

STEFANO BRUNO

MANUALE DI BIOARCHITETTURA

Bioedilizia e fonti alternative di energia rinnovabile



SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- filodiretto con gli autori
- le risposte degli autori a quesiti precedenti
- files di aggiornamento al testo
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8241

INDICE

<i>Premessa</i>	pag. XIII
<i>Prefazione</i> di Vincenzo Gieri	» XV

PARTE PRIMA

Architettura bioclimatica e bioarchitettura

1. NORME FONDAMENTALI E PRINCIPI GENERALI DI ARCHITETTURA BIOCLIMATICA E BIOEDILIZIA

1.1. Principi generali bioclimatici: la progettazione	» 3
1.2. Le principali cause inquinanti.....	» 5
1.2.1. Gas di combustione	» 5
1.2.2. Composti organici volatili (VOCs)	» 6
1.2.3. Metalli tossici	» 7

2. ANALISI E CARATTERISTICHE DEL PROGETTO BIOCLIMATICO

2.1. Bioarchitettura.....	» 11
2.2. Principi dell'architettura bioclimatica	» 13
2.3. Il codice concordato di raccomandazioni per la qualità energetico-ambientale di edifici e spazi aperti	» 17
2.4. Pianificazione della fase definitiva ed esecutiva della progettazione	» 27
2.5. Suolo edilizio: la localizzazione	» 27
2.5.1. Rapporti del suolo con l'acqua.....	» 28
2.5.2. La rete di Hartmann	» 29

PARTE SECONDA

Criteri per una corretta progettazione

1. FATTORI CLIMATICI E MICROCLIMA AMBIENTALE

1.1. Esposizione e soleggiamento: criteri di scelta dell'esposizione e dell'orientamento per la distribuzione degli spazi interni	» 39
1.2. Muro ad accumulo termico o di Trombe	» 43
1.3. Microclima ambientale	» 45

2. ILLUMINAZIONE

2.1. I problemi dell'illuminazione degli ambienti	» 49
2.2. Illuminazione naturale e artificiale	» 50

3. PROTEZIONE TERMICA

3.1. Premesse generali di ordine tecnico-fisiologico per la progettazione	» 53
3.2. Impiego di pareti con intercapedine e di pareti multiple	» 56
3.3. Effetto dell'irraggiamento solare su pareti opache.....	» 57
3.4. Pareti vetrate investite da irraggiamento solare	» 59
3.5. Particolarità tecnico-costruttive per l'isolamento termico	» 60
3.6. Possibilità di infiltrazioni d'aria	» 66
3.7. Protezione dall'eccessivo soleggiamento	» 66
3.8. Caratteristiche geometriche e fisiche delle pareti.....	» 68
3.9. Sistemi schermanti opachi	» 69
3.10. Protezione mediante i vetri	» 72

VI

4. PROTEZIONE DAL RUMORE

4.1.	Premesse generali per la progettazione: effetti del rumore	»	77
4.2.	Modalità di trasmissione del rumore: criteri di difesa acustica in edilizia.....	»	79
4.2.1.	Trasmissione del rumore per via aerea.....	»	79
4.2.2.	Assorbimento acustico	»	83
4.2.3.	Trasmissione del rumore per impatto e calpestio.....	»	83
4.3.	La progettazione acustica	»	85
4.4.	Esame del progetto da parte della commissione NIP.....	»	87
4.5.	Determinazione delle caratteristiche di riverberazione dei locali adibiti a lavorazioni.....	»	88
4.6.	Metodo di misura del decremento del livello sonoro per raddoppio della distanza dalla sorgente	»	89
4.7.	Criteri generali	»	91

5. PROTEZIONE DALL'UMIDITÀ

5.1.	Studio dei problemi progettuali dell'umidità nelle costruzioni e conseguenze	»	93
5.2.	Classificazione delle diverse tipologie di umidità	»	95

PARTE TERZA *La bioedilizia*

1. MATERIALI BIOEDILI: REGOLE E REQUISITI

1.1.	I problemi del consulente biotecnico o bioedile.....	»	103
1.2.	La casa bioecologica: considerazioni generali	»	104
1.3.	Indagine geo-biologica dell'area edificabile	»	105

2. MATERIALI BIOECOLOGICI E LORO USO IN BIOEDILIZIA

2.1.	Criteri generali di scelta dei materiali edili	»	109
2.2.	Le fonti inquinanti	»	111
2.3.	La verifica del requisito CEE igiene, salute e ambiente	»	113
2.4.	Il controllo degli inquinanti interni.....	»	113

3. LA SCELTA DEI PRODOTTI EDILI

3.1.	Generalità	»	115
3.2.	Prodotti di origine chimica	»	116
3.3.	Prodotti di origine minerale	»	116
3.4.	Soluzioni conformi	»	118

4. RESTAURO STRUTTURALE IN BIOEDILIZIA

4.1.	Generalità	»	119
4.2.	L'uso dei materiali tradizionali e compatibili negli interventi di consolidamento e conservazione strutturale.....	»	120

