



Università degli  
Studi di Catania



Facoltà di Architettura  
di Siracusa



arp Dipartimento di Analisi  
Rappresentazione e Progetto

**Dottorato di ricerca in Tecnologia dell'Architettura**

**Coordinatore: prof. arch. Carlo Truppi**

**XXIII ciclo 2007-2010**

**PRINCIPI E ORIENTAMENTI PER LA PROGETTAZIONE  
DI EDILIZIA RESIDENZIALE ECOCOMPATIBILE  
*RIFLESSIONI PER LE AREE MEDITERRANEE***

**Sofia Berritta**

**Tutor: prof. arch. Francesca Castagneto**

**2007-2010**



*Ai miei figli, ai miei familiari e agli amici che mi  
sono stati accanto in questi anni aiutandomi e  
sostenendomi nei momenti di sconforto.  
A mia madre*

<i>Sinossi</i> .....	I
<i>Abstract</i> .....	III
<i>Obiettivi e metodologia di ricerca</i> .....	IV
<b>1. Il problema della sostenibilità ambientale .....</b>	<b>1</b>
1.1 Architettura ecocompatibile: definizioni e strumenti.	2
1.2 I fattori ambientali	7
1.3 Elementi naturali e il controllo del microclima	12
1.4 Processi tecnologici e sostenibilità ambientale	16
<b>2. La normativa. Cultura e Politiche per lo sviluppo sostenibile .....</b>	<b>19</b>
2.1 Quadro normativo nazionale per il risparmio energetico.	20
2.2 Certificazione energetica e ricerca della qualità.	21
2.3 Il sistema di certificazione ambientale degli edifici in accordo con il Protocollo Itaca.	25
2.4 Normative e programmi per l'edilizia sostenibile nelle regioni italiane	27
2.4.1 La Regione Marche	27
2.4.2 La Regione Trentino	30
2.4.3 La Regione Toscana	33
2.4.4 La Regione Piemonte	35
2.4.5 La Regione Veneto	37
2.4.6 La Regione Emilia Romagna	39

2.5	Conclusioni. Interventi e azioni indispensabili per lo sviluppo di una nuova cultura del costruire.	40
<b>3.</b>	<b>Requisiti dei prodotti e la loro messa a sistema .....</b>	<b>41</b>
3.1	Materiali ed energia	42
3.2	Costruire con i materiali naturali	46
3.2.1	Le costruzioni in terra cruda	46
3.2.2	Le costruzioni in paglia	50
3.3	I prodotti per una progettazione ecocompatibile	53
3.4	Esempi	58
<b>4.</b>	<b>Tecnologie ambientali applicate all'edilizia residenziale</b>	<b>67</b>
4.1	Lettura e scomposizione delle parti che compongono il sistema edificio.	67
4.2	Classificazione dei requisiti e delle prestazioni.	73
4.3	Schematizzazione in funzione del problema affrontato in fase progettuale.	75
4.4	Esempi e casi studio.	77
<b>5.</b>	<b>Linee guida .....</b>	<b>97</b>
5.1	Linee guida per l'orientamento di un processo progettuale ecocompatibile.	97
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>101</b>
<b>GLOSSARIO .....</b>		<b>107</b>



La ricerca di efficienza energetica nel settore delle costruzioni, progressivamente accelerata dalle condizioni di crisi legate alla scarsità di combustibili fossili e all'elevato livello di inquinamento ambientale, e la ricerca di materiali e tecniche per la realizzazione di edifici progettati secondo i principi della sostenibilità e della bioedilizia, sono diventati nel corso dell'ultimo trentennio un obiettivo strategico di grandi e piccoli operatori del settore edile in sinergia con le parti politiche e amministrative attraverso leggi e normative. Il modo migliore per affrontare il progetto architettonico è quindi quello di porsi dalla parte della natura, tornando in un certo senso all'uso di un linguaggio semplice, tradizionale, sostenibile a quel "(...) *linguaggio dell'architettura sostenibile, in passato poco considerato, anzi criticato*" che sta "*diventando uno dei linguaggi perseguibili nell'architettura contemporanea, anche in virtù della maturazione di nuove e sofisticate tecnologie: la trasparenza, l'energia e i materiali innovativi*"<sup>1</sup>.

Questa tendenza si dovrebbe esplicitare poi, in modo particolare, nella preferenza di utilizzare materiali spesso ripresi dalla cultura costruttiva locale, semiartigianali, e comunque caratterizzati da processi trasformativi semplici, a partire da materie prime naturali rinnovabili e/o di disponibilità non limitata.

La ricerca, traendo spunto da queste problematiche, affronta così il tema della progettazione di edifici per la residenza secondo i principi della bioedilizia e della sostenibilità ambientale, ponendosi come obiettivo finale quello della stesura di un elenco di principi che orientino, attraverso un insieme di criteri e parametri, l'intero processo progettuale ecocompatibile, per rientrare in una progettazione accorta rispetto alle caratteristiche del clima e del territorio, legata all'esigenza di costruire edifici a basso impatto e a basso consumo energetico, dove la struttura stessa si inserisce riuscendo a diventare quel "rifugio" confortevole che l'uomo da sempre

---

<sup>1</sup> Gabriella Peretti, *Verso SITdA. Sostenibilità/Ambiente. Relazione introduttiva*, Workshop Firenze 2007, <http://www.tecnologi.net>.

ricerca. Orientare una progettazione ecocompatibile significa anche indirizzare nella scelta di prodotti e tecniche costruttive che siano in grado di garantire la “durabilità” del costruito, riuscendo a garantire un aumento dell’efficienza energetica degli edifici con ridotti consumi energetici.



The search for Energy efficiency within the construction sector, has been progressively driven by the crisis conditions due to the fossil fuel shortage and to their very high level of environmental pollution. This situation has also driven the research for new materials and technologies aimed at the construction of buildings designed according to sustainability and eco-building principles, which during the last 30 years have become a strategic target for both large scale and minor building organizations playing political and administrative roles. The best way to face any construction architectural project is to put oneself on the side of nature relying on simplicity, tradition and sustainability, (...) *the sustainability notion criticised in the past, is now becoming one of the feasible criteria in contemporary architecture, thanks to new and elaborate technology: energy conservation and use of innovative materials*<sup>2</sup>.

This logic must be preference use construction materials based on local culture, but characterised by a simple transformative process, beginning from readily available renewable natural materials.

The matter of the planning of residential buildings relying on the principles of “green building” and sustainability is addressed, by putting as the final objective the drafting of a list of principles that guide, through a set of criteria and standards, the entire eco-friendly planning process. This in order to comply with a logical choice in relation to the characteristics of the climate and the location where the end product to be constructed. To direct an eco-friendly design means to ensure in the choice of products and buildings, engineering that will be able to ensure durability to the built structure with an increase of energy efficiency and thus energy saving.

---

<sup>2</sup> Gabriella Peretti, *Verso SITdA. Sostenibilità/Ambiente. Relazione introduttiva*, Workshop Firenze 2007, <http://www.tecnologi.net>.

Questa ricerca vuole affrontare il tema della progettazione di edifici residenziali secondo i principi della bioedilizia e delle sostenibilità, ponendosi come obiettivo finale quello della stesura di un elenco di principi che orientino, attraverso un insieme di criteri e parametri, l'intero processo progettuale ecocompatibile<sup>3</sup>. Da quasi venti anni stiamo imparando a usare il termine "sostenibile"<sup>4</sup> applicandolo a molte sfere della vita dell'uomo, dall'uso delle risorse naturali al turismo, dalla produzione di energia pulita ai parchi eco-industriali<sup>5</sup> ed in particolar modo parliamo di architettura sostenibile ogni volta che si voglia progettare o realizzare un'opera riuscendo a mettere in armonia i sistemi antropici con i sistemi naturali. Uno dei principi generali di questo modo di progettare è quello di pensare l'intervento architettonico in maniera che risulti compatibile con il sistema più ampio in cui si inserisce, quello proprio della natura, instaurando un relazione dinamica tra edificio e ambiente, in cui gli elementi naturali come acqua, aria, vento, sole e vegetazione diventano essi stessi materiali dell'architettura.

In generale l'attività del costruire secondo i principi della Bioarchitettura e della sostenibilità riguarda sia la progettazione ed esecuzione di nuovi edifici, sia la riqualificazione del patrimonio esistente con specifici orientamenti di metodo, di linee guida, che seguono indicazioni che hanno come obiettivo la riduzione del consumo e la corretta gestione delle risorse

---

<sup>3</sup> Per processo progettuale ecocompatibile si intendono tutti quei meccanismi che si innescano dalla prima fase di approccio progettuale alla realizzazione del prodotto, cioè dell'edificio, che devono rispondere a determinate esigenze sia della committenza che dei produttori, per rientrare in una progettazione accorta rispetto alle caratteristiche del clima e del territorio dove si inserisce il prodotto. In seguito queste argomentazioni verranno esplicitate dettagliatamente nei capitoli 1 e 2.

<sup>4</sup> Vedi glossario.

<sup>5</sup> Da tempo si sta tentando di rivalutare le grandi aree industriali ormai dismesse trasformandole in parchi eco industriali, strutturati sui principi dell'ecologia, la cui compatibilità ambientale si fonda sull'applicazione sinergica di più strategie afferenti da ambiti disciplinari differenti. Per un approfondimento si rimanda al testo di Manuela Franco, *"I parchi eco-industriali. Verso una simbiosi tra architettura, produzione e ambiente"*, Franco Angeli Ed., Milano, 2005.

naturali disponibili<sup>6</sup>. Fra le molte esperienze progettuali emerge un'attenzione che si concentra sui diverse componenti che vengono presi in considerazione con pesi diversi e che possiamo sintetizzare nel seguente elenco:

- MATERIALI: uso di materiali prevalentemente naturali, riciclabili e privi di sostanze nocive, valutati secondo i criteri del L.C.A.;
- ENERGIA: riduzione degli sprechi: riduzione della dispersione del calore, riduzione del fabbisogno energetico<sup>7</sup>; produzione di energia necessaria per il riscaldamento e il raffrescamento deve avvenire attraverso l'uso di fonti rinnovabili: impiego di tecnologie solari, di tipo attivo e passivo<sup>8</sup>;
- ACQUA: riduzione dei consumi: recupero dell'acqua piovana per i servizi igienici, per l'irrigazione dei giardini e fitodepurazione;
- RIFIUTI: corretta gestione del ciclo dei rifiuti per il controllo dell'inquinamento del suolo; incentivazione di raccolta differenziata e utilizzazione del compost, produzione di bio-gas;
- VEGETAZIONE: uso del tetto verde per il controllo del microclima; auto produzione di vegetali attraverso l'attività agricola.

All'interno dell'Agenda della Ricerca Strategica per il Settore Europeo delle Costruzioni (l'ECTP - *European Construction Technology Platform*) si rafforza il concetto di voler educare l'utente verso una concezione ecologica e sostenibile ed a ottenere un industria delle costruzioni in grado

---

<sup>6</sup> Queste disposizioni si ritrovano all'interno dell'agenda della Ricerca Strategica per il Settore Europeo della Costruzioni, la E.C.T.P *European Construction Technology Platform*, che si pone l'obiettivo della riduzione di ¼ delle emissioni di CO<sub>2</sub> e la riduzione del consumo di risorse naturali (energia, Acqua, materiali), attraverso azioni mirate, con scadenza nel 2030. Stesso obiettivo, ma con metodi e strumenti differenti è perseguito da CasaClima, ente della provincia di Bolzano, che da anni lavora per rendere più confortevole, efficiente e sostenibile le case e gli edifici pubblici di nuova costruzione. Entrambi questi aspetti verranno meglio approfonditi nel capitolo 4 che si soffermerà sull'aspetto normativo e culturale del risparmio energetico.

<sup>7</sup> Ancora oggi il nostro Paese continua ad avere un'elevata dipendenza dall'estero per gli approvvigionamenti energetici, superiore all'80% su un fabbisogno complessivo di energia primaria che si aggira intorno a 200 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio. Il contributo delle fonti rinnovabili al bilancio energetico nazionale si aggira intorno al 7%.

