie per ottenere negli ambienti interni il più basso livello di campo elettrico e magnetico a bassa frequenza (50 Hz) possibile.	Limiti di esposizione (50 Hz): <ul style="list-style-type: none"> • induzione magnetica: 0,2 μT; • campo elettrico: 5 KV/m. Nel valutare il soddisfacimento dei limiti di esposizione per il campo magnetico, si dovranno considerare i contributi delle sorgenti localizzate sia all'interno (es. apparecchiature elettriche) sia all'esterno (es. elettrodotti) degli ambienti.	Distanza di sicurezza dalle sorgenti di campo elettrico e magnetico a 50 Hz. Impiego di sistemi, apparati e apparecchiature elettriche a bassa produzione di campo. Non adiacenza delle principali sorgenti di campo magnetico dell'edificio (cabine elettriche, montanti conduttori, ecc.) con gli ambienti interni occupati.	QAI-Emf-63
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Livello di campo elettrico e magnetico a 50Hz. Mantenimento distanza di sicurezza e non adiacenza delle principali sorgenti di campo magnetico (cabine elettriche secondarie, montanti e dorsali conduttori, quadri elettrici) con gli ambienti interni. Impiego di sistemi, apparati e apparecchiature a bassa produzione di campo, secondo le migliori tecnologie disponibili.	Planimetrie con indicata la localizzazione delle linee di distribuzione dell'energia elettrica (alta, media e bassa tensione) e delle cabine di trasformazione rispetto agli ambienti interni. Planimetrie dell'edificio con indicata la posizione delle cabine di trasformazione secondarie (MT/BT), dei montanti di conduttori e dei quadri elettrici. Schema dell'impianto di distribuzione dell'energia elettrica. Descrizione delle soluzioni tecnologiche adottate per la distribuzione dell'energia elettrica.	Uso di modelli previsionali per stimare l'intensità del campo elettrico e magnetico generato negli ambienti interni dal sistema di distribuzione dell'energia elettrica (linee elettriche, cabine di trasformazione, montanti di conduttori, impianto di distribuzione nelle unità abitative).	In campo e in laboratorio: stima tramite misura e uso di modelli previsionali del livello di campo elettrico e magnetico a 50 Hz presente negli ambienti interni. Scheda informativa riguardante i livelli di esposizione prodotti dagli apparecchi o dispositivi elettrici e le principali prescrizioni di sicurezza, come previsto dalla legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, (22 febbraio 2001, n.36).	INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO Campi elettrici e magnetici a bassa frequenza
COS	Livello di campo elettrico e magnetico a 50Hz.			In campo: misura del livello di campo elettrico e magnetico a 50 Hz presente negli ambienti interni.	
ESE	Livello di campo elettrico e magnetico a 50Hz.			In campo: misura del livello di campo elettrico e magnetico a 50 Hz presente negli ambienti interni.	
Riferimenti normativi essenziali Legge 22 febbraio 2001 n. 36, DPCM 23 aprile 1992.					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-Emf-12					R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Emf-63

Le strategie progettuali che si possono adottare per minimizzare l'esposizione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz) negli ambienti interni sono, principalmente le seguenti:

- *a livello dell'unità abitativa*
 - negli ambienti ufficio e residenziali impiego di apparecchiature e dispositivi elettrici ed elettronici a bassa produzione di campo;
 - nelle residenze configurazione della distribuzione dell'energia elettrica nei singoli locali secondo lo schema a "stella";
 - nelle residenze impiego del disgiuntore di rete nella zona notte per l'eliminazione dei campi elettrici in assenza di carico a valle;
- *a livello dell'organismo abitativo*
 - evitare l'adiacenza delle principali sorgenti di campo magnetico presenti nell'edificio con gli ambienti interni. Mantenere quindi la massima distanza possibile da cabine elettriche secondarie, quadri elettrici, montanti e dorsali di conduttori;
- *a livello del lotto*
 - evitare di collocare l'edificio presso stazioni e cabine primarie;
 - nella scelta della collocazione degli edifici, verificare preventivamente tramite misurazione e simulazione il livello dei campi elettrici e magnetici a 50 Hz che saranno presenti;
 - mantenere una fascia di sicurezza tra l'edificio e gli elettrodotti realizzati con conduttori nudi in modo da ottenere esposizioni trascurabili (inferiori a 0,2 μ T) ai campi magnetici a bassa frequenza negli ambienti interni. Indicativamente 70 m da una linea a 150 kV; 100 m da una linea a 220 kV; 150 m da una linea a 380 kV.
 - mantenere una distanza di sicurezza da linee elettriche a media e bassa tensione in modo da garantire un'esposizione negli ambienti interni al campo magnetico a 50 Hz inferiore a 0,2 μ T;
 - per ridurre l'inquinamento elettromagnetico connesso alle emissioni delle linee elettriche esterne all'edificio:
 - impiego di linee elettriche ad alta e media tensione in cavo interrato con geometria dei cavi a "trifoglio"; il tracciato della linea deve essere debitamente segnalato e non adiacente agli edifici;
 - impiego di linee aeree compatte per la distribuzione ad alta tensione;
 - impiego di linee in cavo aereo per la distribuzione a media tensione.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Atti del convegno scientifico "Biological Effects of Static and ELF Electric and Magnetic Fields", Bologna, ICNIRP, 1997
AA.VV., Atti del convegno scientifico "Third International Non-Ionising Radiation Workshop", Baden, Austria, ICNIRP, 1996
AA.VV., *Campi elettromagnetici*, ENEL, 1995
AA.VV., *Rischi sanitari dovuti all'inquinamento da radiazioni non ionizzanti e possibili misure di prevenzione per la popolazione*, Comune di Bologna, Bologna, 1996
Bevitori, P., a cura di, *Inquinamento Elettromagnetico*, Maggioli Editore, Rimini, 1998
Comba, P., Gendolfo, M., Lagorio, S., Polichetti, A., Vecchia, P., *Rischio cancerogeno associato a campi magnetici a 50/60 Hz*, Istituto Superiore di Sanità, Roma, 1995
Moro, A., *Il progetto di architettura e l'ambiente elettromagnetico*, FAAR, Milano, 1997