5. I LATERIZI

5.1.	Generalità	»	125
5.2.	Criteri di scelta	»	127

5.3.	Laterizi pieni	» 128
5.4.	Laterizi leggeri	» 130
5.5.	Materiali per le coperture bioclimatiche.....	» 133
5.5.1.	Laterizi per coperture	» 137
5.5.2.	I laterizi per solai nelle ristrutturazioni in bioedilizia	» 138
5.6.	Blocchi prefabbricati isolanti: i Lecablocchi	» 139
5.7.	Blocchi in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa: caratteristiche, applicazioni e tecniche di bioedilizia. Voci di capitolato	» 146
5.8.	Blocco Perlater® in perlite	» 146
6.	LE PIETRE	
6.1.	Criteri di scelta	» 149
6.2.	Tipologia e caratteristiche tecniche	» 150
6.3.	Le rocce magmatiche	» 150
6.4.	Le rocce sedimentarie	» 152
6.5.	Requisiti e proprietà delle pietre per gli usi nella bioedilizia.....	» 155
7.	MATERIALI ISOLANTI	
7.1.	Il sughero: caratteristiche generali	» 163
7.1.1.	Applicazioni e tecniche di bioedilizia del sughero	» 170
7.2.	Impasto di sughero in granuli con vetrificante: specifiche tecniche e metodi di realizzazione	» 177
7.3.	Le coperture	» 178
7.4.	La fibra di legno: caratteristiche generali	» 179
7.4.1.	Applicazioni e tecniche di bioedilizia delle fibre di legno.....	» 181
7.5.	Argilla espansa: caratteristiche generali	» 182
7.5.1.	Premiscelati.....	» 191
7.5.2.	Intonaci di argilla espansa	» 191
7.5.3.	Le malte di argilla espansa	» 192
7.6.	Leca: caratteristiche generali, tecniche e campi di impiego.....	» 193
7.6.1.	Applicazioni e tecniche di bioedilizia. Voci di capitolato e applicazioni dell'argilla espansa	» 195
7.7.	Pomice naturale: generalità e caratteristiche tecniche	» 203
7.8.	Vermiculite espansa: caratteristiche generali e tecniche.....	» 208
7.9.	Perlite espansa: caratteristiche generali e tecniche.....	» 209
8.	CEMENTO E CALCESTRUZZO	
8.1.	Caratteristiche generali	» 211
8.2.	Calcestruzzi leggeri bioclimatici	» 212
9.	MALTE E INTONACI	
9.1.	Caratteristiche generali	» 213
9.1.1.	Capacità traspiranti e antiumidità.....	» 214
9.2.	La sabbia: caratteristiche generali	» 215
9.3.	Intonaci a calce: caratteristiche generali e tecniche	» 216
9.4.	Intonaci a gesso: caratteristiche generali e tecniche.....	» 218

VIII

10. TRATTAMENTI SUPERFICIALI, TINTEGGIATURE E VERNICI

10.1.	Generalità	»	219
10.2.	Tinteggiature all'acqua: caratteristiche generali e tecniche	»	219
10.3.	Pitture a latte di calce: caratteristiche generali e tecniche	»	221
10.4.	Pitture ai silicati: caratteristiche generali e tecniche	»	222
10.5.	Tempera al latte: caratteristiche generali e tecniche.....	»	223
10.6.	Tempera all'uovo: caratteristiche generali e tecniche	»	225
10.7.	Pittura ad affresco: caratteristiche generali e tecniche	»	226
10.8.	Pittura alla caseina: caratteristiche generali e tecniche	»	228
10.9.	Pittura al rosso di uovo: caratteristiche generali e tecniche	»	229
10.10.	Velatura: caratteristiche generali e tecniche	»	231
10.11.	Stucco marmorato o marmorino: caratteristiche generali e tecniche	»	232
10.12.	Trattamenti di superfici e vernici bioecologici: caratteristiche generali e tecniche	»	233
10.12.1.	Cocciopesto	»	233
10.12.2.	Pittura murale e marmorino di calce.....	»	235
10.12.3.	Pasta di cera satinata (neutra o colorata)	»	236
10.12.4.	Turapori	»	236
10.12.5.	Impregnante per interni e esterni	»	237
10.12.6.	Olio protettivo esente da essiccativi	»	238
10.12.7.	Pittura murale alle resine naturali	»	238
10.12.8.	Smalto naturale per legno	»	239
10.12.9.	Vernice per interni e esterni	»	240
10.12.10.	Cera liquida di finitura	»	240
10.12.11.	Smalto naturale per caloriferi	»	241
10.12.12.	Antiruggine	»	241
10.12.13.	Consolidante per la pietra e superfici friabili	»	242
10.12.14.	Lacca trasparente per interni.....	»	242
10.12.15.	Olio di finitura.....	»	243
10.12.16.	Sali di boro	»	244

11. PAVIMENTI E RIVESTIMENTI

11.1.	Laterizi per pavimenti e rivestimenti: il cotto	»	245
11.2.	Pavimenti e rivestimenti ceramici	»	250
11.2.1.	Le principali tipologie ceramiche bioclimatiche	»	251
11.2.2.	Descrizione di capitolato: ceramiche	»	254
11.2.3.	Le norme europee EN per le ceramiche	»	255
11.3.	Rivestimenti in pietra naturale e marmo	»	256
11.4.	I legnami	»	257
11.5.	Pavimenti in legno	»	261
11.5.1.	Caratteristiche tecniche bioclimatiche del legno	»	261
11.5.2.	Fasi di lavorazione	»	263
11.5.3.	Tecniche di posa in opera	»	264
11.5.4.	Manutenzione bioecologica del parquet.....	»	266
11.6.	Parquet resiliente.....	»	267
11.7.	Linoleum	»	267
11.7.1.	Caratteristiche tecniche bioclimatiche del linoleum	»	268
11.7.2.	Voci di capitolato: linoleum	»	269

11.8.	Pavimenti in gomma	»	270
11.9.	Gomma industriale bolli	»	271
11.10.	La carta da parati ecologica: caratteristiche generali e tecniche	»	271
11.10.1.	Voce di capitolato: carta da parati	»	272