<sup>8</sup> Durante il convegno svoltosi a Siracusa nel novembre del 2008 con tema " La gestione energetica del patrimonio edilizio degli Enti Pubblici" a conclusione del lavoro del Laboratorio di ricerca per il recupero e la manutenzione edilizia ed urbana, MANURBA, si è sottolineato il concetto che riuscire a ridurre le dispersioni termiche di un fabbricato significa arrivare a ridurre anche del 40% il fabbisogno energetico del fabbricato stesso durante il periodo invernale; ciò vuol dire che per rendere la propria casa sostenibile non occorre necessariamente ricorrere all'installazione di sistemi di produzione di energia alternativa, basta portare a livelli più sostenibili i consumi.

di soddisfare il cliente-utente oramai educato, orientando le ricerche attraverso orientamenti, modi e metodi di ricerca al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati della VISION 2023:

#### OBIETTIVI delle Ricerche

- Soddisfare le esigenze dei clienti-utenti
- Diventare sostenibile

#### SCOPO delle Ricerche

- Processo, prodotto, infrastrutture, patrimonio culturale, pericoli e sostenibilità sociale, allo scopo di soddisfare i requisiti dei clienti-utenti;
- Interazione tra ambiente edificato e naturale, oltre all'interazione tra ambiente edificato e cittadini, senza discriminazioni, insieme alla produzione ed al miglioramento di edifici ed infrastrutture per arrivare alla sostenibilità.

Questa ricerca si muove all'interno della seconda macro area ed ha come scopo principale quello di orientare, attraverso un insieme di criteri e parametri, l'intero processo progettuale che conduce alla progettazione di edifici residenziali ecocompatibili, ma con delle ricadute all'interno della prima in quanto strumento per la normazione del processo progettuale.

Il processo di approccio alla progettazione, sia che riguardi edilizia privata o edilizia pubblica di tipo complesso, non può essere più considerata di tipo lineare<sup>9</sup>, bensì una sintesi di varie fasi a differente scala che partendo da una frammentazione (scomposizione) dell'iter sulla base di specifici problemi tecnici, giunge a ricomporre un elemento unitario. Lo sviluppo delle tecniche e dei processi, il contributo della ricerca, il tema del trasferimento delle tecnologie, sono fattori che hanno messo in luce la necessità di sviluppare un fare progettuale di tipo pluridisciplinare. A tale proposito il prof. Andreatta, in occasione dell'incontro tenutosi a Torino per OSDOTTA '08, sottolinea come la globalizzazione abbia rivoluzionato i due parametri principali sui quali in passato si è costruito tutto: il *tempo* e lo *spazio*, facendo sì che *“lo spazio diventa sempre più grande mentre il tempo tende a zero”*.

Si è scelto di affrontare principalmente la progettazione di edilizia per la residenza perché il problema dell'abitare tocca ognuno di noi, di conseguenza l'edilizia residenziale è sicuramente quella più diffusa ed è

---

<sup>9</sup> La progettazione di tipo lineare prevede una organizzazione del lavoro che fissa a priori quali devono essere gli step e i risultati da raggiungere durante le varie fasi della progettazione prima e dell'esecuzione poi; questa continuità era possibile per il fatto che la progettualità era individuale. Al contrario oggi la progettazione si inserisce in un sistema che deve rispondere a esigenze d'utenza e di complessità tecniche diverse, dove è necessaria la completa collaborazione di diverse figure professionali che, come in un team, apportano la loro esperienza, dove il processo progettuale non sarà più di tipo lineare ma che procede per andata e verifica dei risultati.

anche quella che ha bisogno di un radicale rinnovo per potersi adattare anche ai continui cambiamenti del modo dell'abitare<sup>10</sup>. Il tema delle abitazioni a basso impatto e a basso consumo energetico negli ultimi anni ha influenzato molto la ricerca modificando persino le strategie progettuali e di conseguenza anche i processi produttivi dei materiali edili<sup>11</sup>.

In una prima fase verranno indagati e studiati alcuni ambiti inerenti la progettazione sostenibile<sup>12</sup> necessari a introdurre i temi che saranno sviluppati durante la ricerca; in particolare ci si soffermerà sul:

- problema della **sostenibilità ambientale**, partendo dalle definizioni di: *sostenibilità, ecosostenibile, ecocompatibile, bioarchitettura*<sup>13</sup>;
- si analizzeranno le caratteristiche dell'**edilizia ecocompatibile**, producendo una schedatura di interventi già realizzati;

Nella fase successiva, invece, sarà fondamentale la scomposizione del "sistema" edificio, secondo la logica Requisiti - Prestazioni<sup>14</sup>, mettendo a paragone i casi selezionati in funzione degli obiettivi preposti e delle tecniche adottate.

Si approfondiranno tra l'altro:

---

<sup>10</sup> Il progetto "è un processo di elaborazione teorica e metodologica che precede l'esecuzione di un'opera architettonica" (definizione in L'UNIVERSALE della Garzanti) e poiché proprio in architettura la progettazione assume una dimensione anche estetica, "i suoi metodi e i suoi fini hanno subito nel tempo l'influenza delle diverse concezioni" riuscendo sempre a dare delle risposte attuali alle esigenze di quel determinato periodo.

<sup>11</sup> L'introduzione di un modello abitativo, ispirato ai principi della sostenibilità, comporta non solo il rispetto di alcune indicazioni specifiche ma anche una consistente trasformazione dei processi e dei sistemi costruttivi, delle tipologie edilizie e della configurazione linguistica che richiede una enorme volontà di rinnovamento. "Una più ampia e appropriata revisione degli insediamenti residenziali, i chiave di sostenibilità ambientale, dovrebbe quindi affrontare problemi ampi e complessi, attraverso il riesame di alcune questioni ambientali, fra cui emergono:

- rapporto fra tipologie edilizie e densità abitativa;
- rapporto fra insediamento residenziale e contesto;
- rapporto fra modelli abitativi e nuove esigenze dell'utenza;
- rapporto fra obiettivi di sostenibilità e strategia della certificazione." (da: V. Gangemi, "Processi e strategie per la realizzazione dell'edilizia residenziale pubblica ecocompatibile", in: A. Passaro (a cura di), "Edilizia residenziale pubblica ecocompatibile.", Università degli Studi di Napoli Federico II, Atti 2002, Luciano Ed.).

<sup>12</sup> La sostenibilità in architettura affida in modo prevalente alla struttura, alla conformazione fisica dell'edificio, al suo orientamento ed al contesto climatico in cui viene realizzato, il compito di captare o rinviare le radiazioni solari sfruttando il microclima locale per una gestione consapevole delle risorse ambientali e una corretta progettazione sostenibile del territorio antropizzato.

<sup>13</sup> Per le definizioni si rimanda al glossario.

<sup>14</sup> "Sistema Tecnologico e Sistema Ambientale intervengono nella caratterizzazione dei parametri atti a definire il complesso di relazioni tra requisiti e prestazioni del benessere. (...) la lettura di tali fenomeni indirizza opportunamente l'utente ad una consapevolezza dello specifico problema di comfort che configura il modello di comportamento dell'unità ambientale." (da: D. Francese, V. Fiore, "Il ruolo delle prestazioni ambientali per il processo manutentivo dell'edilizia residenziale", in: A. Passaro (a cura di), "Edilizia residenziale pubblica ecocompatibile.", Università degli Studi di Napoli Federico II, Atti 2002, Luciano Ed.).

- le tecnologie applicate all'**edilizia residenziale** ed i requisiti dei prodotti da mettere a sistema;
- lo studio delle **normative** in atto;

per arrivare in fine alla stesura di un elenco di principi e orientamenti quale programma di intervento per la progettazione e gestione della nuova edilizia residenziale in chiave eco sistemica.

A livello metodologico la ricerca viene suddivisa secondo uno schema che riassume i processi, i metodi e gli strumenti calati all'interno delle ricadute delle stesse; lo schema finale (figura 1) è il risultato del tavolo che a OSDOTTA 2008 si è occupato di "*Innovazione di Processo. Metodi e strumenti di progetto*".

Nello specifico la mia ricerca ricade all'interno del "livello preliminare" di progettazione:

PROCESSI		METODOLOGIE		STRUMENTI	
		<i>Ex ante</i>	<i>In itinere</i>	<i>Ex ante</i>	<i>In itinere</i>
LIVELLI DI PROGETTAZIONE	Preliminare	Desk research		>Normative >Casi studio >Schede valutative	
		Studio analitico/ comparativo	Studio analitico/ comparativo	>Casi studio >Schede valutative >Normative di riferimento >Albero problemi/obiettivi >Schede raccolta dati	>Verifica schede valutative
			Indagine diretta		>Casi studio >Questionari >Interviste >Schede raccolta dati

Nella scheda vengono messi in relazione, suddivisi per fase operativa, i metodi per la raccolta dati e studio introduttivo del problema, con i relativi strumenti.

La ricerca e lo studio di interventi progettuali in chiave eco sistemica permette di intercettare le trasformazioni in atto nei processi produttivi di edilizia sostenibile, in funzione anche dei modi e delle forme d'uso di questi contenitori, nonché le strategie progettuali adottate, trasferendo tutte le informazioni raccolte in apposite schede classificate in funzione della destinazione d'uso. Questo ragionamento introduce la scheda di lettura di esempi scelti all'interno di un panorama prevalentemente europeo che dal 2001, data della firma del protocollo di Kyoto, ad oggi rappresenta un metodo di progettazione sostenibile.

PROCESSI	METODOLOGIE			STRUMENTI			
	ex ante	in itinere	ex post	ex ante	in itinere	ex post	
BRIEF	Studio analitico/comparativo	Valutazione parametrica	Verifica dei risultati e del processo	Scheda valutativa > Normative e raccomandazioni > Casi studio > Albero problemi/obiettivi > Matrici multicriteriali > Strumenti GIS > Schede raccolte dati	> SWOT Analisys > Matrici multicriteriali	> Interviste ai fruitori > Indice di gradimento > Caso studio	
	Indagine diretta	Modellazione	Implementazione modello	> Casi studio > Albero problemi/obiettivi > Questionari > Interviste	> Indicatori > Software di simulazione spaziale	> Caso studio	
	Desk research	Indagini indirette		> Schede valutative > Normative e raccomandazioni > Casi studio > Albero problemi/obiettivi > Schede valutative > Questionari	> Matrici multicriteriali > Quadro logico > Indicatori		
	Indagine di mercato	Analisi comparativa			> Database tridimensionale > Linee guida > Indicatori > SWOT Analisys > Quadro logico		
		Osservazione sociale			> Metodo Gales court > Metodo Traces		
		Correlazioni statistiche			> Software statistici		
		Analisi funzionale			> Rilievo funzionale		
		Valutazione della fattibilità istituzionale ed ambientale			> Linee guida > Ecodesign: valutazione della sostenibilità > Quadro logico > SWOT Analisys		
		Simulazione	Individuazione caso studio		> Schede comparative	> Software di simulazione	> Schede di classificazione
		Raccolta dati	Campagna di misurazione		> Consultazione banche dati > Matrici di calcolo	> Tabele e diagrammi comparativi > Compilazione software	> Piano delle misure > Centralina multiaquisitrice > Tabele e diagrammi
LIVELLI DI PROGETT.	preliminare	Analisi delle incidenze	Simulazione SW sviluppato	> Casi studio > Schede raccolta dati	> Schede raccolta dati > Foglio elettronico	> SW sviluppato	
		Studio analitico/ comparativo	Sovrapposizione dati		> Foglio elettronico	> Tabele e diagrammi	
	definitivo	Sviluppo di un modello di valutazione economico-ambientale	Feedback/Uscita		> Software di simulazione tra simulazione e misurazione > Schede di inventario	> Schede di comparazione tra simulazione e misurazione	
			Verifica dei risultati e del processo			> Foglio elettronico > Matrice multicriteriale > Diagrammi di flusso	
esecutivo	Analisi dei processi comunicativi	Elaborazione dati		> Normative e raccomandazioni > Schede bibliografiche	> Questionario semistrutturato	> SWOT Analisys > Analisi GAP	
		Individuazione delle esigenze informative				> Diagrammi di flusso	
PRODUZIONE							
SODDISFAZIONE							

**Figura 1.** Schema riassuntivo dei percorsi di ricerca presenti nel tavolo della sezione “Innovazione di processo”

In effetti l’approccio bioclimatico presente in molte tradizioni costruttive, e riscoperte dopo la prima crisi petrolifera degli anni ’70<sup>15</sup>, basa le scelte

<sup>15</sup> “(...) il tema della progettazione accorta rispetto alle caratteristiche del clima a alla possibilità di sfruttare le fonti naturali di energia, ha ricevuto un notevole impulso nei primi anni ’70, in seguito alla prima crisi petrolifera mondiale” periodo in cui sono stati condotti i primi studi scientifici sulle cause dell’inquinamento interno degli edifici, ricerche sviluppate negli Stati Uniti, in Inghilterra ed altri Organismi internazionali tra i quali anche l’Italia. (da U.

relative alla forma dell'edificio, al sito, all'orientamento e alla definizione spaziale sulla valutazione di alcune caratteristiche del luogo: clima, direzione di venti predominanti, conformazione del suolo, esposizione solare e vista. Un esempio molto significativo di questo metodo di approccio lo ritroviamo nel lavoro dell'Ente "Casaclima" che dal 2000<sup>16</sup> si impegna a fornire le giuste direttive per la realizzazione di case più confortevoli nel rispetto del territorio su cui ricadono. Le principali direttive sono:

- i volumi costruiti devono essere compatti, al fine di evitare la dispersione del calore, raggruppando gli ambienti in base alle funzioni si possono ottenere risparmi sia di riscaldamento sia d'illuminazione;
- valori di trasmittanza termica **U** molto bassi.