Riferimenti normativi

Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), ICNIRP 1998
 CENELEC ENV 60166-1 "human Exposure to Electromagnetic Fields – Low Frequency (0-10 kHz), 1995
 Norme tecniche procedurali di attuazione del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 relativamente agli elettrodotti (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 settembre 1995).
 Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne (D.M. Lavori Pubblici 16 gennaio 1991)
 Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana, Norma Cei 211-6
 Risoluzione del Parlamento Europeo sulla lotta contro gli inconvenienti provocati dalle radiazioni non ionizzanti del 5 maggio 1995 (Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee n. C 205/439).
 Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO
Campi elettrici e magnetici a bassa frequenza

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Minimizzare il livello dei campi elettromagnetici ad alta frequenza (100kHz – 300 GHz) negli ambienti interni al fine di ridurre il più possibile l'esposizione degli individui..		Adozione di tutte le precauzioni necessarie per ottenere negli ambienti interni il più basso livello di campo elettromagnetico ad alta frequenza (100 kHz – 300 GHz) possibile	Limiti di esposizione (100 kHz-300GHz): <ul style="list-style-type: none"> • intensità campo elettrico: 6 V/m; • intensità campo magnetico: 0,016A/m; • densità di potenza dell'onda piana equivalente: 0,10 W/m² (3MHz<f<300GHz). 	Distanza di sicurezza dalle sorgenti di campo elettromagnetico ad alta frequenza. Nel collocare le costruzioni sul sito, valutare preventivamente il livello di campo elettromagnetico ad alta frequenza presente. La realizzazione dei nuovi sistemi fissi per le telecomunicazioni deve avvenire in modo da produrre i valori di campo elettromagnetico più bassi possibile.	QAI-Emf-64
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			applicare a:
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Livello di campo elettromagnetico ad alta frequenza (100 kHz – 300GHz). Mantenimento distanza di sicurezza dalle antenne emittenti.	Planimetrie con indicate la localizzazione degli impianti per le teleradiocomunicazioni. Dati tecnici sulle antenne emittenti.	Uso di modelli per stimare l'intensità del campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde generato negli ambienti interni dagli impianti per le teleradiocomunicazioni.	In campo e in laboratorio: stima tramite misura e uso di modelli previsionali del livello di campo elettromagnetico ad alta frequenza presente negli ambienti interni.	R-U-S
COS	Livello di campo elettromagnetico ad alta frequenza (100 kHz – 300GHz).			In campo: misura del livello di campo elettromagnetico presente negli ambienti interni.	
ESE	Livello di campo elettromagnetico ad alta frequenza (100 kHz – 300GHz).			In campo: misura del livello di campo elettromagnetico presente negli ambienti interni.	
Riferimenti normativi essenziali Legge 22 febbraio 2001 n. 36, Decreto 10 settembre 1998 n.381.					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QAI-Emf-13					

**INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO
Campi elettromagnetici ad alta frequenza**

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QAI-Emf-64

Non essendo presenti solitamente sorgenti significative di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde nelle unità abitative a uso residenziale o ufficio, l'esposizione degli individui a questo tipo di radiazione è dovuta alle emissioni degli impianti per le teleradiocomunicazioni (antenne TV, radiofoniche, stazioni radio-base per la telefonia cellulare). E' pertanto importante mantenere dalle antenne emittenti una distanza di sicurezza tale da garantire livelli di esposizione nelle unità abitative inferiori agli standard di sicurezza.

Nel sito di edificazione, deve essere verificato preventivamente il livello di campo elettromagnetico ad alta frequenza presente. Se si riscontrano intensità di campo elettromagnetico superiori ai limiti di esposizione, sarà opportuno collocare le costruzioni in aree in cui siano presenti livelli di campo non critici o verificare la possibilità di un intervento sull'impianto inquinante in modo da ridurre la potenza emessa.

Nel caso siano previsti nuovi impianti emittenti all'interno del sito dovrà essere simulato, in base ai dati tecnici delle antenne che si intendono installare, il livello di campo generato all'interno degli edifici, in modo da verificare il non superamento dei limiti di sicurezza. In tal senso è raccomandabile 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 previste costruzioni. I livelli di campo elettromagnetico stimati, devono tenere in considerazione i contributi di sorgenti eventualmente presenti al di fuori del sito di progetto.

In generale la realizzazione dei nuovi sistemi fissi per le telecomunicazioni deve avvenire in modo da produrre i valori di campo elettromagnetico più bassi possibile negli ambienti interni.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Atti del convegno "Dalle antenne alle onde", Genova, 1995.
AA.VV., Atti del convegno "Non-Thermal Effects of RF Electromagnetic Fields", Monaco, Germania, ICNIRP, 1996.
AA.VV., *Inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza* Maggioli Editore, Rimini, 2000.
Grandolfo, M., Mariutti, G.F., Polichetti, A., Vecchia, P., *Esposizione delle popolazione ai campi elettromagnetici generati da antenne radio base per la telefonia cellulare*, Notiziario dell'Istituto Superiore di Sanità, Vol. 9 n. 11, 1996.
Leveratto, G.C., *Antenne sicure*, Hoepli, Milano, 1997.
Moro, A., *Il progetto di architettura e l'ambiente elettromagnetico*, FAAR, Milano, 1997.