PARTE QUARTA

Gli impianti bioclimatici

1. IMPIANTO ELETTRICO

1.1.	Tra leggi e generalità	»	275
1.2.	Il disgiuntore di corrente: caratteristiche tecniche	»	276
1.3.	Qualità dei materiali elettrici	»	277
1.4.	Caratteristiche tecniche degli impianti bioclimatici e dei componenti	»	277
1.5.	Criteri bioclimatici di progetto	»	278
1.6.	Criteri di scelta dei componenti	»	280
1.7.	Integrazione degli impianti elettrici, ausiliari e telefonici nell'edificio	»	281
1.8.	Impianto di terra	»	281
1.9.	Impianto di protezione contro le scariche atmosferiche	»	281

2. PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO ELETTRICO BIOECOLOGICO

2.1.	Generalità	»	283
2.2.	Norme, leggi e regolamenti	»	283
2.3.	Alimentazione	»	284
2.3.1.	Distribuzione luce F/M	»	284
2.4.	Impianto di terra	»	285
2.5.	Impianto di protezione contro i fulmini	»	286
2.6.	Protezione dai campi elettromagnetici	»	287
2.7.	Impianto fotovoltaico per cogenerazione	»	288
2.8.	Impianti speciali	»	288
2.9.	Antenna	»	288
2.10.	Unità immobiliari	»	289
2.11.	Normativa di riferimento	»	299
2.12.	Illuminotecnica e modelli di riferimento CIE	»	300
2.12.1.	Parametri di progetto	»	302

3. IMPIANTO TERMO-IDRAULICO

3.1.	Impianti di riscaldamento bioclimatici: il riscaldamento degli edifici	»	305
3.1.1.	Contenimento della dispersione energetica	»	305
3.2.	Riscaldamento passivo	»	306
3.3.	Specifiche prescrizioni tecniche per gli impianti	»	308
3.4.	Componenti degli impianti di riscaldamento	»	309
3.5.	Sistemi di riscaldamento	»	309
3.5.1.	Impianti autonomi con sistema modul	»	309
3.5.2.	Impianti autonomi con sistema a battiscopa radiante	»	310
3.6.	Caldaie a condensazione	»	314
3.7.	Riscaldamento a pavimento con pannelli radianti	»	315
3.8.	Caminetti e stufe ecologiche	»	317
3.9.	Canne fumarie ecologiche	»	323

4. PROGETTAZIONE BIOCLIMATICA DI UN IMPIANTO TERMO-IDRICO-SANITARIO

4.1.	Impianto idrico sanitario bioclimatico	»	327
4.2.	Impianto di riscaldamento bioclimatico ad adduzione gas.....	»	330
4.2.1.	Riscaldamento/condizionamento	»	331
4.2.2.	Tubazioni	»	332
4.2.3.	Tubazioni in acciaio nero	»	334
4.2.4.	Tubazioni in acciaio zincato	»	337
4.2.5.	Tubazioni in rame.....	»	338
4.2.6.	Tubazioni in polietilene ad alta densità PEAD	»	340
4.2.7.	Isolamenti termici e finiture	»	342
4.2.8.	Isolamento tubazioni.....	»	342
4.2.9.	Isolamento di valvole, dilatatori, filtri, serbatoi, scambiatori, ecc.	»	344
4.2.10.	Finitura degli isolamenti per tubazioni.....	»	344
4.2.11.	Valvolame	»	345
4.2.12.	Serie di accessori sulle linee fluidi	»	348
4.2.13.	Pompe in-line per installazione diretta sulle tubazioni	»	358
4.2.14.	Tubazioni in polietilene per scarichi	»	359
4.2.15.	Organi di mandata, ripresa, espulsione aria	»	361
4.2.16.	Bocchette di mandata e di ripresa	»	361
4.2.17.	Griglia di transito	»	362
4.2.18.	Serrande di taratura.....	»	362
4.2.19.	Griglia di presa aria esterna o espulsione.....	»	363
4.2.20.	Silenziatore per canali quadrangolari	»	363
4.2.21.	Valvola di aspirazione e piccoli terminali in plastica.....	»	364
4.2.22.	Aspiratori	»	364
4.2.23.	Canale flessibile in PVC rinforzato	»	365
4.2.24.	Piastre radianti	»	365
4.2.25.	Caldia murale di tipo C.....	»	367
4.2.26.	Camino in refrattario	»	368
4.2.27.	Boiler elettrico	»	369
4.2.28.	Idrantini di lavaggio	»	370
4.2.29.	Impianto di sollevamento prefabbricato.....	»	370
4.2.30.	Impianto di fontana per il ricircolo e l'ossigenazione delle acque piovane di raccolta	»	370

5. LA FITODEPURAZIONE: TECNICHE DI TUTELA E VALORIZZAZIONE DELLA RISORSA ACQUA

5.1.	Il problema ambientale	»	373
5.2.	La fitodepurazione	»	374
5.3.	Caratteristiche del sistema di fitodepurazione a macrofite radicate emergenti.....	»	375
5.4.	Vantaggi della fitodepurazione	»	378