Le direttive quindi guidano e orientano la progettazione ponendo come dato base la regione climatica di insediamento; sarà necessario partire da questo sistema già consolidato, raccogliendo e analizzando i dati di riferimento, trasportandoli nella nostra regione climatica e verificando poi se sono parametri universali o se sarà necessario riformularli.<sup>17</sup>

Obiettivo fondamentale è quindi quello di riuscire a sviluppare una sensibilità rispetto alle caratteristiche dei luoghi dove le nostre architetture dovranno inserirsi e di dare un strumento che sia un valido supporto per la progettazione, la gestione e il controllo del progetto in fase di:

- progetto (preliminare, definitivo, esecutivo)
- costruzione (produzione dei materiali, cantiere)
- uso (controllo in fase di gestione)

come un Codice di Pratica quindi ci si pone l'obiettivo di trasferire all'interno della logica Esigenze-Prestazioni i fattori che nel loro insieme definiscono la sostenibilità e di individuare e definire puntualmente i requisiti cui il progetto deve fornire adeguate soluzioni tecniche<sup>18</sup>.

---

Sasso, "La Bioarchitettura", in: A. Passaro (a cura di), "Attrezzature temporanee ecocompatibili per il turismo nelle aree costiere", Università degli studi di Napoli Federico II, Atti 2005, Luciano Ed.)

<sup>16</sup> Nell'anno 2000 l'Assessore Laimer si fece portavoce politico delle idee nate all'interno del suo dipartimento, in merito al contenimento delle spese di riscaldamento negli edifici e alla riduzione degli sprechi, facendo in modo che da questa iniziativa prendesse avvio il progetto CasaClima.

<sup>17</sup> Questa fase verrà approfondita nei capitoli successivi.

<sup>18</sup>La definizione di "Codice di Pratica" è tratta da: Francesca Castagneto, *Un codice di pratica per la progettazione di attrezzature balneari ecocompatibili*, in: Antonio Passaro, a cura di, *Attrezzature temporanee ecocompatibili per il turismo nelle aree costiere*, Atti 2005, Luciano Ed., Napoli, 2005





*“Per la gestione delle risorse ci sono due ovvi principi di sviluppo sostenibile. Il primo è che la velocità del prelievo dovrebbe essere pari alla velocità di rigenerazione (rendimento sostenibile). Il secondo, che la velocità di produzione dei rifiuti dovrebbe essere uguale alle capacità naturali di assorbimento da parte degli ecosistemi in cui i rifiuti vengono emessi. La capacità di rigenerazione e di assorbimento debbono essere trattate come capitale naturale, e il fallimento nel mantenere queste capacità deve essere considerato come consumo di capitale e perciò non sostenibile”.* Così afferma Herman Daly, uno dei padri fondatori dello sviluppo sostenibile, quando definisce i due principi guida per la realizzazione della sostenibilità<sup>19</sup>.

D'altra parte oggi la parola *sostenibilità* è entrata con prepotenza nel nostro vocabolario quotidiano, le sono state riconosciute tre ambiti di interesse: etico, sociale e tecnico, ed è diventato un concetto comune per cui la sostenibilità riguarda il nostro modo di vivere e quindi la nostra etica e i nostri obiettivi personali.

Essendo l'architettura una materia interdisciplinare, è direttamente investita da questa ondata e subisce il conflitto tra le varie sfaccettature di questo concetto. Di fronte a questo scenario il primo passo di questa ricerca è quello di elencare le definizioni e i concetti sottesi da termini che di volta in volta denotano approcci specifici al fare architettura. Architettura bio-climatica, sostenibile, eco-compatibile, sono termini che di fatto hanno come obiettivo comune quello di realizzare edifici in grado di migliorare le condizioni di vita degli utenti finali, oltre che dell'ambiente e della comunità circostante.

---

<sup>19</sup> Nel 1991 Herman E. Daly, economista presso la Banca mondiale, ricondusse lo sviluppo sostenibile a tre condizioni generali concernenti l'uso delle risorse naturali da parte dell'uomo: 1) Il tasso di utilizzazione delle risorse non rinnovabili non deve essere superiore al loro tasso di rigenerazione; 2) L'immissione di sostanze inquinanti e di scorie nell'ambiente non deve superare la capacità di carico dell'ambiente stesso; 3) Lo stock di risorse non rinnovabili deve restare costante nel tempo.

## 1.1 ARCHITETTURA ECOCOMPATIBILE: DEFINIZIONI E STRUMENTI

La qualità formale dell'architettura deve essere il frutto della cultura, della civiltà, della sensibilità individuale e collettiva, deve essere in grado ricucire l'antica alleanza tra gli abitanti e la loro casa, con una serie di relazioni che, secondo i principi dell'architettura sostenibile, sappia riscoprire con rinnovata sensibilità la continuità con la storia, le tradizioni e il paesaggio, attraverso le nuove consapevolezze delle eco sostenibilità e della biocompatibilità. Ugo Sasso<sup>20</sup> diceva che *“il vero concetto di sostenibilità del costruire è quello secondo cui il progetto ecologico non deve esaurirsi nell'edificio eco-sostenibile, ma deve essere al centro dell'uomo e quindi la qualità della vita della persona che vi andrà ad abitare, la sua appartenenza al luogo geografico e sociale, la salvaguardia del suo mondo di relazioni stratificatosi attraverso il tempo nelle città e nei paesi”*.

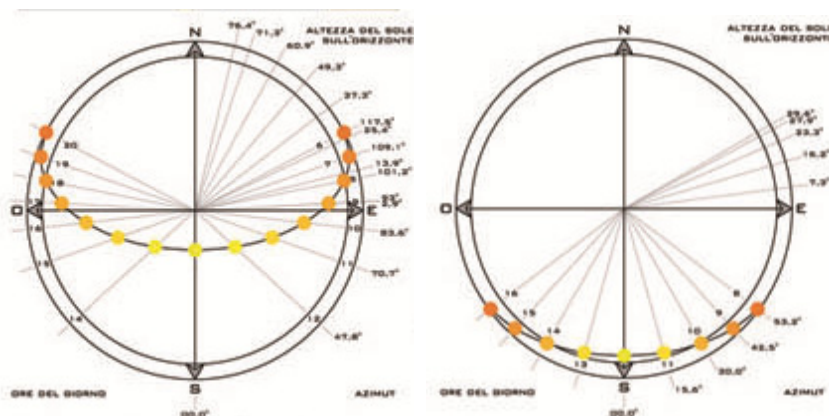
Il merito di questo ritrovato approccio “naturale” alla progettazione architettonica è quello di aver spostato l'attenzione dall'oggetto costruito dall'uomo, ponendo l'accento soprattutto sulle condizioni di benessere fisico, ma anche psichico della persona e del suo rapporto con l'edificio<sup>21</sup> e i luoghi in cui si insedia, reinterpretando così forma e disposizione degli spazi in funzione della luce naturale, dei colori e dei materiali, riscoprendo nuovi simboli e significati. Si riscopre dunque che progettare l'architettura nella sua essenza è, secondo Paolo Rava, progettare pensando al volume, pensando al materiale, pensando all'orientamento, pensando al calore insito nel materiale, significa progettare non solo attraverso lo studio della pianta ma verificando lungo la sezione se si sta utilizzando al meglio l'apporto solare. *“Le prime misurazioni che dobbiamo fare per pensare al progetto non sono soltanto elementi geometrici (lunghezze, larghezze e distanze o superfici), ma comprendono anche l'arcata del sole, la definizione del vento, l'elenco delle essenze attorno e la comprensione dei volumi che possono ostruire la possibilità di acquisire energia solare e definire tutti gli elementi del contorno”*<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup> Fondatore nel 1991 dell'Istituto Nazionale di Bioarchitettura.

<sup>21</sup> È importante ricordare che tanto l'abitazione quanto gli ambienti di lavoro, studio e incontro devono essere considerati alla stessa stregua poiché sono tutti luoghi vissuti dall'uomo.

<sup>22</sup> Dall'abstract degli Atti del Convegno svoltosi a Latina il 25 febbraio 2008: *Il progetto sostenibile: soluzioni tecniche per l'applicazione dei requisiti richiesti per gli interventi di bioedilizia*. Paolo Rava è docente universitario presso la Facoltà di Architettura di Ferrara.



**Figura 1.** Esempio di Carta del sole  
Siracusa, 37°, solstizio d'estate e d'inverno  
Tesi di Laurea di Salvatore Magnano, *Recupero e compatibilità ambientale. La corte grande in Ortigia*, a.a. 2005-2006

Progettare e costruire ecocompatibile secondo i principi di sostenibilità significa porre la dovuta attenzione al tema delle risorse ambientali, alle questioni relative alla salute, alle questioni del rendimento energetico degli edifici al controllo delle tecnologie e dei processi costruttivi, avendo come obiettivo finale la vivibilità di un ambiente che discende direttamente dai livelli di prestazioni ambientali all'interno degli spazi di ogni edificio e dipende strettamente dai caratteri tecnici e configurativi dell'architettura stessa. La conoscenza quindi dei dati ambientali, quali:

- umidità relativa
- piovosità
- velocità e direzione del vento
- temperatura dell'aria
- percentuale di radiazione

può aiutare nella comprensione dello sviluppo dello spazio e del volume che si va a costruire, indirizzando le idee progettuali verso una ricerca di vivibilità e di comfort termico<sup>23</sup>.

L'aggettivo *ecocompatibile*<sup>24</sup>, *strettamente legato al concetto di sviluppo sostenibile*,<sup>25</sup> chiama in causa la responsabilità che l'uomo ha verso l'ambiente, obbligandolo a confrontarsi quotidianamente con le conseguenze delle sue scelte e le ricadute delle sue azioni con il contesto che lo circonda. In architettura possiamo riferirlo ai processi o ai prodotti che hanno la capacità di integrarsi con l'ambiente in cui si inseriscono, che

<sup>23</sup> Significa progettare ambienti, interni o esterni, in cui l'utente provi sempre una costante sensazione di benessere, nelle diverse stagioni, limitando al massimo le misure che l'organismo adotta naturalmente (sudorazione o tremolio) per compensare eventuali sbilanci tra perdite e guadagni termici rispetto alle condizioni al suo esterno. Cfr. A. Giachetta, A. Magliocco, 2007.

<sup>24</sup> Per una più approfondita definizione del termine *ecocompatibile* si rimanda al glossario.

<sup>25</sup> Che ricordiamo è stato introdotto nel 1987 dal Rapporto Brundtland.

è l'ambiente in cui vive e opera l'uomo, ed in generale con l'ecosistema circostante. Quello che è cambiato rispetto all'approccio tradizionale, quello cioè maggiormente diffuso, è il concetto di *Ambiente*, inteso fino agli anni '80 solo come coincidente con il dato di natura, che si estende fino al "sistema di interazioni strutturali tra un soggetto e il suo spazio di pertinenza".