Riferimenti normativi

Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), ICNIRP 1998.
Risoluzione del Parlamento Europeo sulla lotta contro gli inconvenienti provocati dalle radiazioni non ionizzanti del 5 maggio 1995 (Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee n. C 205/439).
Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO
Campi elettromagnetici ad alta frequenza

applicare a:
R-U-S

CLASSE DI ESIGENZE

QUALITÀ DEL SERVIZIO

CLASSI DI REQUISITI

FLESSIBILITA' E ADATTABILITA'

CONTROLLO DEI SISTEMI IMPIANTISTICI

MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA

MONITORAGGIO DEL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTI



FLESSIBILITÀ E ADATTABILITÀ **CLASSE DI REQUISITI**

La presenza di misure per favorire la flessibilità e di conseguenza l'adattabilità di un edificio a differenti destinazioni d'uso durante il suo ciclo di vita è un indice indiretto di impatto ambientale in quanto il riuso di una costruzione esistente determina solitamente un carico ambientale inferiore rispetto a quello generato dalla realizzazione di una nuova.

Gli accorgimenti per favorire la conversione funzionale di un edificio risiedono soprattutto nella possibilità di adattare i sistemi tecnici e la distribuzione degli spazi in base alle nuove esigenze che si manifestano nel tempo.

Per gli spazi ufficio, talvolta anche per le residenze, è particolarmente importante impiegare soluzioni tecnologiche che consentano una facile riconfigurazione degli impianti tecnici, che devono essere caratterizzati da una buona accessibilità e modularità, e lo spostamento delle partizioni interne con limitate demolizioni.

In particolare i sistemi per le comunicazioni devono possedere un intrinseco grado di flessibilità morfologica e consentire inoltre di effettuare aggiornamenti del sistema in base all'evolversi delle nuove tecnologie.

Nelle residenze è raccomandabile utilizzare sistemi di cablaggio che permettano l'intercambiabilità e il riposizionamento di frutti caratterizzati da funzioni differenti.

Inoltre la configurazione dell'impianto elettrico che alimenta quello di condizionamento, i corpi illuminanti, i sistemi di sicurezza, la rete di distribuzione dell'acqua, i dispositivi e gli apparati elettrici ed elettronici (sia negli uffici sia nelle residenze) e i sistemi di comunicazione, senza possedere un'intrinseca accessibilità e flessibilità può determinare costi per gli interventi di adeguamento inaccettabili e quindi condurre ad una prematura obsolescenza della funzionalità dell'edificio.

Altro elemento fondamentale nel determinare la potenziale durata di un edificio è la possibilità di utilizzare sia la struttura sia gli spazi interni per diverse destinazioni d'uso. In quest'ottica potrebbero risultare critici aspetti come l'altezza interpiano, il passo della maglia strutturale, la portata delle solette.



OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QS-Fa-65
Predisposizione dell'impianto elettrico e per le comunicazioni in modo da garantirne la massima flessibilità morfologica e adattabilità al mutare delle esigenze abitative o produttive nel lungo periodo.		Adozione di strategie progettuali integrate volte a garantire la massima flessibilità degli impianti elettrico e per comunicazioni		<p>Utilizzo di soluzioni tecnologiche che facilitino l'accessibilità e la riconfigurazione degli impianti. La rimozione, ricollocamento o installazione delle prese degli impianti deve avvenire minimizzando le demolizioni.</p> <p>Concentrazione delle dorsali principali e dei quadri in luoghi nodali dell'edificio.</p> <p>Attuazione di uno schema impiantistico modulare.</p>	FLESSIBILITA' E ADATTABILITA' Adattabilità dei sistemi tecnici
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Verifica presenza di strategie progettuali che favoriscano la flessibilità degli impianti elettrico e per le comunicazioni.	Relazione tecnica con illustrate le soluzioni adottate per massimizzare la flessibilità degli impianti elettrico e per le comunicazioni.			
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QS-Fa-66					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QS-Fa-65

Le strategie progettuali che si possono adottare per massimizzare l'adattabilità dei sistemi tecnici sono, principalmente le seguenti:

- impiego di cavedi verticali attrezzati, facilmente accessibili e mantenibili per le distribuzioni verticali;
- utilizzo di distribuzioni orizzontali in canaline a vista o sotto pavimento o in controsoffitto, facilmente accessibili ai fini dell'esecuzione di modifiche relative ai punti di alimentazione delle utenze elettriche e informatiche;
- impiego di terminali di controllo e comando degli impianti elettrici degli appartamenti appartenenti a serie di produzione con frutti intercambiabili.

FLESSIBILITA' E ADATTABILITA'
Adattabilità dei sistemi tecnici

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Atti del convegno "Condizionamento, Riscaldamento, Refrigerazione: innovazioni e tendenze", AICARR, Milano, 1996, 1998, 2000.
AA.VV., *Manuale di Progettazione Edilizia*, Vol. 2, Hoepli, Milano, 1998.
Dall'O', G., *Architettura e impianti*, Città Studi, Milano, 1998.
Dall'O', G., a cura di, *Verso l'edificio intelligente*, BE-MA, Milano, 1989.
Frateili, E., Cocito, A., *Architettura e comfort*, Clup Città Studi, Milano, 1995.