PARTE QUINTA

Le energie rinnovabili

1. FONTI ALTERNATIVE DI ENERGIA RINNOVABILE

1.1.	Generalità	»	381
1.2.	Le fonti rinnovabili	»	382
1.3.	Il contributo delle fonti rinnovabili nel mondo	»	383

1.3.1. Il contributo delle fonti rinnovabili in Italia..... »	384
1.4. Fotovoltaico in Italia: il nuovo Decreto Conto energia del 19-02-2007	384
1.5. Effetto serra naturale e buco dell'ozono..... »	386
1.6. Energia delle biomasse	388
2. IMPIANTI FOTOVOLTAICI	
2.1. La tecnologia fotovoltaica	389
2.2. Le applicazioni fotovoltaiche	394
2.3. Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico	398
3. IL SOLARE TERMICO	
3.1. Generalità	403
3.2. Impianto integrato di idro-termo condizionamento eseguito nell'Istituto per inabili al lavoro "Letizia Veralli Giulio ed Angelo Cortesi"	406
4. L'ENERGIA EOLICA	
4.1. Generalità sulla produzione di energia elettrica	415
4.2. Turbine per il mini-eolico	416
4.3. Aerogeneratori	418
4.4. Progettazione ed evoluzione delle turbine eoliche	421
4.5. Iter autorizzativi per la richiesta di installazione di un impianto eolico	422
4.6. Le centrali eoliche..... »	423
4.7. Elementi economici	423
4.8. Ostacoli per lo sviluppo dell'eolico in Italia	424
APPENDICE – ANALISI DEL PROGETTO BIOARCHITETTONICO REALMENTE EDIFICATO	
A.1. Generalità	429
A.2. Il progetto esecutivo	429
A.3. Relazione tecnica per l'attuazione dei principi generali della bioedilizia	430
A.4. Considerazioni sul costo di costruzione	432
A.5. Analisi del progetto realizzato in attuazione del P.D.R.	432
A.6. Esempi di singole unità immobiliari..... »	438
A.7. Particolari costruttivi..... »	449
A.8. Infissi esterni..... »	453
A.9. Isolamento acustico dei solai	455
A.10. Copertura a tetto ventilato	455
A.11. Canne fumarie ecologiche	458
A.12. La struttura in cemento armato in bioedilizia..... »	459
A.13. Impianti bioclimatici..... »	464
A.14. Smaltimento liquami..... »	464
A.15. Impianto idrosanitario con riciclo e recupero acque meteoriche	467
A.16. Adduzioni	471
A.17. Scarichi acque reflue..... »	473
A.18. Scarichi acque meteoriche	473
A.19. Impianto di irrigazione alimentato da acque meteoriche	473
Bibliografia	477

Premessa

In primo luogo va detto che il presente manuale di bioarchitettura, bioedilizia e fonti alternative di energia rinnovabile è una riedizione del manuale *Progettazione bioclimatica e bioedilizia*, edito nel 1999 da *Ilsole24ore*.

Gli argomenti principali – rivisti e aggiornati – riguardano l'architettura bioclimatica, detta anche bioarchitettura: pertanto, si partirà dai criteri da seguire per realizzare una corretta progettazione nel rispetto delle regole bioecologiche attraverso un'attenta analisi dei principali fattori estrinseci ed intrinseci – come il clima ed il microclima, l'illuminazione, l'inquinamento acustico, la protezione dall'umidità, ecc. – al fine di fornire una guida pratica ed esauriente per progettare e costruire edifici sani e vivibili.

La bioedilizia verrà indagata in ogni sua parte attraverso l'analisi dei principali materiali da costruzione bioclimatici, dei metodi di scelta e di applicazione di questi e degli impianti elettrici e termo-idraulici: al fine di rendere più chiara possibile la trattazione degli argomenti si è corredato il testo di numerosi esempi, progetti e voci di capitolato.

Per quanto riguarda l'utilizzo delle fonti alternative di energia rinnovabile, il manuale si concentra sulla loro progettazione, riservando un'attenzione particolare all'energia fotovoltaica e solare in genere ed in ultimo all'energia eolica, soffermandosi in particolare sul nuovo tipo di impianto eolico (di ridotte dimensioni) che permette l'installazione anche su edifici o in centri abitati, il cosiddetto *minieolico*.

Infine, si è ritenuto utile includere in appendice l'analisi completa di un progetto bioclimatico di nuova edificazione – realizzato in Toscana, a Prato – corredandolo di un'ampia documentazione, contenente disegni e foto di spazi interni ed esterni, della pianificazione delle fasi di progettazione e dei metodi di costruzione.

Inoltre, tengo a precisare che il presente lavoro anche è frutto dello studio di interventi tenuti dai partecipanti al primo convegno nazionale di architettura ecologica e bioedilizia, *Conoscere l'architettura sostenibile e la bioedilizia*, tenutosi a Prato nel novembre 2000 e da me stesso organizzato. Si tratta di uno dei primi convegni svoltisi in Italia, quando era ancora una novità accostarsi a tematiche di questo genere.

Le parole di Lucia Silvio, presidentessa dell'associazione ecologico-culturale Bioarkt, sintetizzano perfettamente lo spirito che ha animato – e anima tuttora – queste iniziative:

Perché noi di Bioarkt ripensiamo alla pianificazione territoriale, alla pratica costruttiva ed alla disciplina urbanistica in chiave ecologica. È indispensabile per tutto ciò una nuova cultura di approccio a queste tematiche sia nella progettazione architettonica che nell'utilizzo di materiale e tecnologie a basso impatto ambientale. Vorremmo con ciò sensibilizzare, informare e formare nuovi operatori sui temi dell'abitare sano, abituarli a pensare alla riqualificazione ecologica del territorio, alla sua gestione, costruzione e progettazione di spazi che rispondano alle esigenze di benessere psico-fisico.