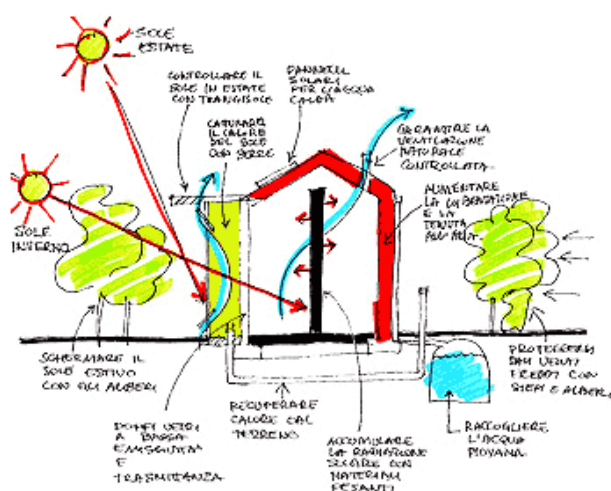


Figura 2. Sintesi dei criteri di progetto

La progettazione ecocompatibile dell'ambiente costruito ha quindi l'obbligo di promuovere uno sviluppo sostenibile in relazione ai tre grandi ambiti di riferimento economico, ambientale e sociale, in grado di perseguire un ridotto consumo delle risorse ambientali pur garantendo un elevato standard qualitativo delle costruzioni, controllando i livelli di emissioni.

Tali obiettivi possono essere perseguiti ai diversi livelli della pianificazione urbanistica, del progetto architettonico, della costruzione e manutenzione dei fabbricati e nella scelta ed impiego di materiali di costruzione idonei a tal fine per caratteristiche e prestazioni. Pur nella diversità degli approcci possibili le tendenze emergenti e più consapevoli sono rivolte soprattutto ad ottimizzare l'efficienza energetica degli edifici, a diminuire lo sfruttamento delle risorse naturali ricorrendo maggiormente alle risorse rinnovabili e riciclabili, ad utilizzare materiali, prodotti e componenti con caratteristiche ecocompatibili.

Si tratta sostanzialmente di ripensare il progetto, i processi edilizi e il costruito in modo da controllare e minimizzare l'impatto sull'ambiente e sulla salute. È un approccio che comporta valutazioni e analisi in funzione dell'intero ciclo di vita di un edificio volto a migliorarne la performance ambientale prendendo in considerazione processi normalmente trascurati nell'ambito della progettazione, da quelli legati alla produzione e messa in

opera dei materiali utilizzati, a quelli riguardanti l'uso e la manutenzione dell'edificio fino a quelli relativi alla demolizione e/o decostruzione dello stesso.



Figura 3. L.C.A

La seguente tabella mostra quali sono i principali obiettivi che si pone una progettazione ecocompatibile e le possibili soluzioni adottabili già in fase metaprogettuale; i dati sono stati tratti dalla lettura e dalla scomposizione dei diversi progetti presi ad esempio durante il periodo di studio.

OBIETTIVI DI PROGETTO	SOLUZIONI	
1. RIDUZIONE DEI CONSUMI DI RISORSE:  ENERGIA ACQUA SUOLO MATERIALI	- sfruttamento dei apporti solari passivi	- serre - muri interni da accumulo - disposizione degli ambienti in funzione delle attività che si svolgono durante le diverse ore del giorno
	- corretto orientamento degli edifici	- rotazione dell'edificio secondo l'asse est-ovest - parti aggettanti indipendenti - adeguamento dell'ombreggiamento per le varie aperture in funzione dell'orientamento
	- riduzione delle dispersioni termiche	- riduzione delle aperture sul fronte nord - maggiore isolamento al terreno - aumento dello spessore delle murature - aumento dell'isolamento termico dell'involucro - vetro camera e infissi a taglio termico - eliminazione ponti termici - tetto verde
	- recupero acque piovane - riduzione degli sprechi	- pavimentazioni permeabili - canalizzazione in vasche di raccolta per il riuso - sistemi di controllo
	- uso di materiali naturali con un ridotto impatto ambientale nell'intero ciclo di vita - uso di materiali riciclabili	- MURATURE: laterizio, paglia, terra cruda, blocchi di silicato di calcio, ecc - TETTI: legno, alluminio - PAVIMENTAZIONI: cotto, legno, marmette di cemento - ISOLANTI: lana di roccia, sughero,

PRINCIPI E ORIENTAMENTI PER LA PROGETTAZIONE DI EDILIZIA RESIDENZIALE ECOCOMPATIBILE. RIFLESSIONI PER LE AREE MEDITERRANEE

		terra, fibre di cocco, ecc
	- elementi terminali impianto di riscaldamento che lavorano con acqua a basse temperature	- pavimenti radianti - battiscopa radianti - pannelli radianti - ventilconvettori
	- apparecchiature a ridotto consumo energetico	- elettrodomestici a basso consumo di energia ed acqua - sorgenti luminose a bassa emissione di calore
2. PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI	- sfruttamento dell'energia solare attiva <sup>26</sup>	- coperture con collettori solari - pannelli fotovoltaici - rete di distribuzione elettrica solare - uso di colori con elevato albedo <sup>27</sup> - adeguato dimensionamento degli infissi
	- impianti sostenibili	- impianto di Biogas (utilizzato come gas per la cucina) - termo stufe a legna o pellet - pompe di calore - impianti di cogenerazione e micro cogenerazione - mini-eolico - sistema di domotica per il controllo e la gestione integrata degli impianti
	- produzione di Biomassa erbacea e legnosa	- digestori
3. MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	- riduzione dei mezzi privati di trasporto	- aumento del trasporto pubblico - densa trama di percorsi pedonali e ciclabili - parcheggi sotterranei e/o in aree perimetrali all'abitato - mezzi elettrici o ad idrogeno - coesistenza tra luoghi di lavoro e residenze
	- riduzione radiazioni e campi elettromagnetici	- materiali naturali e atossici - minimizzare gli impianti
4. MIGLIORAMENTO DEL COMFORT	- sfruttamento della luce naturale	- corretta distribuzione degli ambienti - corretto posizionamento delle aperture per sfruttamento luce naturale - pannelli per il controllo dell'illuminazione all'interno degli ambienti
	- ventilazione naturale	- ventilazione meccanica con recupero di calore - camini di ventilazione - maggiore ariosità degli ambienti - corretto dimensionamento delle aperture per la ventilazione naturale
	- controllo dell'umidità relativa	- riduzione dei ponti termici - sistemi automatici di ricambio dell'aria - uso di materiali igroscopici <sup>28</sup>

<sup>26</sup> Quando si ha integrazione tra involucro ed elementi attivi o funzionalizzati tesi a generare energia dal soleggiamento, sottraendola alle facciate, il vantaggio consiste da un lato nell'utilizzare una sorgente naturale per la produzione energetica e dall'altro nel sottrarre questa stessa energia al surriscaldamento degli ambienti abitati. (Fabio Conato, *Costruzioni per il benessere estivo*, in: AA.VV, *l'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile*, BolognaFiere, Bologna, 2008, pp. 130-137)

<sup>27</sup> L'albedo (dal latino albēdo, "bianchezza", da album, "bianco") di una superficie è la frazione di luce o, più in generale, di radiazione incidente che viene riflessa indietro in tutte le direzioni. Essa indica dunque il potere riflettente di una superficie. (...)L'albedo massima è 1, quando tutta la luce incidente viene riflessa. L'albedo minima è 0, quando nessuna frazione della luce viene riflessa. In termini di luce visibile, il primo caso è quello di un oggetto perfettamente bianco, l'altro di un oggetto perfettamente nero. Da Wikipedia, l'enciclopedia libera alla voce: *Albedo*.

<sup>28</sup> Un ruolo fondamentale nel controllo dell'umidità relativa (UR) lo svolgono i materiali utilizzati per rivestire gli ambienti interni; i materiali possono essere più o meno igroscopici in funzione della loro capacità di assorbire l'umidità in eccesso all'interno di un ambiente, per esempio con scarso riciclo dell'aria, per poi rilasciarla quando l'aria è troppo secca. Alcuni materiali con queste capacità sono: l'argilla, il sughero, il legno, la calce, la fibra di cellulosa

5. MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ ABITATIVA	- interazione fra zone ad alta densità e zone a bassa densità - presenza di ampie zone di verde pubblico o privato
--	---

## 1.2 I FATTORI AMBIENTALI

Nel paragrafo precedente si è accennato alla necessità di conoscere le caratteristiche e le condizioni climatiche a contorno del sito dove dovrà essere costruito l'edificio, al fine ultimo di garantire un adeguato comfort termico all'utente riducendo al minimo l'impatto ambientale che questa nuova opera ha fin dal cantiere. Ora ci si soffermerà sui fattori ambientali che influenzano le scelte progettuali, come vincoli da una parte ma anche come risorse dall'altra.

I parametri che caratterizzano un ambiente dal punto di vista termico sono:

### *La temperatura dell'aria*

è il più immediato sistema di controllo delle condizioni ambientali perché più della metà del calore corporeo è disperso per convezione nell'ambiente. L'aria non viene riscaldata direttamente dai raggi solari, ma per conduzione e convezione dalla superficie terrestre; la sua temperatura è minima prima dell'alba e raggiunge un valore massimo nelle prime ore del pomeriggio e la sua decrescita ha un andamento più lento della sua crescita. Lo studio delle temperature medie dell'aria nel corso dell'anno può servire per identificare i periodi in cui è più conveniente adottare strategie di riscaldamento o raffrescamento passivo.

### *La temperatura media radiale*

dipende dalla temperatura delle superfici che costituiscono l'ambiente considerato.

### *La velocità dell'aria*

influenza le perdite di calore dal corpo per convezione.

### *L'umidità relativa dell'aria*

è determinante soprattutto in relazione ai processi di evaporazione del corpo umano. L'umidità relativa esprime il rapporto percentuale tra l'umidità assoluta<sup>29</sup> e quantità massima che potrebbe essere presente

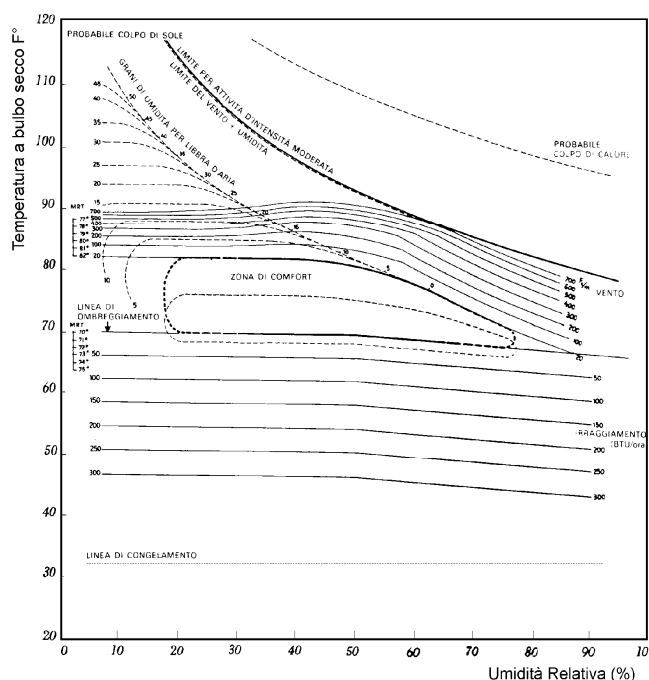
---

ed i prodotti di origine naturale. In maniera minore si possono considerare igroscopici anche i derivati del legno, i pannelli di gesso, il cemento, il laterizio e la pietra.



alla stesa temperatura in condizioni di saturazione. È quindi evidente il suo legame del valore dell'umidità con la temperatura dell'aria, ed il suo controllo è fondamentale per il raggiungimento delle condizioni di comfort termico.

Molti fisici hanno messo in relazione questi fattori inserendoli in dei diagrammi, chiamati *diagrammi di comfort*, che permettono di identificare per determinati tipi di attività le condizioni ambientali che risultano soddisfacenti per un ampio range di utenti. Uno di questi è il diagramma di Olgay<sup>30</sup>, impostato per una zona temperata degli USA. Olgay raccoglie i risultati di molte ricerche tendenti a determinare in termini numerici il concetto di benessere e li elabora in un unico diagramma definito bioclimatico, definendo il benessere come "*la situazione in cui non viene provata alcuna sensazione di disagio*". La zona di confort varia al variare delle condizioni ambientali. Sono presi in considerazione variabili ambientali (temperatura dell'aria, umidità, movimento dell'aria, calore radiante) e parametri soggettivi (attività svolta, abbigliamento, acclimatizzazione)<sup>31</sup>.