Riferimenti normativi

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QS-Fa-66
Predisposizione di spazi caratterizzati da un elevato grado di flessibilità e quindi di adattabilità a differenti destinazioni d'uso nel lungo periodo.		Adozione di adeguate strategie progettuali volte a ottimizzare il livello di adattabilità degli spazi alle nuove esigenze d'uso che si manifestano nel tempo.		Adozione di strategie progettuali integrate volte a: <ul style="list-style-type: none"> • garantire la massima flessibilità: delle partizioni interne, prese d'acqua, scarichi per i rifiuti; • permettere la riconfigurazione della distribuzione interna delle unità ambientali con demolizioni di limitata entità; • predisporre una griglia strutturale in grado di garantire una adeguata flessibilità nella distribuzione degli spazi interni; • determinare altezze interpiano adeguate per possibili futuri usi non residenziali; • predisporre solai caratterizzati da una capacità di carico anche per usi non residenziali. 	FLESSIBILITA' E ADATTABILITA' Flessibilità degli spazi
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Verifica presenza di strategie progettuali che favoriscano la riconfigurazione degli spazi per nuove destinazioni d'uso.	Sezioni, piante, relazione tecnica con illustrate le soluzioni adottate per massimizzare la flessibilità degli spazi.			
COST					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QS-Fa-65					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QS-Fa-66

Le strategie progettuali che si possono adottare per massimizzare la flessibilità e l'adattabilità degli spazi a nuove destinazioni d'uso sono, principalmente le seguenti:

- partizioni interne, prese d'acqua e scarichi per rifiuti facilmente ricollocabili;
- evitare frequenti differenze di livello dei medesimi solai;
- compatibilità della griglia strutturale a ospitare differenti distribuzioni degli spazi;
- verificare che campate irregolari dei pilastri o forme non usuali dei solai non limitino l'area utilizzabile del pavimento;
- uso di pareti attrezzate;
- prevedere un'area che possa divenire ad uso reception al mutare dei servizi offerti dall'edificio e dei volumi di traffico;
- altezza interpiano favorevole a un futuro inserimento di nuovi impianti tecnici;
- solette al piano terreno in grado di sopportare carichi tipici per una destinazione d'uso commerciale.

FLESSIBILITA' E ADATTABILITA'
Flessibilità degli spazi

Riferimenti bibliografici

AA.VV., *Manuale di progettazione edilizia*, Vol. 3, Hoepli, Milano, 1998.
Dall'O', G., *Architettura e impianti*, Città Studi, Milano, 1998.

Riferimenti normativi

applicare a:
R-U-S

CONTROLLO SISTEMI TECNICI

CLASSE DI REQUISITI

L'efficienza degli impianti dell'edificio nel garantire un adeguato livello di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione o illuminamento nelle diverse aree dipende fortemente dalla possibilità di regolazione delle condizioni microclimatiche offerte dai sistemi di controllo, elemento di intermediazione tra le necessità degli occupanti e la prestazione offerta del sistema tecnico.

Spesso gli impianti di raffrescamento, riscaldamento e ventilazione negli edifici a carattere residenziale o ad uso ufficio non consentono di stabilire condizioni differenti a livello dei singoli locali. E' raccomandabile, sia dal punto di vista del comfort che del risparmio energetico, che l'impianto consenta di determinare livelli di prestazione differenziati all'interno della medesima unità abitativa.

Particolarmente importante è la possibilità di regolare le condizioni microclimatiche a livello di locale, se non nella singola postazione di lavoro, all'interno degli uffici, dato che situazioni di discomfort possono creare ripercussioni sull'efficienza lavorativa.

E' raccomandabile che gli edifici residenziali prevedano l'impiego di sistemi integrati di domotica, in quanto accanto al controllo delle condizioni microclimatiche consentono di ottenere sensibili risparmi energetici e un miglioramento del livello di sicurezza nelle unità abitative.



OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QS-Cr-67
Consentire la possibilità di regolare localmente la temperatura dell'aria e la ventilazione.		Gli impianti devono essere configurati in modo da permettere un controllo a livello dei singoli locali della temperatura e la ventilazione.		<p>Impiego di sistemi per la regolazione locale della potenza termica emessa dai corpi scaldanti e della portata di ventilazione.</p> <p>Per le residenze impiego di sistemi di domotica.</p>	CONTROLLO DEI SISTEMI IMPIANTISTICI Gestione impianti di riscaldamento e ventilazione
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Verifica presenza di strategie progettuali che favoriscano il controllo locale di temperatura e ventilazione.	Relazione tecnica con illustrate le soluzioni adottate per massimizzare il controllo di temperatura e ventilazione.			
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali Legge 10 gennaio 1991 n. 10, D.P.R. 412/93					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-Ris-22, QS-Mo-71					
					applicare a:
					R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QS-Cr-67

Temperatura dell'aria

Gli impianti di riscaldamento vengono dimensionati in base alle dispersioni termiche dell'edificio calcolate in riferimento a condizioni climatiche di progetto, determinate in base alle temperature minime medie dell'area. L'impianto deve quindi essere in grado di garantire un adeguato livello di comfort termico in presenza di condizioni climatiche particolarmente critiche che però si verificano generalmente per brevi periodi nel corso di una stagione di riscaldamento.