In conclusione, mi sento di affermare che il presente lavoro di riedizione del manuale nasce proprio dalla convinzione che – se si vuole creare un futuro migliore anche per le generazioni a venire – è necessario fare propria una nuova concezione di vita e di progettazione che vede l'utilizzo di tecnologie e tecniche che non favoriscano unicamente il consumo e la produzione di idrocarburi e in genere di tutte quelle energie di cui siamo soliti servirci, ma che si rivelano dannose per il benessere del nostro pianeta. Pertanto, è un dovere morale sostenere l'uso di materiali, tecnologie ed impianti che favoriscano la vivibilità della nostra terra e non soltanto il profitto di pochi.

28 gennaio 2008

L'autore

*Prefazione*¹

Pur non essendo specializzato in architettura bioclimatica come l'autore Stefano Bruno, ma avendo da anni trattato tematiche e problematiche d'edilizia, credo di essere in grado di dare una valutazione sufficientemente oggettiva del volume.

L'architettura bioclimatica teorizza la costruzione di quegli edifici nei quali si tiene conto di tutti i problemi ecologici relativi alla scelta dei materiali da utilizzare, al consumo d'energia e allo smaltimento dei rifiuti, in genere con l'intento di reagire, oltre che all'inquinamento, al consumismo sfrenato e allo sfruttamento esasperato delle risorse.

Conseguentemente, bioedilizia significa costruire un edificio, una casa o un'abitazione, che sia per l'uomo un rifugio non ostile o addirittura nocivo e che, soprattutto, rispetti l'*habitat* e cresca quindi in armonia con la natura. Ciò naturalmente vale anche per edifici industriali, commerciali, uffici e quanto altro.

Questi concetti generali, che ormai quasi tutti condividono, a volte, sono esasperati, tanto che alcuni rifiutano quasi *in toto* la tecnologia e merceologia moderna, come ad esempio il cemento armato.

A me sembra ovvio e indiscutibile l'utilità, per meglio dire la necessità, di usare prodotti e tecniche del XX secolo, ma è altrettanto giusto considerare i loro aspetti negativi o comunque l'inefficacia alla soluzione di alcuni problemi.

Non si può pensare di eseguire le fondamenta di un grande edificio senza una platea in cemento armato oppure un pavimento a contatto con il terreno senza una preventiva soletta. Si deve però sapere che il cemento armato a contatto con il terreno non blocca le radiazioni e le onde nocive e quindi si deve rimediare rivestendo internamente la soletta con materiali naturali, quali fibre di legno oppure sughero che assorbano le radiazioni tossiche.

Altrettanto dicasi per l'isolamento termico (più correttamente coibentazione) e l'isolamento acustico (più correttamente correzione acustica). Se questi accorgimenti, che non solo sono prescritti dalla vigente normativa, ma rendono anche le nostre abitazioni più confortevoli, non sono eseguiti con materiali idonei, possono assolvere magnificamente alla loro funzione principale, ma

¹ N.d.A.: La seguente prefazione del geom. Vincenzo Gieri è stata scritta per *Progettazione bioclimatica e bioedilizia*, il primo libro scritto dall'autore su argomenti bio, pubblicato in prima edizione nel 1999 dal *Ilsole24ore*, dal quale sono stati ricavati, rivisti, rieditati e aggiornati molti dei capitoli del presente manuale.

non eliminare altre cause che solo apparentemente sembrano ininfluenti: ad esempio, un prodotto può essere molto efficace per la coibentazione o la correzione acustica, ma non ostacolare l'immissione all'interno dell'appartamento di perturbazioni elettromagnetiche.

L'aspetto positivo di questo libro è che affronta tutte le problematiche inerenti la bioedilizia, ma non denigra la tecnologia moderna, ne descrive gli inconvenienti, l'inefficacia e a volte l'inutilità, suggerendo le soluzioni ottimali.

Un plauso quindi a questo autore e a tutti coloro, progettisti e costruttori, che portano avanti queste idee. A mio avviso il mercato non deve essere passivo, non si deve limitare a registrare le domande, bensì suscitare e questo ruolo attivo è tanto più rilevante quanto più lo sviluppo economico è avanzato e il livello medio dei consumatori è alto.

Nella tradizione anglosassone gli studi sulle tecniche costruttive, anche nei loro aspetti sociali, hanno sempre avuto una certa importanza, già a partire dalle costruzioni medievali. Un libro esemplare è stato quello di John Summerson sulla Londra georgiana, che andava alle radici della prassi costruttiva del periodo. Esso si soffermava sul tipo di mattoni utilizzati, sull'uso della pietra artificiale, sulla sua invenzione, evocava i vincoli imposti alla fabbricazione di porte e finestre, presentava gli architetti e i costruttori come soci in affari degli industriali.

Anche nell'epoca attuale e in particolare nel nostro paese, le aziende devono osservare bene il mercato e proporre. Il progresso merceologico è connesso ai processi concorrenziali di mercato anche più del progresso tecnologico, ma non devono gareggiare tanto per soddisfare meglio, a più basso costo, vecchie domande, quanto per accaparrarsene delle nuove. Detto in altro modo: spesso, è più facile entrare in un mercato nuovo che allargare la propria quota in un mercato vecchio.

Concludendo, desidero esprimere il mio apprezzamento all'autore di questo volume per come ha affrontato la tematica; desidero consigliare ai progettisti, ai costruttori, agli addetti ai lavori e comunque al lettore di prediligere i prodotti naturali senza denigrare, ignorare o sottovalutare anche quei materiali o quelle tecniche costruttive che, pur non essendo bioecologici, hanno però una loro validità e idoneità per affrontare e risolvere certe problematiche. Non tutto quello che è artificiale o sintetico è controindicato, pericoloso o nocivo; occorre ponderare, valutare e vagliare. Per fare ciò è necessario conoscere.