**Figura 4.** Diagramma bioclimatico per gli abitanti della zona temperata degli USA, valido per un'altezza non sup. ai 300 m e per persone con abiti da casa leggeri, intenti in attività sedentarie e acclimatati alle condizioni della località esaminata.

<sup>30</sup> L'americano Victor Olgay è stato uno dei primi autori a far rilevare l'importanza di una progettazione più attenta ai fattori climatici; la sua opera pubblicata nel 1962, *Design with Climate* (trad. it *Progettare con il clima: un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*) è stata e continua ad essere un punto di partenza per chi si appropria a studiare questo settore.

<sup>31</sup> Enrico Golfieri, Giampaolo Silvestri (Tesi di Laurea), *Progetto di residenze con l'utilizzo di sistemi solari passivi e di raffrescamento naturale ad Alfonsine (RA)*, Università degli studi di Ferrara, Facoltà di architettura, a.a 1997-98

Al centro si ha una zona di confort mentre nel resto del diagramma sono indicate le misure correttive da adottarsi per rientrare in tale condizione. La zona di confort invernale è spostata più in basso di quella estiva (bastano temperature più basse). Se il punto nel diagramma determinato attraverso la conoscenza di temperatura e umidità relativa (assumendo come costanti attività e abbigliamento) si trova al di sopra della zona di confort è necessaria una ventilazione. Nel caso però di caldo secco la ventilazione è di scarso aiuto perché lo strumento per rinfrescare in questo caso è il raffrescamento evaporativo. Si ha in sostanza bisogno di una certa quantità (indicata nel diagramma) di vapore acqueo per umidificare l'ambiente. Sempre al di sopra del diagramma sono indicati la linea limite di attività moderata al di sopra della quale non si riesce a lavorare e la linea limite al di sopra della quale è probabile il colpo di calore<sup>32</sup>.

Questi diagrammi possono essere un valido strumento per i progettisti in quanto permettono di stabilire precisi obiettivi da raggiungere in relazione ai valori ambientali di confort.

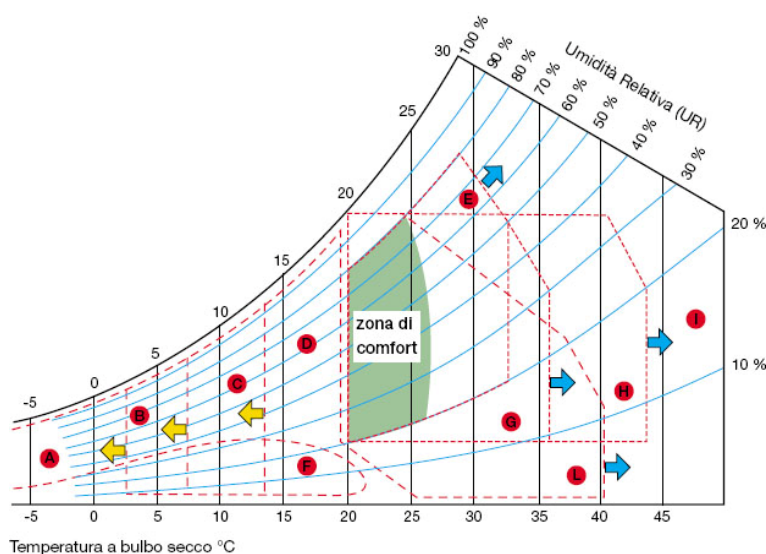


Figura 5. Diagramma Psicometrico Milne-Givoni

Nel diagramma Milne-Givoni sono indicate graficamente alcune strategie da seguire al di fuori delle condizioni di confort, dal riscaldamento con sistemi convenzionali, fino a quello solare attivo e passivo, dall'uso di masse d'accumulo per il raffrescamento alla ventilazione, fino all'impiego di macchine per il raffrescamento.

Una volta riportati nel diagramma i dati climatici della località in esame (temperatura media, minima e massima di ogni mese e umidità relativa considerata costante) si ottiene una zona di appartenenza. Le strategie possono essere così esemplificate:

<sup>32</sup> Cfr. op.cit

<i>zona di comfort</i>	non è necessaria alcuna strategia eccetto il prevenire il surriscaldamento della stagione estiva attraverso opportuni sistemi d'oscuramento;
<i>zona A</i>	<i>Riscaldamento convenzionale.</i> È indispensabile utilizzare un sistema di riscaldamento convenzionale;
<i>zona B</i>	<i>Sistemi solari attivi.</i> Il fabbisogno energetico può essere efficacemente coperto attraverso l'utilizzo di collettori solari supportati da un impianto ausiliario;
<i>zona C</i>	<i>sistemi solari passivi.</i> Il guadagno diretto, indiretto, combinato ed un'opportuna attenzione ai disperdimenti energetici per ventilazione e conduzione possono supplire ai disperdimenti energetici;
<i>zona D</i>	<i>Guadagni interni.</i> Le condizioni climatiche sono vicine a quelle di comfort per cui, se l'edificio è correttamente coibentato, sono sufficienti i guadagni interni per supplire ai disperdimenti energetici;
<i>zona E</i>	<i>Ventilazione.</i> Le condizioni di temperatura e di umidità relativa sono elevate per cui è possibile ottenere condizioni di comfort attraverso un'opportuna ventilazione. È opportuno controllare gli apporti solari;
<i>zona F</i>	<i>Umidificazione e riscaldamento.</i> Le condizioni di umidità relativa sono bassissime, mentre quelle di temperatura sono prossime alle condizioni di comfort. È necessario umidificare l'aria;
<i>zona G</i>	<i>Massa termica.</i> Le condizioni climatiche dei climi caldo secchi, che sono caratterizzati da un'elevata escursione giornaliera, possono essere sfruttate efficacemente attraverso l'utilizzo dell'inerzia termica dell'edificio ed altri sistemi passivi quali il raffrescamento radiativo;
<i>zona H</i>	<i>Massa termica e Ventilazione.</i> I climi miti, come quello mediterraneo, necessitano di un'adeguata massa, che smorzi l'onda termica incidente, ed una ventilazione notturna;
<i>zona I</i>	<i>Aria condizionata.</i> Le condizioni climatiche sono così lontane dalla condizione di comfort che è indispensabile un sistema di condizionamento;
<i>zona L</i>	<i>Raffrescamento evaporativo.</i> Le condizioni di caldo secco necessitano di sistemi di ventilazione <sup>33</sup> .

---

<sup>33</sup> ANPEL (a cura di ), "Progetto Bioclima", Ricerca scientifica, con la consulenza tecnico-scientifica dell'ing. A. Filiberti e il Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali (DISET) del Politecnico di Milano.

Il progettista, che opera secondo un approccio sostenibile e bioclimatico, deve riuscire a leggere questi dati e a riportarli all'interno del suo progetto trasformando quelli che apparentemente risultano dei vincoli in vere risorse progettuali, deve essere cioè in grado di garantire il comfort termico *“con il minor impiego possibile di energia non rinnovabile e nel rispetto dell'ambiente. Il progettista stesso dovrebbe quindi, a tal fine, disegnare edifici e spazi aperti che siano in grado di stabilire un'interfaccia tra il microclima locale e l'ambiente termico oggetto di progettazione. Così facendo egli potrà minimizzare la necessità di apporti impiantistici tradizionali (che implicano rilevanti consumi energetici e causano inquinamento), utilizzando, per il raggiungimento di opportune condizioni di comfort termico, risorse, quali il sole o il vento (per il riscaldamento ed il raffrescamento), naturalmente presenti nel sito di intervento”*<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup> A.Giachetta, A. Magliocco, 2007, p. 129.

Il dibattito culturale e le politiche che sono conseguite hanno orientato e condizionato, con i pregi ed i difetti rilevati dagli esperti di settore, la produzione normativa nell'ultimo trentennio, e sono state segnate in particolare da due eventi che hanno ridefinito il paradigma delle "crisi energetiche" denominate all'epoca come "crisi del petrolio". Il primo è la pubblicazione del rapporto Brundtland<sup>41</sup> (Our Common Future), elaborato dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED) nel quale, sottolineando come il mondo si trovi davanti ad una "sfida globale" a cui può rispondere solo mediante l'assunzione di un nuovo modello di sviluppo, viene introdotto, per la prima volta, il concetto di "sviluppo sostenibile"<sup>42</sup>, intendendo con questo "far sì che esso soddisfi i bisogni dell'attuale generazione senza compromettere la capacità di quelle future di rispondere alle loro". Il secondo risale al 1997: la firma del Protocollo di Kyoto<sup>43</sup>, con il quale i paesi industrializzati si impegnano a ridurre entro il 2012 le emissioni dei gas serra del 5,2% rispetto ai dati rilevati nel 1990. La sottoscrizione iniziale dei paesi era un atto puramente formale, soltanto la successiva ratifica dell'accordo da parte dei parlamenti nazionali formalizzava l'impegno; l'assenza degli Stati Uniti e della Russia ha penalizzato per molti anni il lancio operativo dell'accordo, rimasto a lungo tempo "sospeso". Solo dopo la ratifica della Russia (56° su 194 sottoscrittori originali) nel settembre 2004 si è superato finalmente il limite minimo previsto del 55%, dando finalmente operatività al Protocollo.

La direttiva europea sul rendimento energetico in edilizia detta norme importanti sul contenimento dei consumi di energia legati agli usi standard degli edifici:

- riscaldamento
- raffrescamento
- illuminazione

---

<sup>41</sup> Cfr. glossario.

<sup>42</sup> Definizione di *sviluppo sostenibile* nel Rapporto Brundtland.

<sup>43</sup> Cfr. glossario.

- riscaldamento dell'acqua sanitaria e di conseguenza sull'emissioni di gas climalteranti. Il nostro legislatore ha recepito la norma con un approccio esclusivamente energetico senza alcun riferimento allo stretto legame tra energia e ambiente e all'assunzione dell'energia quale fattore per la realizzazione delle politiche efficaci in tema di "sostenibilità ambientale"<sup>44</sup>.

## 2.1 QUADRO NORMATIVO NAZIONALE PER IL RISPARMIO ENERGETICO

I provvedimenti legislativi in materia di energia ed edilizia adottati in Italia sono riassunti nella tabella sottostante:

ANNO	PROVVEDIMENTO	TITOLO	NOTE
1976	L. 373 del 30 aprile	<i>Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici</i>	A seguito del primo shock petrolifero e della crisi energetica del 1973
1977	DPR 28 giugno DM 10 marzo		Decreti applicativi che fissano i limiti di potenza degli impianti di riscaldamento e la temperatura massima interna degli edifici.
1991	Legge 10 del 9 maggio	<i>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</i>	
1991	Decreto attuativo dell'art. 4 comma 4 della L.R 10/91, modificato con il DPR n. 551 del 12 dicembre		Quest'ultimo fissa il limite del Fabbisogno di energia primaria con il FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato) e le relative normative UNI per il calcolo tecnico
1993	Decreto applicativo DPR n. 412 del 26 agosto		Introduce il concetto di "sistema edificio-impianto ed il limite della potenza termica installabile
2005	Dlgs. 192/2005	<i>Attuazione della direttiva europea 2002/91/Ce</i>	Successivamente modificato e integrato con il <b>Dlgs 29 dicembre</b>

<sup>44</sup> "La certificazione energetica dell'edificio, centrata solo sui consumi energetici dell'edificio, è infatti una condizione necessaria ma non sufficiente per garantire non solo la sostenibilità ma la stessa riduzione dei consumi energetici globali. Anzi, il perseguimento della sola riduzione dei consumi del "contenuto", stimolando il ricorso a tecnologie e materiali più o meno innovativi sul "contenitore", può produrre il rischio di quello che in economia viene definito il "paradosso di Jevons", con incremento dei consumi energetici dei materiali utilizzati, nell'energia spesa per il trasporto degli stessi, per le tecnologie di costruzione, di demolizione, riuso e smaltimento" (Ivan Cicconi, Politiche e cultura del risparmio energetico, in: AA.VV, l'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile, BolognaFiere, Bologna, 2008)

	del 19 agosto	<i>relativa al rendimento energetico nell'edilizia</i>	<b>2006 n. 311</b>
<b>2006</b>	Dlgs 29 dicembre 2006 n. 311	<i>Disposizioni correttive ed integrative del Dlgs. 192/2005 recante l'attuazione della direttiva europea 2002/91/Ce</i>	Relativo al rendimento energetico degli edifici <u>Costituisce l'attuale provvedimento legislativo in ambito nazionale</u>
<b>2009</b>	Dpr 2 aprile 2009 n. 52	<i>Regolamento che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici.</i>	Emanato in attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del Dlgs 192/2005. <u>Costituisce l'attuale provvedimento legislativo in ambito nazionale</u>

Rispetto alla normativa Nazionale le Regioni possono legiferare ed integrare quanto previsto dalla Legge, attualmente hanno una propria legislazione le seguenti Regioni : Lombardia, Piemonte, Liguria, Emilia Romagna, Puglia, altre Regioni stanno per legiferare.