Per poter quindi ottenere in ambiente una condizione di comfort termico costante nel tempo, deve essere adottato un sistema di regolazione in grado di determinare la potenza termica che deve essere erogata in ambiente in base alle condizioni climatiche esterne. Poiché le destinazioni d'uso dei locali possono richiedere temperature dell'aria differenti, è raccomandabile prevedere la possibilità di un controllo della temperatura locale per locale.

Impianti di riscaldamento a radiatori

Dotare i corpi scaldanti di valvole termostatiche che permettono di regolare la temperatura di ogni singolo ambiente consentendo di massimizzare lo sfruttamento degli apporti solari gratuiti. La valvola termostatica installata all'ingresso del radiatore controlla la temperatura ambiente agendo sulla portata del fluido termovettore.

Ventilconvettori, climatizzatori

Utilizzare termostati ambiente per regolare il funzionamento dell'apparecchiatura.

L'applicazione di un orologio temporizzatore ai corpi scaldanti permette di riscaldare un ambiente solo nel momento in cui se ne fa uso, evitando sprechi di energia termica.

Ventilazione

Nel caso di ventilazione meccanica deve esser possibile intervenire sul ventilatore in modo da regolare la portata nell'aria immessa in ambiente. Nel caso di sistemi di ventilazione naturale, deve esser possibile agire sulle aperture dell'involucro in modo da regolarne l'area aperta..

Un controllo più sofisticato della temperatura e della ventilazione in ambiente può avvenire attraverso l'uso di sistemi intelligenti integrati in un impianto di domotica, che prevedano l'uso di un microprocessore, di servomeccanismi e rilevatori intelligenti.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Atti del convegno "Condizionamento, Riscaldamento, Refrigerazione: innovazioni e tendenze", AICARR, Milano, 1996, 1998, 2000.

AA.VV., Manuale della climatizzazione, Tecniche Nuove,

AA.VV., *Risparmio energetico con gli impianti di riscaldamento*, ENEA, Roma, 1998.

Dall'O', G., *Architettura e impianti*, Città Studi, Milano, 1998.

Dall'O', G., a cura di, *Verso l'edificio intelligente*, BE-MA, Milano, 1989.

Frateili, E., Cocito, A., *Architettura e comfort*, Clup Città Studi, Milano, 1995

Riferimenti normativi

Legge 10 gennaio 1991 n. 10

D.P.R. 412/93

CONTROLLO DEI SISTEMI IMPIANTISTICI
Gestione impianti di riscaldamento e ventilazione

applicare a:

R-U-S

MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA

CLASSE DI REQUISITI

I fattori che influenzano la durata nel tempo di una costruzione sono numerosi e riguardano principalmente l'involucro e gli impianti tecnici.

La longevità di parti fondamentali dell'edificio come la struttura o l'involucro è in funzione dalla durabilità dei materiali e dei componenti che le costituiscono, oltre che dalle caratteristiche di giunti e assemblaggi.

La durabilità dipende a sua volta dalla capacità di materiali e componenti di resistere all'azione degli agenti atmosferici.

L'esposizione dell'edificio a stress non considerati debitamente durante la fase di progettazione può condurre a un prematuro deperimento dei suoi elementi costitutivi, in particolare dei muri di tamponamento e delle coperture in quanto direttamente aggrediti dall'azione del vento e della pioggia, dagli sbalzi di temperatura e dalla migrazione del vapore acqueo.

Per ciò che concerne gli impianti, se si intende mantenere un adeguato livello di performance, quando necessario deve essere possibile intervenire su di essi con la massima efficienza; ciò significa prevedere in fase di progettazione opportuni accessi ai diversi componenti.

Nel caso di una inadeguata manutenzione dell'impianto possono insorgere problemi di salubrità negli ambienti interni dal punto di vista della qualità dell'aria e verificarsi maggiori costi nella sua gestione.

Infatti la regolarità delle operazioni di manutenzione sugli impianti influisce direttamente sulla loro performance in termini di efficienza, durata e qualità del servizio. Reti di distribuzione inserite all'interno di elementi della costruzione non sono facilmente accessibili per interventi di manutenzione. Senza un'adeguata accessibilità, che consenta ispezioni di routine, non è possibile effettuare operazioni di pulizia e manutenzione efficaci, con il risultato di generare un potenziale pericolo per la salute.

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QS-Ma-68
Riduzione e gestione eco-compatibile dei rifiuti derivanti dalle attività di manutenzione.		<p>Impiego di materiali e componenti caratterizzati da un lungo ciclo di vita e da un'elevata manutenibilità e riutilizzabilità.</p> <p>Composizione dell'edificio e progettazione dei sub-sistemi utilizzando tecnologie e soluzioni mirate a facilitare gli interventi di manutenzione e a ridurre la produzione di rifiuti.</p>		<p>Scelta di materiali e prodotti basata sull'analisi del ciclo di vita di materiali e componenti.</p> <p>Verifica della composizione dell'edificio favorevole a interventi di manutenzione con limitata produzione di rifiuti.</p>	MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA Riduzione dei rifiuti da manutenzione
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Verifica dell'adozione di soluzioni nella composizione dell'edificio e nella scelta dei materiali e componenti che favoriscano interventi di manutenzione con limitata produzione di rifiuti.	Relazione tecnica con illustrate le scelte progettuali effettuate.	Analisi ciclo di vita di materiali e componenti.	Etichetta di qualità ecologica per materiali e componenti.	
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QS-Ma-69					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice

QS-Ma-68

Le strategie progettuali che si possono adottare per ridurre la produzione di rifiuti negli interventi di manutenzione sono riferibili sia ai materiali e prodotti sia alla composizione dell'edificio e alla progettazione dei sub-sistemi.