18 settembre 1999

VINCENZO GIERI

PARTE PRIMA

Architettura bioclimatica e bioarchitettura

1. NORME FONDAMENTALI E PRINCIPI GENERALI DI ARCHITETTURA BIOCLIMATICA E BIOEDILIZIA

1.1. PRINCIPI GENERALI BIOCLIMATICI: LA PROGETTAZIONE

In un'ottica di sviluppo sostenibile un edificio, affinché sia progettato bioclimaticamente, deve essere ideato secondo criteri di:

- biocompatibilità, cioè di benessere e salubrità sia per coloro che sono i fruitori finali sia per gli operatori dell'edificio;
- ecosostenibilità, cioè a basso impatto sull'ambiente in tutte le fasi della cosiddetta *vita* del prodotto, dalla produzione alla dismissione.

In tale prospettiva, nel corso della stesura di un progetto bioclimatico, si deve tener presente una serie di requisiti ecologici che l'edificio deve possedere e che si possono brevemente riassumere:

- risparmiare energia di tipo pregiato non rinnovabile, diminuendo l'immissione in atmosfera di inquinanti da combustione; pertanto, l'edificio deve essere pensato in un'ottica di risparmio energetico riducendo le emissioni di gas serra attraverso l'uso di fonti alternative di energia rinnovabile¹. Attraverso la coibentazione delle murature, l'edificio dovrebbe essere progettato come un grande collettore che nella stagione invernale raccolga l'energia termica dal sole tramite e attraverso le vetrature esterne, e che invece, durante l'estate, presenti una climatizzazione naturale dell'intero edificio attraverso una buona coibentazione, la disposizione delle aperture, l'estrazione dell'aria calda attraverso il camino;
- risparmiare acqua potabile, realizzando una doppia rete di adduzione idrica: una, alimentata dall'acquedotto cittadino che colleghi l'impianto per la parte ad uso potabile, l'altra, invece, alimentata dall'acqua piovana opportunamente depurata o attraverso l'utilizzo di piante per la fitodepurazione

¹ A questo proposito si veda la parte quinta, Le energie rinnovabili.

- o da un serbatoio interrato con depuratore e impianto di ossigenazione, collegato all'impianto a dispersione, cioè a: cassette di scarico WC, cannelle per lavare o annaffiare. È possibile risparmiare acqua anche attraverso apparecchiature e dispositivi quali i rubinetti temporizzati ormai facilmente reperibili;
- migliorare il comfort all'interno degli ambienti diminuendo l'inquinamento. A proposito di quest'ultimo punto Nicola Lo Conte, medico specialista in materia sottolinea:

Per quanto paradossale, la casa è una subdola fonte di pericolo poiché, purtroppo, ciò che abbiamo identificato come progresso, non sempre si è evoluto tenendo conto delle necessità e della sicurezza dell'utilizzatore: l'essere umano!

Così, negli ultimi decenni, sono nate nuove patologie come la *Sick-Building Syndrome* (sindrome da edificio malato), termine coniato nel 1970, in seguito a diffuso disagio, frequenti emicranie, irritazioni delle mucose (occhi, gola, ecc.), tosse, pruriti, affaticamento visivo, nervosismo, stanchezza cronica, verificatosi negli utilizzatori di nuovi e moderni edifici con il controllo di ventilazione, umidità, temperatura dell'aria, forse senza suo adeguato ricambio e comunque soprattutto in uffici con materiali plastici, o comunque sintetici, e presenza di fax, fotocopiatrici, stampanti, computer senza contare le possibili infezioni da legionella, virus funghi, parassiti, ecc.

- Al fine di evitare queste spiacevoli conseguenze è opportuno utilizzare, quindi, quei materiali strutturali e da finitura e quelle tecniche già sperimentati da tempo nell'attività edilizia, che non rilascino elementi inquinanti all'interno dell'ambiente anche in caso di incendio e durante le diverse fasi del processo produttivo;
- utilizzare materiali riciclati e riciclabili, che richiedano bassa quantità di energia in fase di produzione. Questo concetto di riuso dei materiali da costruzione si comincia a trovare anche nelle tecniche produttive italiane, pertanto, nella fase di selezione dei materiali da costruzione si dovrà optare, ove possibile, per una valutazione preventiva e conoscitiva di materiali alternativi biocompatibili prima di scegliere materiali di facile reperibilità sul mercato, privilegiando, quindi, quei materiali la cui produzione sia ecologica anche in fase di lavorazione².

² Il testo del presente paragrafo è in parte tratto dall'intervento dell'autore al primo convegno nazionale di architettura ecologica e bioedilizia, *Conoscere l'architettura sostenibile e la bioedilizia*, novembre 2000, Prato.

1.2. LE PRINCIPALI CAUSE INQUINANTI

Al fine di chiarificare ciò che la bioarchitettura si propone di superare, si ritiene opportuno soffermarsi su quelle che sono le principali cause inquinanti in un edificio o comunque derivanti da esso:

- gas di combustione;
- composti organici volatili (VOC);
- metalli tossici.

1.2.1. Gas di combustione

I gas di combustione sono:

- monossido di carbonio (CO);
- biossido di azoto (NO₂) e monossido di azoto (NO);
- anidride solforosa.