Nella tabella sottostante sono riportate le normative europee che

## 2.2 CERTIFICAZIONE ENERGETICA E RICERCA DELLA QUALITÀ

La certificazione energetica degli edifici è un processo finalizzato alla qualificazione e attestazione delle prestazioni e dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto. Le variabili in gioco sono: i dati ambientali del sito, l'illuminazione dell'ambiente interno e la ventilazione, il controllo climatico interno attraverso le caratteristiche termiche degli impianti. La certificazione energetica è un documento obbligatorio, sia per gli interventi di nuova edificazione sia di recupero, che viene previsto dai Decreti 192/2005 e 311/2006.

L'obiettivo principale è quello di incentivare la riduzione dei consumi energetici dovuti alla gestione dei nuovi edifici e di tutto il parco costruito del nostro paese; i valori che vengono attribuiti per ogni unità immobiliare definiscono l'attribuzione ad una classe di consumo, riuscendo così a fornire un nuovo parametro valutativo che ne determina un aumento o una diminuzione del valore, premiando gli immobili con certificazione energetica di classe superiore.

Con il decreto legislativo 19 agosto 2005 n.192, che recepisce la direttiva europea n. 2002/91/Ce, vengono stabiliti i criteri, le condizioni e le modalità da adottare per il miglioramento delle *prestazioni energetiche degli edifici* per *“favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, introducendo, inoltre, una*

*metodologia di calcolo, i requisiti della prestazione energetica per il conferimento dei consumi, nonché le modalità di esercizio e di conduzione degli impianti termici*". Nella direttiva europea il *rendimento energetico dell'edificio* è calcolato come la quantità di energia consumata con un uso standard dell'edificio. Quindi, nel calcolo è sommata anche l'energia utilizzata per il riscaldamento dell'ambiente e dell'acqua per uso igienico-sanitario, per il riscaldamento, per il raffrescamento estivo, per la ventilazione e l'illuminazione.

La *Certificazione energetica dell'edificio*, in sintesi, permette di comprendere come è stato realizzato l'edificio, il tipo di coibentazione utilizzato, e in che modo riesce a contribuire al risparmio energetico<sup>45</sup>.

Con la pubblicazione delle *Linee guida*<sup>46</sup> nazionali è stato predisposto un *modello di attestato di certificazione energetica*<sup>47</sup> al quale dovranno conformarsi le regioni, un po' meno virtuose, che non hanno ancora legiferato in materia, mentre le regioni già in possesso di strumenti locali dovranno via via favorire un graduale avvicinamento dei propri strumenti alle Linee Guida nazionali.

Vengono dati una serie di indicatori che rappresentano le prestazioni energetiche dell'edificio, immediatamente visibile tramite un grafico chiamato a "cruscotto" (in nome deriva dalla similitudine con il cruscotto di un autoveicolo). A questi indicatori viene associata una Classe Energetica, che varia dal valore "A" (massima prestazione) a "G" (minima prestazione) in relazione ad un valore di indice termico espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno<sup>48</sup>. In questo modo ogni edificio o singolo immobile viene classificato in funzione del suo fabbisogno energetico, per cui un edificio di classe "E" avrà bisogno di una potenza energetica maggiore rispetto ad uno di classe "B".

---

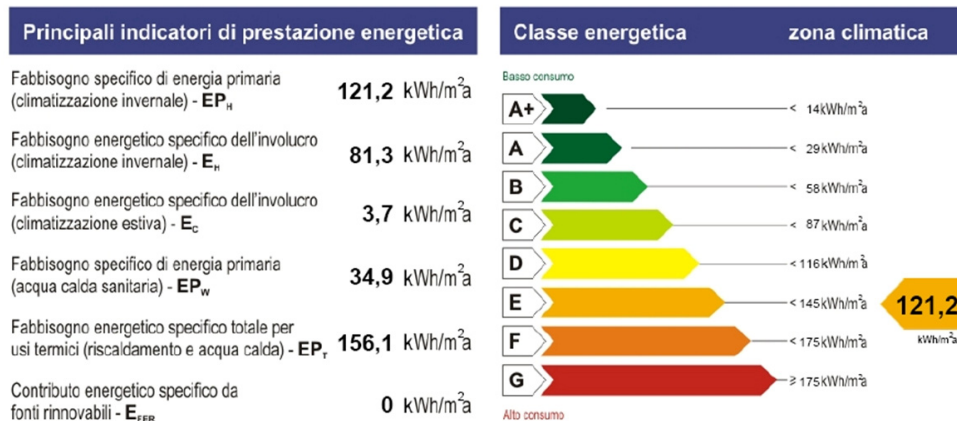
<sup>45</sup> Un ruolo fondamentale ai fini del contenimento del fabbisogno energetico viene attribuito all'*involucro edilizio*. La metodologia di calcolo si basa sulla norma UNI/TS 11300 ed è contenuta nel paragrafo 6 delle Linee Guida, consente di calcolare il rapporto tra l'energia richiesta dall'involucro per mantenere il comfort interno e la superficie calpestabile degli ambienti climatizzati, andando a definire poi un indice di qualità prestazionale.

<sup>46</sup> Le Linee guida e gli allegati sono contenuti in un provvedimento varato il 26 giugno 2009 dal Ministero dello sviluppo economico, di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

<sup>47</sup> Documento che attesta le prestazioni energetiche di un immobile o di un edificio.

<sup>48</sup> Rappresenta la classe energetica globale dell'edificio conformemente ai criteri del paragrafo 7 delle Linee Guida.





**Figura 1.** Principali indicatori di prestazione energetica e la classe energetica (on line: <http://www.effettozero.it>)

Il valore indicato, espresso in "kWh/mq anno" (indice dell'efficienza energetica degli edifici) rappresenta il fabbisogno energetico per metro quadrato in un anno necessario per il riscaldamento, per la produzione di acqua calda e per il raffrescamento estivo. Includendo inoltre il consumo energetico dell'illuminazione e degli apparecchi elettrici, si ottiene l'indice energetico complessivo.

Gli obiettivi della certificazione energetica degli edifici si possono riassumere nel:

- Definire un indicatore del consumo energetico dell'edificio nell'interesse dell'utente e per collegare il valore dell'edificio nel mercato immobiliare al suo consumo energetico;
- Rendere più trasparenti i rapporti con i fornitori di energia e di servizi energetici;
- Identificare gli edifici che necessitano di interventi di riqualificazione energetica;
- Fornire elementi per l'implementazione di interventi volti al risparmio energetico<sup>49</sup>.

Il Decreto 311/2006 definisce i requisiti che devono essere soddisfatti, sia per quanto attiene gli aspetti legati al *rendimento energetico degli impianti*, sia per quanto concerne le *prestazioni degli elementi dell'involucro opaco e trasparente* sia, infine, per quanto riguarda la *ventilazione* e il *controllo della radiazione solare*. Tale impostazione si basa altresì su una serie di requisiti, di indicatori e di prescrizioni del sistema edificio-impianto come riportati nella tabella 1.

Tralasciando gli aspetti impiantistici e focalizzando l'attenzione sugli aspetti che hanno maggiormente a che fare con la progettazione delle soluzioni costruttive è evidente che è opportuno selezionare materiali e componenti in grado di assicurare un elevato isolamento termico

<sup>49</sup> <http://www.effettozero.it/certificato.html>.

dell'involucro<sup>50</sup> e garantire un adeguato controllo dell'inerzia termica della massa superficiale delle chiusure<sup>51</sup>.

Il parametro che riassume questi requisiti è la *trasmissione limite U*, i cui valori sono caratterizzati in funzione di:

- tipo di elemento tecnico;
- zona climatica in cui è ubicato l'edificio;
- data di entrata in vigore del valore limite.

Le quattro tabelle che seguono riportano i valori limite di trasmissione termica degli elementi tecnici dell'edificio in relazione alla zona climatica di riferimento secondo il DLgs. 311/2006 .

STRUTTURE OPACHE VERTICALI		
Zona climatica	U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2008	U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2010
A	0,72	0,62
B	0,54	0,48
C	0,46	0,40
D	0,40	0,36
E	0,37	0,34
F	0,35	0,33

**Tabella 1.** Valori limite di trasmissione termica U per **strutture opache verticali**.

STRUTTURE OPACHE VERTICALI		
Zona climatica	U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2008	U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2010
A	0,42	0,38
B	0,42	0,38
C	0,42	0,38
D	0,35	0,32
E	0,32	0,30
F	0,31	0,29

**Tabella 2.** Valori limite di trasmissione termica U per **strutture opache orizzontali e inclinate**

STRUTTURE OPACHE VERTICALI		
Zona climatica	U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2008	U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2010
A	0,74	0,65
B	0,55	0,49
C	0,49	0,42
D	0,41	0,36
E	0,38	0,33

<sup>50</sup> Per una più completa trattazione vedasi il § 3.2.

<sup>51</sup> Roberto Giordano, *I prodotti per l'edilizia sostenibile. La compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio*, Sistemi Editoriali, 2010, p.40

F	0,36	0,32
---	------	------

**Tabella 3.** Valori limite di trasmittanza termica U per solai

STRUTTURE OPACHE VERTICALI		
Zona climatica	U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2008	U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2010
A	5,0	4,6
B	3,6	3,0
C	3,0	2,6
D	2,8	2,4
E	2,4	2,2
F	2,2	2,0

**Tabella 4.** Valori limite di trasmittanza termica U per strutture trasparenti comprensive degli infissi

## 2.3 IL SISTEMA DI CERTIFICAZIONE AMBIENTALE DEGLI EDIFICI IN ACCORDO CON IL PROTOCOLLO ITACA

I sistemi di valutazione ad oggi disponibili sono in grado di identificare il livello di sostenibilità energetica ed ambientale degli edifici, ma l'emissione del certificato da parte di un tecnico non garantisce l'assunzione di responsabilità. Diventa, quindi, necessario sviluppare un Sistema di Certificazione che identifichi i processi e definisca i ruoli e le responsabilità in relazione alle attività di valutazione e di certificazione fino all'emissione del certificato che attesta il livello di sostenibilità energetica e ambientale degli edifici.

Itaca, organo tecnico della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome per i contratti pubblici e la compatibilità ambientale, opera da diversi anni nel campo della sostenibilità energetica e ambientale in edilizia con un gruppo di lavoro interregionale. Su questo tavolo è stato prodotto lo strumento di valutazione denominato "Protocollo Itaca", derivato dalla metodologia di valutazione *Green Building Challenge* (GBC)<sup>52</sup>. Questo strumento consente di valutare e misurare le prestazioni e la sostenibilità energetico-ambientale in fasi differenti del ciclo di vita dell'edificio, dalla

<sup>52</sup> Green Building Challenge è uno sforzo internazionale di collaborazione per sviluppare uno strumento di costruzione di valutazione ambientale che espone e affronta gli aspetti controversi della performance dell'edificio e dal quale i paesi partecipanti possono selettivamente trarre spunti al fine di indirizzare i propri strumenti pianificatori.

progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, alla costruzione ed esercizio dell'edificio per destinazioni d'uso prevalentemente residenziali.<sup>53</sup>

Rispetto alla più comune certificazione energetica propone una più ampia valutazione di altri requisiti:

- utilizza i parametri e la normativa del Decreto 311 (come la certificazione)
- verifica della qualità ambientale indoor
- valuta la presenza di emissioni di sostanze nocive per la salute
- valuta la qualità dei materiali da costruzione
- valuta i consumi idrici
- valuta la quantità dei rifiuti
- valuta l'inquinamento magnetico.