Materiali e prodotti

- Impiego di prodotti caratterizzati da un lungo ciclo di vita e da un'elevata manutenibilità e riutilizzabilità;
- Verifica della durabilità e delle caratteristiche prestazionali dei materiali con i componenti o i materiali ad esso assemblati.
- Impiego di prodotti ad alta smaltibilità.
- Non impiego di componenti costituiti da materiali incompatibili al fine del riciclaggio.

Composizione dell'edificio e progettazione dei sub sistemi

- Prevedere il più possibile nella forma, nella componentistica e nell'aggregazione dei sub-sistemi la modularità degli elementi.
- Utilizzare tecnologie che prevedano lo smontaggio differenziato degli elementi e una elevata accessibilità delle connessioni.
- Favorire la riciclabilità di parti dell'edificio utilizzando giunti a secco, colle reversibili.
- Utilizzare soluzioni tecnologiche che favoriscano la rimozione dei componenti una volta installati.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Manuale di progettazione edilizia, Vol. 3, Hoepli, Milano, 1998.
Commissione Edilizia, Progetto di norma " *finalizzate alla riduzione dei rifiuti di costruzione e demolizione nella progettazione di interventi edilizi*", UNI, 1999.

Riferimenti normativi

MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA
Riduzione dei rifiuti da manutenzione

applicare a:

R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QS-Ma-69
Minimizzazione del deterioramento di materiali e componenti d'involucro.		Attuazione di strategie progettuali volte alla minimizzazione del deterioramento precoce dell'involucro dell'edificio a causa dell'azione degli agenti climatici esterni o della migrazione del vapore acqueo.		<p>Impiego di schermi per la protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici.</p> <p>Scelta di materiali appropriati in base alle condizioni climatiche esterne.</p> <p>Massima accessibilità dei componenti dell'edificio per operazioni di pulizia, manutenzione e riparazione.</p>	MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA Protezione dell'involucro edilizio
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Verifica della presenza di elementi di protezione dell'involucro, dell'accessibilità dei suoi componenti e della scelta coerente con il contesto climatico dei materiali.	Relazione tecnica con illustrate le soluzioni adottate. Stratigrafie delle coperture e dei muri perimetrali, particolari delle schermature. Descrizione degli accessi ai componenti dell'edificio ai fini della manutenzione.			
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: QS-Ma-68					
					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QS-Ma-69

Le strategie progettuali che si possono adottare per la protezione dell'involucro dal deterioramento sono, principalmente le seguenti:

- impiego di materiali appropriati in base alle condizioni climatiche esterne;
- impiego di schermi protettivi dall'irraggiamento solare;
- protezione della facciate e dei giunti dalla pioggia;
- impiego di barriere al vapore nel caso di isolamento concentrato.

MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA
Protezione dell'involucro edilizio

Riferimenti bibliografici

AA.VV., *Manuale di progettazione edilizia*, Vol. 3, Hoepli, Milano, 1998.
Benedetti, C., *Manuale di architettura bioclimatica*, Maggioli Editore, Rimini, 1994
Colombo, R., Landabaso, A., Se villa, A., *Passive solar architecture for mediterranean area*, Commission of the European Communities, 1994
Commissione Edilizia, Progetto di norma " *finalizzate alla riduzione dei rifiuti di costruzione e demolizione nella progettazione di interventi edilizi*", UNI, 1999.
Marocco, M., **Progettazione** e costruzione bioclimatica dell'architettura, Edizioni Kappa, Roma.
Sala, M. , *Schermature Solari*, Alinea Editrice, Firenze, 2000.

Riferimenti normativi

applicare a:
R-U-S

OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice
Consentire un efficiente accesso alle centrali, alle reti di distribuzione e ai terminali degli impianti tecnici per le operazioni di manutenzione.		Attuazione di strategie progettuali volte a garantire la massima accessibilità alle centrali, alle reti di distribuzione e ai terminali degli impianti tecnici per le operazioni di pulizia, manutenzione e riparazione. Nel caso della presenza di sistemi solari passivi, consentirvi un facile accesso per le operazioni di pulizia.		Accessi efficienti a centrali, reti di distribuzione e terminali. Impiego di elementi visivi per l'identificazione delle reti di distribuzione.	QS-Ma-70
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza di strategie per consentire interventi di manutenzione efficienti su centrali, reti di distribuzione e terminali.	Relazione tecnica con illustrate le soluzioni adottate.			
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Riferimenti: URC-Ris-1, CCT-Ris-22, CCT-Con-28, CCT-Vm-24, CCT-Acs-30					
					applicare a: R-U-S

MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA
Accessibilità degli impianti

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice

QS-Ma-70

Le strategie progettuali che si possono adottare per massimizzare l'accessibilità agli impianti tecnici sono, principalmente le seguenti:

- accessi alle centrali adeguati come dimensioni per interventi efficienti sui componenti meccanici ed elettrici;
- dotazione delle reti di distribuzione di indicazioni per segnalare scopo, origine e destinazione di specifiche sezioni;
- dotazione delle reti di distribuzione di sistemi di monitoraggio visibili;
- reti di distribuzione adeguatamente sezionate, accessibili, facilmente smontabili;
- minimizzazione della lunghezza dei percorsi delle tubazioni al fine di ridurre le superfici che saranno oggetto di interventi di manutenzione.

MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA
Accessibilità degli impianti

Riferimenti bibliografici

AA.VV., *Manuale di Progettazione Edilizia*, Vol. 2, Hoepli, Milano, 1998.
Briganti, A., *Manuale di manutenzione degli impianti di condizionamento e refrigerazione*, Tecniche Nuove, Firenze, 2000.
Dall'O', G., *Architettura e impianti*, Città Studi, Milano, 1998.

Riferimenti normativi

Legge 13/7/66 n. 615
DPR 24/10/67 n.1288
Circolare n.73 del 29/9/71 del Ministero degli Interni
Circolare n.68 del 25/11/69

applicare a:

R-U-S

MONITORAGGIO DEL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTI

CLASSE DI REQUISITI

Un'efficace pianificazione strategica di gestione ambientale richiede un continuo monitoraggio dei consumi energetici al fine di poter studiare possibili interventi volti a migliorare il livello di risparmio energetico.

Questa attività consente non solo di regolare in maniera più efficiente il funzionamento degli impianti centralizzati dell'edificio, ma offrendo la possibilità di una lettura dei consumi di energia ed acqua a livello dell'unità abitativa e dei singoli locali, incentiva gli utenti ad ottimizzare l'uso dell'impianto riducendo gli sprechi.

Il monitoraggio deve permettere infatti la contabilizzazione dei consumi di ogni singolo terminale o ramo dell'impianto tecnico.

L'acquisizione dei dati deve avvenire per quanto più possibile utilizzando sistemi di telelettura che consentano un'acquisizione continua e centralizzata delle prestazioni degli impianti tecnici.



OBIETTIVO		REQUISITO QUALITATIVO	REQUISITO QUANTITATIVO	STRATEGIE E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO	codice QS-Mo-71
Monitoraggio dei consumi (energia termica, elettrica e acqua) dell'edificio ai fini di ottenere un costante feed-back sulla performance dell'edificio per un'efficiente pianificazione di interventi migliorativi.		Adozione di soluzioni tecniche per il monitoraggio dei consumi energetici (energia termica ed elettrica) e di acqua a livello sia delle unità abitative sia dell'organismo edilizio.		<p>Impiego di apparecchiature per il monitoraggio dei consumi di risorse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • contatori di calore; • contatori consumi elettrici; • contatori consumo acqua. <p>Impiego di sistemi di telelettura dei dati di consumo degli organismi abitativi.</p>	MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA Controllo consumi
Fase	INDICATORE DI CONTROLLO	STRUMENTI			
		Supporti grafici	Simulazione (manuale/computerizzata)	Certificazioni/ Misura (in laboratorio/in campo)	
PRO	Presenza di apparecchiature per la contabilizzazione dei consumi di energia termica, elettrica e di acqua e impiego di sistemi di acquisizione e telelettura centralizzati.	Relazione tecnica con illustrate le soluzioni adottate			
COS					
ESE					
Riferimenti normativi essenziali					
Classi di esigenze, classi di requisiti, requisiti correlati Requisiti: CCT-Ris-22, QS-Cr-67					applicare a: R-U-S

STRATEGIE PROGETTUALI E TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO

codice
QS-Mo-71

La possibilità di monitorare i consumi di risorse (energia termica, elettrica e acqua) sia a livello dell'organismo edilizio sia delle singole unità immobiliari, consente la predisposizione di efficienti piani strategici di gestione dei consumi, potendo verificare regolarmente la presenza di situazioni critiche e quindi di determinare azioni di risanamento e di intervento.

Energia termica

Negli impianti di riscaldamento centralizzati con radiatori, impiego di contatori di calore a livello dell'unità abitativa, con teletrasmissione dei dati ad una centralina di acquisizione. Il contatore di calore permette di rilevare il volume e il salto termico dell'acqua che circola nell'unità abitativa.

Impiego inoltre di contatore di calore per rilevare l'energia termica prodotta dalla caldaia centrale.

Negli impianti di riscaldamento autonomi, rilevazione consumi energetici della caldaia e acquisizione centralizzata dei consumi di ogni unità abitativa.

Acqua

Impiego di contatori per l'acqua calda e fredda a livello dell'unità abitativa.

Energia elettrica

Impiego di contatori per il rilevamento del consumo di energia elettrica a livello dell'unità abitativa.

Impianti di climatizzazione

Rilevazione automatica e continuativa dei consumi di energia termica ed elettrica dei diversi componenti dell'impianto.

Tutti i sistemi di contabilizzazione devono essere integrati e teletrasmettere i dati in maniera continuativa ad una centralina di acquisizione a livello dell'organismo abitativo.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., Atti del convegno "Condizionamento, Riscaldamento, Refrigerazione: innovazioni e tendenze", AICARR, Milano, 1996, 1998, 2000.

AA.VV., *Risparmio energetico con gli impianti di riscaldamento*, ENEA, Roma, 1998.

Bearzi, V., *Impianti di riscaldamento*, Tecniche Nuove, Firenze, 2001

Dall'O', G., *Architettura e impianti*, Città Studi, Milano, 1998.

Dall'O', G., a cura di, *Verso l'edificio intelligente*, BE-MA, Milano, 1989.

Frateili, E., Cocito, A., *Architettura e comfort*, Clup Città Studi, Milano, 1995

Riferimenti normativi

Legge 10 gennaio 1991 n. 10
D.P.R. 412/93

MANUTENZIONE EDILIZIA E IMPIANTISTICA
Controllo consumi

applicare a:
R-U-S

ELENCO DEI RIFERIMENTI NORMATIVI ESSENZIALI

Utilizzo di risorse climatiche

- UNI 10349:1994/CE. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici.