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore e insapore; poco solubile in acqua, essendo più leggero dell'aria si diffonde con facilità ed è quindi molto insidioso per chi si trova a respirarlo. La sua soglia è pari a 29 µg/m³ h; 13 µg/m³ x 8h. Ha un'affinità con l'emoglobina 250 volte superiore all'ossigeno: pertanto, l'emoglobina non è più capace di trasportare ossigeno e anidride carbonica, e di fatto non è più utile alla respirazione causando il soffocamento dei tessuti.

Normalmente, presenta un valore ematico del 2%; nei fumatori può raggiungere anche il 10-15%; se supera il 25-30% è responsabile di cefalea, vertigini, disturbi visivi, nausea, vomito, convulsioni, coma, e nei casi in cui raggiunge il 60-70% persino la morte.

Le principali fonti di CO sono dovute ad una anomala combustione di fornelli, stufe, scaldabagni a gas, a carbone, a legna o a kerosene; fumo di sigaretta (nei locali per fumatori si raggiungono valori anche di 35 µg/m³), fumo di caminetto, scarico delle auto, ecc.

BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂) E MONOSSIDO DI AZOTO (NO)

Si tratta anche in questi casi di gas incolori e inodori, ottenuti per ossigenazione dell'azoto ad alte temperature. Insieme allo zolfo, sono causa di piogge acide; con altri gas determinano il cosiddetto *smog fotochimico*. Sono

molto solubili in acqua. L'80-90% di quello inalato (NO_2) viene assorbito lungo l'intero albero tracheo-bronchiale, più al livello della giunzione tra le vie aeree distali e gli alveoli. Soprattutto per l'azione ossidante, produce un effetto irritante per le vie respiratorie. Sugli animali $370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 30 minuti determinano alterazioni biochimiche. Con un'esposizione prolungata, si verificano alterazioni similenfisematose, con aumento di infezioni e broncopatie ostruttive, fino all'edema polmonare.

Soglia: $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per esposizioni prolungate.

Le principali fonti: cucine e stufe a gas, kerosene, legna; caminetti; scarichi di auto; fumo di sigaretta (una sola ne può contenere da 100 a $600 \mu\text{g}$); stadi per il pattinaggio su ghiaccio, alimentati con bruciatori a gas propano o gasolio, per mantenere le superfici ghiacciate e livellate; ecc.

ANIDRIDE SOLFOROSA (SO_2)

L'anidride solforosa è un gas incolore, dall'odore pungente che si forma per combustione di materiali che contengono zolfo (kerosene, oli combustibili, alcuni gas), capaci di legarsi alle mucose umide trasformandosi in acido solforico. Le principali fonti derivano dal traffico automobilistico, industrie, stufe a kerosene, ecc.

1.2.2. Composti organici volatili (VOCs)

I composti organici volatili (VOCs) sono composti chimici di varia natura: idrocarburi alifatici, aromatici, aldeidi, terpeni, olefine, alcoli, esteri, chetoni, alcani e cicloalcani. È interessante notare che nell'aria interna ne sono stati identificati ben oltre 300; sono da 2 a 10 volte più concentrati all'interno che all'esterno, normalmente inferiori a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (complessivamente considerati). Si è osservato che i composti alifatici e aromatici prevalgono negli edifici di nuova costruzione, mentre i composti alogenati prevalgono negli edifici di vecchia costruzione.

Fonti principali:

- materiali da costruzione come adesivi, vernici, impregnanti, resine, pannelli, compensati, truciolari, schiume isolanti poliuretatiche o con resine formaldeiche;
- tappeti, tendaggi;
- fumo di sigaretta; prodotti per la pulizia della casa;
- insetticidi, antitarme, tarmicidi;

- prodotti per il bricolage;
- evaporazione di derivati del petrolio (benzine, ecc.), processi di combustione, ecc.

I VOCs, inoltre, sono causa di anemia aplastica, effetti genotossici, leucemie, neoplasie di cute e mucose, effetto stordente (droga dei poveri) per inalazione di colle, di solventi e di vernici, ecc.

La formaldeide è la VOC più comune e pericolosa, considerata tra le dieci sostanze più cancerogene: è un'aldeide dell'acido formico, incolore, dall'odore acre, molto solubile in acqua, molto reattiva e molto usata; ha un'emivita (minore in presenza di NO₂) di 50 min e viene rapidamente fotossidata.

Nelle abitazioni è presente intorno a 0,012-1,2 µg/m³ (limite massimo 1,2 µg/m³). All'esterno, i valori sono almeno 10 volte più bassi.

La formaldeide causa irritazioni delle mucose oculari e delle vie respiratorie associate ad iperattività bronchiale e asma, ansia, ridotta memoria a breve termine, eczemi. Negli animali produce cancro al naso e faringe, ma anche del cervello e della pelle, si ipotizza che anche per l'uomo dia gli stessi effetti.

Questo nocivo componente proviene da adesivi, vernici, impregnanti, resine sintetiche, disinfettanti, deodoranti, detergenti, cosmetici, tessuti, shampoo, indurenti per le unghie, fazzoletti struccanti, spray da forno, truciolari, pensili, cassettiere, disinfettanti delle vie urinarie, alcuni formaggi freschi. La bachelite, presente in giocattoli, stoviglie e bigiotteria, è una resina sintetica a base di fenolo-formaldeide, adoperata, inoltre, nella concia delle pelli e nello sviluppo delle foto, nonché riscontrabile negli abiti ingualcibili, nei deodoranti per ambienti, nella moquette, nella carta oleata, nella carta carbone, nei fogli autocopianti, nei biglietti d'aereo, in alcuni pennarelli, nel fumo di sigaretta (4-6 sigarette in 1h possono far superare i valori limite).