Il sistema di valutazione basato su SB Method, che costituisce la naturale evoluzione metodologica del GBC, è caratterizzato da una serie di parametri specifici che lo fanno diventare uno dei sistemi più efficaci oggi disponibili al mondo, testato in più di 25 nazioni ed è conforme alla norma ISO/TS 21931-1 (Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works)<sup>54</sup>

Il Sistema di Valutazione della sostenibilità degli edifici, basato su SB Method, prevede due importanti strumenti che ne consentono l'applicazione:

<b>Strumento di valutazione</b>	È applicabile sia ad edifici di nuova realizzazione sia ad edifici esistenti e in fasi differenti del ciclo di vita, tiene conto di: - destinazione d'uso dell'edificio
---------------------------------	--

<sup>53</sup> “La legge guida prevede contributi agli enti locali, nonché a soggetti pubblici e privati, e interviene direttamente sulla definizione dei parametri urbanistico edilizi al fine di far sì che non vengano computati nella definizione delle altezze, dei volumi, delle superfici, e dei distacchi tra i confini i maggiori spessori, volume e superfici strettamente conseguenti alla applicazione di criteri di miglioramento delle prestazioni di sostenibilità energetico-ambientale. (...) una analoga norma dello Stato introdotta di recente con l'art. 11 del Dlgs 115/2008, con la differenza che quella delle Regioni è legata alla certificazione di sostenibilità, il Protocollo Itaca, quella dello Stato rimane ancorata alle sole prestazioni energetiche” con i rischi che ne derivano e che sono stati già citati. “Conforta però il fatto che il progetto di “Legge guida” è già diventato “legge” nelle regioni del Friuli Venezia Giulia, Lazio, Marche, Puglia, Veneto ed Umbria, mentre queste ed altre regioni, Basilicata, Calabria, Campania, Liguria, Lombardia, Toscana hanno comunque adottato il Protocollo Itaca nell'attuazione di programmi edilizi, nella definizione degli incentivi urbanistici ed edilizi ed in specifici bandi di gara”(Ivan Cicconi, Politiche e cultura del risparmio energetico, in: AA.VV, *l'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile*, BolognaFiere, Bologna, 2008)

<sup>54</sup> ITACA, attraverso un accordo di collaborazione, ha identificato l'associazione no-profit iiSBE Italia (International initiative for the Sustainable Built Environment), quale partner tecnico-scientifico per supportare, sviluppare e mantenere il sistema di Certificazione delle Regioni italiane. (Giuseppe Piccoli, *il sistema di certificazione ambientale degli edifici in accordo con il Protocollo Itaca*, in: AA.VV, *l'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile*, BolognaFiere, Bologna, 2008)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- specifica fase del ciclo di vita</li> <li>- contesto locale</li> <li>- dimensione dell'edificio</li> </ul>
<b>Processo e procedure di valutazione</b>	<p>Consente di oggettivare le prestazioni dell'edificio garantendo una base comune di riferimento per tutti i soggetti interessati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- proprietari di immobili</li> <li>- costruttori</li> <li>- progettisti</li> <li>- operatori del settore</li> </ul> <p>che possono definire le proprie strategie di approccio allo sviluppo delle costruzioni in funzione del risultato atteso.</p> <p>Tale processo dà la possibilità, attraverso autovalutazioni, ai progettisti di essere guidati nella definizione delle proprie scelte progettuali e nella scelta delle soluzioni tecniche maggiormente performanti.</p>

Questo Sistema di Valutazione dà la possibilità di poter comunicare la prestazione raggiunta dall'edificio attraverso un certificato di sostenibilità dell'immobile riconosciuto anche a livello internazionale.

## 2.4 NORMATIVE E PROGRAMMI PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE NELLE REGIONI ITALIANE

### 2.4.1 LA REGIONE MARCHE

La regione Marche fa parte di quelle regioni che hanno adottato il Protocollo Itaca, "(...) con la nuova legge la politica regionale persegue l'obiettivo primario della diffusione a tutto campo di un modo di progettare, costruire e abitare più attento alla qualità ambientale, al risparmio delle risorse energetiche, al comfort abitativo"<sup>55</sup>, predisponendo quegli strumenti tecnici per definire le modalità di valutazione e certificazione della qualità degli interventi in campo edilizio, sia che si tratti di nuova costruzione sia se si tratta di interventi di recupero.

La tabella sottostante rappresenta la schematizzazione dei criteri e delle rispettive aree di valutazione del "Protocollo Marche - Itaca", che rappresenta l'adeguamento dei criteri generali del Protocollo Itaca ai caratteri ambientali e alla pratica costruttiva marchigiana.

<sup>55</sup> Tra le iniziative della regione Marche va sottolineato che il prezzario regionale è stato aggiornato integrando voci contenenti "primi elementi di bioedilizia". Silvia Catalino, *Normative e programmi per l'edilizia sostenibile nella regione Marche*, in: AA.VV., *l'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile*, BolognaFiere, Bologna, 2008, p.227

Il Protocollo Itaca così rivisitato è articolato in circa 40 criteri di valutazione, raggruppati in 5 aree:

AREE DI VALUTAZIONE	CRITERI	SOTTOCRITERI
Qualità del sito	Contaminazione del sito	livello di valutazione del sito
	Accessibilità ai servizi	distanza dal trasporto pubblico
		distanza da attività culturali e commerciali
		adiacenza ad infrastrutture
Consumo di risorse	Energia primaria non rinnovabile richiesta durante il ciclo di vita	energia inglobata nei materiali da costruzione
		trasmissione termica dell'involucro edilizio
		energia netta per il riscaldamento
		energia primaria per il riscaldamento
		controllo della radiazione solare
		inerzia termica dell'edificio
		energia netta per il raffrescamento
		energia primaria per il raffrescamento
	Energia da fonti rinnovabili	energia termica per ACS
		energia elettrica
	Eco-compatibilità dei materiali	materiali riciclati/recuperati
materiali locali		
materiali riciclabili e smontabili		
Acqua potabile	acqua potabile per irrigazione	
	acqua potabile per usi indoor	
Carichi ambientali	Emissione di CO2 equivalente	emissioni inglobate nei materiali da costruzione
		emissioni in fase operativa
	Gestione acque	acque grigie inviate in fognatura
		acque meteoriche captate e stoccate
		permeabilità del suolo
	Impatto sull'ambiente circostante	effetto isola di calore - coperture
		effetto isola di calore - pareti verticali
effetto isola di calore - aree esterne		
Qualità ambientale indoor	Ventilazione	ventilazione naturale
	Benessere termoigrometrico	temperatura dell'aria e umidità relativa - stagione invernale
		temperatura dell'aria e umidità relativa - stagione estiva
	Benessere visivo	illuminazione naturale

	<b>Benessere acustico</b>	isolamento acustico dell'involucro edilizio
		isolamento acustico delle partizioni interne
	<b>Inquinamento elettromagnetico</b>	campi magnetici a frequenza industriale (50 Hertz)
<b>Qualità del servizio</b>	<b>Controllabilità degli impianti</b>	sistema di gestione e parzializzazione degli impianti tecnologici
		disponibilità della documentazione tecnica degli edifici
	<b>Mantenimento della prestazione in fase operativa</b>	sviluppo e implementazione di un piano di manutenzione
		mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio
		supporto all'iso di biciclette
	<b>Aree dell'edificio comuni</b>	aree attrezzate per la gestione dei rifiuti
		aree ricreative
		qualità del sistema di cablatura
	<b>Domotica</b>	videosorveglianza
		sicurezza
integrazioni sistemi		

**Tabella 1.** Elenco dei criteri e delle rispettive aree di valutazione del Protocollo Marche – Itaca;



In verde sono indicati i criteri che hanno diretta corrispondenza con la certificazione energetica ex Dlgs 192/2005

La scala delle valutazioni del Protocollo Itaca varia da zero a +5:

- zero si rispetta la norma di riferimento, (non considerandolo come un miglioramento delle prestazioni dell'edificio il raggiungimento dei limiti prestazionali stabiliti dalla legge stessa)
- valore 1 modesto miglioramento rispetto alle prestazioni richieste dalle norme vigenti
- valore 2 significativo miglioramento
- valore 3 rappresenta la migliore pratica corrente
- valore 4 e 5 previsti per il raggiungimento di prestazioni al di fuori della norma (in tale posizione si colloca una casa passiva)

*“Il futuro ci appare nero assoluto o bianco accecante. Quindi non sembra poter essere visto. L’idea stessa di futuro si trova in grandissima crisi proprio nel nostro secolo che ha cominciato a scoprirlo, come l’Ottocento aveva scoperto il passato”*  
(Roberto Guiducci “L’inverno del futuro”, 1992)

Un approccio progettuale di tipo ecocompatibile deve tenere conto dei materiali da costruzione, dell’energia necessaria e delle risorse impiegate, considerandole in funzione di una loro scarsità e degli impatti ambientali e sociali connessi al loro uso.

Il reperimento delle materie prime, la loro lavorazione e la confezione dei prodotti per l’edilizia, il trasporto, l’uso e lo smaltimento possono causare enormi danni ambientali e sociali con un indotto di ampia scala tra cui:

- riduzione delle risorse naturali;
- distruzione degli habitat naturali;
- inquinamento atmosferico;
- il surriscaldamento del pianeta,
- desertificazione;
- problemi di salute sugli uomini.

Per valutare questo genere di impatti, coloro che intendano comprendere le relazioni fra le attività di trasformazione e il dato di contesto preesistente devono porre al centro della ricerca lo studio degli effetti delle azioni conferite sull’ambiente e sull’uomo, in una prospettiva di lungo periodo<sup>61</sup>.

Le materie prime utilizzabili per la produzione di materiali da costruzione in genere vengono classificate come *rinnovabili* o *non rinnovabili*. Le prime presentano cicli di rigenerazione che durano al massimo qualche decennio

---

<sup>61</sup> I prodotti dell’edilizia derivano in genere da materie prime naturali che vengono raccolte o estratte e poi lavorate. La prima questione da valutare è la disponibilità della materia prima e il rischio che essa sia in via di esaurimento, il che priverebbe le generazioni future dell’uso e del godimento di quelle particolari risorse.



(legno, bamboo<sup>62</sup>, lino, canapa, sughero), mentre quelle non rinnovabili comprendono i “tipi” caratterizzati da cicli di rigenerazione millenari (pietra, carbone, petrolio, minerali grezzi)<sup>63</sup>. Le risorse rinnovabili sono di solito considerate abbondanti, tuttavia se una materia è sfruttata in maniera eccessiva, essa può cominciare a scarseggiare quindi a esaurirsi. Ne consegue la necessità di evitare il sovra sfruttamento delle risorse imponendo politiche di gestione adeguata. L'accresciuto interesse sugli impatti ambientali, dovuti tra l'altro alle attività di estrazione di materie prime, ha migliorato un po' la situazione e i consumatori possono spingere il mercato ad adottare soluzioni sempre più sostenibili prendendo in considerazione questi aspetti quando si apprestano a operare scelte.

### 3.1 MATERIALI ED ENERGIA

La scelta dei materiali con cui realizzare un edificio incide su molteplici aspetti: dalla configurazione delle superfici interne ed esterne e dei volumi, ed sul conseguente effetto estetico, all'organizzazione del processo produttivo fino alla gestione del manufatto nella sua vita utile.

Progettare nel rispetto dei valori e dei caratteri del contesto in cui si opera vuol dire non solo radicare l'opera, ma in senso molto generale rispettare l'ambiente. Un rispetto che si declina affermando di pensare alla vita degli edifici in un domani anche abbastanza lontano, consapevoli delle necessarie trasformazioni che altri potranno avere la necessità di realizzare. Così entrano in gioco attenzioni e cure che riguardano la flessibilità e la durabilità applicate a tutto campo sia al Sistema Tecnologico sia al Sistema Ambientale.

Se si ragiona in questi termini associando considerazioni relative all'impatto che le tecniche produttive dei materiali e realizzative delle opere che li utilizzano producono sul sistema ambiente, il progetto si connota di nuove qualità e consapevolezze.

Si vuole qui offrire una disamina relativa all'uso di alcuni materiali, al tempo stesso tradizionali, poveri e innovativi. Una comparazione per mettere in evidenza i carichi/risparmi sull'ambiente che l'uso e la diffusione possono comportare. Questo nella consapevolezza che nulla è buono o cattivo “a priori”, ma il giudizio dipende da molti fattori.

---

<sup>62</sup> l'impiego del bamboo nelle costruzioni sostenibili può diventare una tecnica alternativa all'uso del legno perché la piante del bamboo ha tempi di crescita molto più brevi; il bamboo è infatti una specie erbacea ed è in grado di crescere in 5-6 anni raggiungendo, in funzione della varietà, dimensioni ragguardevoli

<sup>63</sup> Cfr. glossario.