Qualità ambientale spazi esterni

- L 447/95. Legge Quadro sull’Inquinamento Acustico.
- DPR 24/5/1988 N°203. Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art.15 della legge 16 aprile 1987, numero 183.
- DM 20/5/1991. Modificazioni ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1988, n. 175, in recepimento della direttiva CEE n. 88/610 che modifica la direttiva CEE n. 82/501 sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali.
- DM 25/11/94. Rettifiche al decreto ministeriale 21 ottobre 1994 concernente il reintegro degli oneri per l'introduzione dei lavori e la chiusura delle centrali nucleari.
- DR 7/9/1995.
- DPCM 28/3/83. Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno
- L 36/2001. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
- DPCM 23/04/1992. Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.
- DM 10/09/1998 n°381. Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana.

Integrazione con il contesto ambientale

- Censimento Nazionale degli alberi monumentali.
- LR 0050 –03/04/95. Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali, di alto pregio naturalistico e storico, del Piemonte.

Contenimento del consumo di risorse

- Norma UNI EN ISO 14040. Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.
- L 10/91. 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.
- UNI 10339. Impianti aerulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- UNI 8477/1. Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.

-
- UNI EN 832. Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali.
 - UNI 7979. Serramenti esterni verticali. Classificazione in base alla permeabilità all'aria.
 - UNI 10349:1994/CE. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici
 - UNI 10375. Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti.
 - Serie norme UNI sulla produzione di acqua calda sanitaria.
 - DM 16/03/2001 n°106. Programma Tetti fotovoltaici.
 - DGR Piemonte 10-2836 del 23/04/2001. Bando diretto alla concessione di contributi per la realizzazione di impianti fotovoltaici di potenza da 1 a 20 Kw collegati alla rete elettrica di distribuzione in bassa tensione.
 - Norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale dei moduli fotovoltaici.
 - Norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici.
 - Norme UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici.
 - Norme CEI EN 61724 per la misura e acquisizione dati dei moduli fotovoltaici.

Riduzione dei carichi ambientali

- L 615/66. Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico.
- DPR 22.12.9170 n. 1391. Regolamento per l'esecuzione della L. 13 luglio 1966, n. 615, recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico, limitatamente al settore degli impianti termici.
- DPCM 28.03.1983. Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno.
- DPR n. 203 del 24.05.1988. Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art.15 della legge 16 aprile 1987, numero 183.
- DM 12 luglio 1990. per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione.
- DPCM 21 luglio 1989. Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali.
- L 447/95. Legge Quadro sull'inquinamento acustico.
- Decreto Legislativo n.22 5 febbraio 1997. Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.
- Norma UNI EN ISO 14040. Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.

Qualità dell'ambiente interno

- D.M San.5/07/1975. Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896, relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali di abitazione.

-
- Circolare Min. LLPP.n.3151 del 22/05/1967. Criteri di valutazione delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione nelle costruzioni edilizie.
 - UNI 10380. Illuminotecnica. Illuminazione di interni con luce artificiale.
 - DPCM 5/12/1997. Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.
 - UNI EN ISO 717-1. Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea.
 - EN 12354-1. Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 1: Airborne sound insulation between rooms.
 - EN 12354-2. Building acoustics. Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements. Part 2: Impact sound insulation between rooms.
 - EN 12354-3. Building acoustics. Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements. Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound.
 - UNI EN ISO 140-3. Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio.
 - UNI EN ISO 140-4. Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti.
 - UNI EN ISO 140-5. Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate.
 - UNI EN ISO 140-6. Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in laboratorio dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai.
 - UNI EN ISO 140-7. Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai.
 - EN ISO 10848. Acoustics - Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact noise between adjoining rooms.
 - UNI 8199. Acustica - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione - contrattuali e modalità di misurazione.
 - UNI EN ISO 717-2. Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio.
 - UNI EN ISO 7730. Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico.
 - UNI EN 27726. Ambienti termici. Strumenti e metodi per la misurazione delle grandezze fisiche.
 - UNI 10345. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Trasmittanza termica dei componenti edilizi finestrati. Metodo di calcolo.
 - UNI 10346. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Scambi di energia termica tra terreno ed edificio. Metodo di calcolo.
 - UNI 10351. Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore.
 - UNI 10355. Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
 - UNI 10375. Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti.

-
- UNI 10339. Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalita', classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
 - UNI 10350. Componenti edilizi e strutture edilizie - Prestazioni igrotermiche - Stima della temperatura superficiale interna per evitare umidità critica superficiale e valutazione del rischio di condensazione interstiziale.
 - Direttiva 89/106/CEE. Direttiva del Consiglio relativa al riavvicinamento delle disposizioni legislative degli Stati Membri concernenti i prodotti da costruzione.
 - DPR n. 246 del 21/04/1993. Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione.
 - Direttiva 67/548/CEE. Direttiva concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose.
 - Raccomandazione Euratom 143/90. Raccomandazione della Commissione sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi.
 - Dlgs 230 del 17 marzo 1995. Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti.
 - Dlgs 241 del 26 maggio 2000. Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.
 - L 36/2001. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
 - DPCM 23 aprile 1992. Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.
 - Decreto 10 settembre 1998, n. 381. Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana.

Qualità del servizio

- L 10/91. 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.
- D.P.R. 26 agosto 1993 n.412. Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell' art.4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n.10.