1.2.3. Metalli tossici

Tra i metalli tossici più diffusi si distinguono principalmente il piombo e in cadmio; altri metalli tossici sono:

- mercurio;
- alluminio;
- nichel;
- arsenico, ecc.

PIOMBO

Questo metallo molto diffuso è annoverato tra le principali neurotossine. Proviene principalmente da:

- vernici e altri prodotti di finitura (in Italia usato fino al 1986 nelle pitture murali);
- materiali plastici in PVC;
- scarichi delle auto, polveri (strofinare bene le scarpe su uno zerbino, prima di entrare in casa, ne riduce di 6 volte la presenza);
- pesticidi, ecc.

CADMIO

La presenza del cadmio è in forte aumento nei paesi industrializzati; è un metallo cancerogeno presente nelle pitture domestiche fino a qualche anno fa; in alcuni casi è stato sostituito con il biossido di titanio, non meno pericoloso. I parametri principali di cui servirsi per una considerazione bioecologica dei materiali da costruzione a seconda delle caratteristiche primarie di valutazione sono riassumibili in cinque categorie che a loro volta prevedono altri parametri più specifici³:

- ecologia:
 - dispendio energetico;
 - disponibilità;
 - riciclabilità;
 - origine delle risorse (fossile, materie prime rinnovabili).
- biologia umana:
 - radioattività;
 - esalazione di gas;
 - produzione di polveri fini;
 - tossicità;
 - azione sul clima.
- storia:
 - origine;
 - processo di estrazione;
 - processo di produzione.

³ Concerned People e H. Struhl & Partner, *Studio di progettazione e di architettura Vienna/Braunschweig*, 1994.

- azione sui sensi:
 - finitura superficiale;
 - colore/estetica;
 - odore.
- criteri fisico-chimici:
 - peso reazione al calore;
 - reazione all'umidità;
 - capacità di assorbimento;
 - comportamento statico;
 - comportamento elettromagnetico.

Nell'ambito della biologia umana, sono riportati i parametri dannosi per la salute; relativamente alla storia, invece, i parametri di origine dei materiali da prediligere (ad esempio, è bene privilegiare un materiale di produzione locale per la costruzione anziché un materiale importato); per quanto concerne i parametri relativi all'azione sui sensi, si riportano quelli maggiormente incidenti (ad esempio la superficie grezza o lucida di una parete o di un pavimento); infine, tra i criteri fisico-chimici che bisogna tenere presente sono riportati i parametri principali per la selezione dei materiali da costruzione.

Le tabelle 1.1.a e 1.1.b riguardano, invece, i parametri principali per la selezione dei materiali e delle tecnologie da usare per una corretta costruzione secondo i canoni della bioedilizia.

Tabella 1.1.a. La casa bioecologica: elenco dei principali materiali e tecniche di costruzione: costruzione fino al grezzo⁴

Costruzione fino al grezzo	Materiali e tecniche di costruzione
Fondamenta	Mattoni, pietra naturale, calcestruzzo magro
Murature di locali interrati	Mattoni, pietra arenaria calcarea
Murature perimetrali	Argilla, mattoni (anche porosi), arenaria calcarea, legno massiccio, strutture di sostegno in legno
Pareti interne	Come le pareti esterne. Inoltre: pannelli di gesso naturale, pannelli di truciolato di legno esenti da formaldeide e collanti tossici
Intonaco esterno	Intonaci naturali con calce idraulica come coesivo
Intonaco interno	Intonaci minerali con calce aerea come coesivo; intonaci di gesso naturale
Rivestimento esterno	Intonaci, rivestimento con tavole di legno, piastrelle di ceramica, mattoni
Finestre	Legnami autoctoni, vetro incolore in lastre doppie
Soffitti	Soffitti e travi in legno, soffitti in piastrelle di cotto
Scale	Dentro legno, fuori pietra
Isolamento tetto (tetto piano)	Nessun consiglio. Preferibilmente tetti inclinati
Coperture tetto (spiovente)	Tegole di terracotta, scandole, paglia, canne
Pavimento	Nessun consiglio. Sostituito da assito su travetti di legno

⁴ Concerned People e H. Struhl & Partner, *Studio di progettazione e di architettura Vienna/Braunschweig*, 1994.

Tabella 1.1.b. La casa bioecologica: elenco dei principali materiali e tecniche di costruzione: finiture⁵

Finiture	Materiali e tecniche di costruzione
Finitura del pavimento	Tavole, parquet, linoleum, sughero, tappeti di fibre naturali come sisal, cocco, lana
Pareti interne e rivestimento soffitti	Legno, tessuti naturali, piastrelle di ceramica, lastre di pietra naturale (roccia sedimentaria)
Materiali isolanti	Sughero, canne, fibra di cocco, lana di pecora, lastre di truciolo composto, perlite, cellulosa a lastre e a fiocchi, silicati espansi come riempitivi
Vernici	Bianco di calce, vernici al silicato, colori alla caseina, colori a tempera, dispersioni senza solventi chimici, con resine naturali, cere e oli naturali
Protezione del legno	Composti di borace (ufficialmente autorizzati), acido pirolegnoso (non autorizzato)
Tappezzerie	Carta da parati in carta riciclata con aggreganti o trattamenti naturali, fibre ruvide, tappezzeria in tessuto, fibre vegetali, midollino, sughero, pelle senza additivi sintetici o trattamenti di superficie
Collanti	Colle, colle di saturazioni, dispersioni senza solventi chimici

⁵ Ibidem.