### *L'uso dell'argilla*

L'argilla può essere applicata tale e quale in sistemi costruttivi per pareti realizzate con tecnica del pisè ( o della terra battuta), murature in mattoni di terra, adobe<sup>64</sup>, sacchi di terra e miscele di argilla e paglia o più semplicemente per intonaci che, adeguatamente applicati, hanno il grande pregio di garantire condizioni di comfort termico estremamente elevate. I materiali a base di terra sono quindi considerati sostenibili perché composti da una risorsa abbondante, la cui estrazione comporta impatti limitati, che possono essere ulteriormente abbattuti se viene utilizzata direttamente la terra risultante dagli scavi di cantiere, purché di qualità appropriata, in modo da ridurre l'impatto dell'estrazione e del trasporto.

## L'USO DELLA PAGLIA

Un altro materiale naturale presente in quantità è la paglia che è costituita dallo stelo di cereali ed erbe; è un sottoprodotto dell'industria agricola che può essere impiegato per realizzare lettiere per animali o per concimare il suolo, ma la sua produzione eccede largamente la domanda quindi nell'ottocento alcuni coloni americani iniziarono ad impiegarlo per realizzare velocemente delle case sotto forma di balle usate in modo strutturale<sup>65</sup>. Oggi questo materiale è molto utilizzato in edilizia in forma di balle per ottenere muri strutturali, miscelata in prodotti a base di argilla cruda o compressa e rivestita con carta Kraft<sup>66</sup> per erigere partizioni interne non strutturali. L'energia grigia complessiva della sua produzione è molto bassa e può essere ridotta ancora utilizzando materie prime provenienti dai terreni locali e con l'utilizzo di macchine agricole in grado di comprimere il più possibile le balle in modo da ridurre gli scarti dovuti alla presenza di aria che ne riduce le caratteristiche di resistenza alla compressione e al fuoco.

---

<sup>64</sup> I mattoni compressi in terra sono realizzati attraverso presse manuali o meccaniche che comprimono un impasto umido prevalentemente sabbioso. I blocchi stabilizzati con legante idraulico vengono fatti indurire in atmosfera umida, mentre quelli non stabilizzati vengono fatti seccare lentamente per evitare fenomeni di fessurazione. Il termine adobe proviene dall'egiziano thobe (mattoni) tradotto in arabo ottob, diventato adobe in spagnolo e a volte chiamato toub in francese, viene utilizzato per indicare un mattone massiccio in terra cruda. Le costruzioni sono realizzate con mattoni di fango bagnato contenente una porzione di argilla sufficiente a legare l'impasto, oltre che altri aggregati come paglia o sabbia, che servono per ridurre il ritiro del materiale.

<sup>65</sup> Cfr. § 3.2.2

<sup>66</sup> La Carta kraft è un materiale caratterizzato da una elevata resistenza e tenacità (in tedesco "kraft" significa forza), deriva dal processo di estrazione chimica della cellulosa dal legno. Si tratta di uno dei prodotti cartari a più largo impiego del settore del confezionamento e dell'imballaggio.

## L'USO DELL'ACCIAIO E DELL'ALLUMINIO

Tutti i prodotti da costruzione derivano da materie prime naturali, anche quelli considerati sintetici, che subiscono dei lunghi processi di lavorazione. Ne è esempio l'acciaio oggi molto utilizzato, dai piccoli ai grandi progetti di architettura, derivato del ferro minerale, subisce una lavorazione molto complessa, in quanto deve essere pulito, agglomerato per sinterizzazione, fuso e infine portato a 1.700-1.800 °C<sup>67</sup>. La produzione di alluminio richiede un'enorme quantità di energia, pari a 180-250 GJ/tonnellata, di cui più del 70% è impiegata per la riduzione elettrolitica. Nel ciclo di produzione primaria di alluminio si immettono nell'atmosfera percentuali importanti di fluoruri, polveri e anidride solforosa<sup>68</sup>. Se invece si considera la produzione di alluminio attraverso il riciclaggio dei rottami e delle lattine, l'energia necessaria per fondere tali rottami di alluminio è solamente una frazione di quella necessaria per la produzione di alluminio primario. Secondo dati dell'US EPA (United States Environmental Protection Agency) il riciclo di scatole di alluminio può risparmiare tra il 60% ed il 74% dell'energia che è richiesta per produrli da materiali grezzi. Inoltre poiché la struttura atomica dell'alluminio non è alterata durante il processo di fabbricazione, l'alluminio può essere riciclato per un periodo indefinito di volte usando solamente il 5% dell'energia utilizzata per la produzione di alluminio primario. La produzione di alluminio secondario, riducendo drasticamente i consumi energetici e per la diversità dei processi utilizzati, comporta una altrettanto drastica riduzione delle emissioni atmosferiche (anche se combustioni incomplete possono generare emissioni atmosferiche critiche).<sup>69</sup>

## L'USO DEL PVC

Un altro materiale con elevato impatto ambientale è il PVC, che ha un ciclo produttivo che parte dal cloro per ottenere il cloruro di etilene che viene poi convertito in cloruro di vinile monomero e quindi in polivirilcloruro, rilasciando diossine, classificate come sostanze cancerogene.

---

<sup>67</sup> Cfr. P.Sassi, 2008.

<sup>68</sup> L'alluminio viene accusato di essere un materiale non ecocompatibile perché fortemente energivoro, cosa pur vera se si tiene presente solo il suo ciclo di produzione; ma in una valutazione comparata con un analogo prodotto in legno, definito ecocompatibile perché naturale ma che subisce trattamenti con sostanze antivegetative e antiparassitarie affinché mantenga il più a lungo possibile le sue prestazioni, si dovrebbe considerare il fatto che l'alluminio è tra i materiali più facilmente e completamente riciclabili e che la quantità di materia necessaria per ottenere un'analogha prestazione, rispetto al legno, potrebbe risultare uguale o persino inferiore.

<sup>69</sup> Cfr. studio dell'US EPA (2002) e delle elaborazioni LCA di Ecoinvent 2003.

## L'USO DEL CEMENTO

Cemento e calcestruzzo sono i materiali più usati nell'industria delle costruzioni ma sono associati anche ad un elevato livello di emissioni di CO<sub>2</sub>. La produzione di cemento, pur derivando dalla cottura di materie prime (calce, gesso, silice e argilla), che avviene in fornaci a temperature che arrivano fino a 1.400 °C rilascia in atmosfera una quantità di CO<sub>2</sub> che corrisponde all'8-10% delle emissioni totali. Le più recenti tecnologie e nuovi studi scientifici hanno portato di recente allo sviluppo e alla produzione di un nuovo tipo di cemento in grado di assorbire la CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. Il processo di assorbimento dell'anidride carbonica del cemento sostenibile<sup>70</sup>, avviene durante la fase di indurimento del conglomerato cementizio compensando in tal modo le emissioni della fase di produzione. Tale fase di produzione, tra l'altro, richiede meno energia che per il cemento tradizionale perché, grazie alla presenza di ossido di magnesio e speciali additivi minerali, avviene a temperature più basse. Malte e intonaci a base di cemento potrebbero essere sostituiti con prodotti a base di calce, un materiale che contribuisce all'incremento delle emissioni di CO<sub>2</sub> ma ne assorbe una percentuale significativa in fase di indurimento, considerato un materiale ecocompatibile perché naturale, traspirante e riciclabile come inerte.

Non è sempre semplice sostituire i materiali comunemente usati con prodotti caratterizzati da impatti di produzione ridotti. Basare la scelta solo su quei prodotti con certificazione formale, come quella che si attiene alla norma ISO 14001<sup>71</sup>, può non essere la scelta vincente, poiché il processo per l'ottenimento di tale marchio è troppo costoso per i piccoli produttori che comunque impostano volontariamente la loro produzione sui principi ambientali. È fondamentale, a questo punto, considerare che i progettisti non dovrebbero limitarsi a prevedere l'impiego di materiali e tecnologie sostenibili, ma dovrebbero verificare la provenienza di tutti i prodotti che si apprestano a scegliere, valutando anche l'uso di materiali prodotti nel raggio di pochi chilometri dal sito dove si deve realizzare la nuova costruzione, in modo da ridurre l'inquinamento dovuto al trasporto di questi materiali.

---

<sup>70</sup> E' stato stimato che sostituendo tutto il cemento utilizzato nelle costruzioni con questo elaborato dall'Imperial College of London, si eviterebbe la produzione di tre quarti dell'anidride carbonica emessa col processo tradizionale.

<sup>71</sup> La «ISO 14001» non è una certificazione di prodotto ma identifica uno standard, che fissa i requisiti di un «sistema di gestione ambientale» di una qualsiasi organizzazione che opera senza limiti geografici, culturali e sociali. Lo standard ISO 14001 (tradotto in [italiano](#) nella UNI EN ISO 14001:2004) non attesta una particolare prestazione ambientale, né tantomeno dimostra un particolarmente basso impatto, ma piuttosto sta a dimostrare che l'organizzazione certificata ha un sistema di gestione adeguato a tenere sotto controllo gli impatti ambientali delle proprie attività, e ne ricerca sistematicamente il miglioramento in modo coerente, efficace e soprattutto sostenibile.

## 3.2 COSTRUIRE CON I MATERIALI NATURALI.

*“L’elemento naturale, un tempo risorsa, è diventato semplice (e non necessario) contorno. Le tracce della materia direttamente asportata dal sito (il legname degli alberi, la roccia della montagna, l’argilla del terreno ecc.), un tempo visibili sui manufatti e in grado di contraddistinguerli come appartenenti a quel luogo specifico, sono state sempre più stemperate dall’atto della trasformazione della produzione industriale; la materia trasfigura, assume connotazioni tali da non permettere più l’individuazione della sua fonte, della sua origine.”<sup>72</sup>*

### 3.2.1 LE COSTRUZIONI IN TERRA CRUDA.

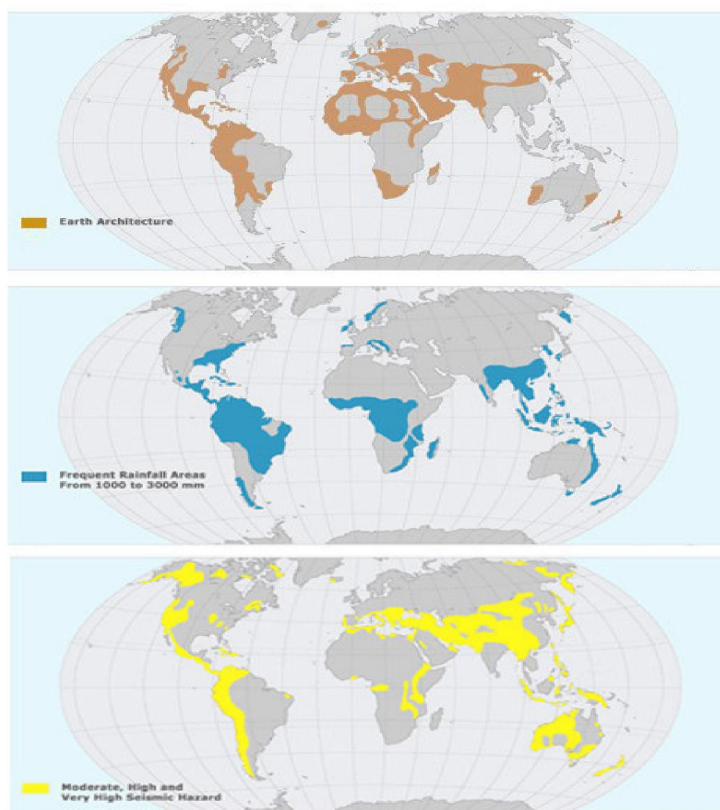
Sebbene le tecniche costruttive in terra cruda non siano appropriate per tutti i generi di edifici, il loro impiego sta crescendo, contribuendo così ad aumentare il grande numero delle abitazioni in terra già esistenti, che ospitano oggi circa un terzo della popolazione mondiale. I sistemi di costruzione differiscono in base ai materiali e alle tecnologie locali disponibili. Questa tecnica la si può considerare come l’antesignana del calcestruzzo, usato da sempre dall’uomo e improvvisamente dimenticato, ed è presente nella cultura costruttiva di tutta Europa e dei paesi a clima mediterraneo in genere<sup>73</sup>. Quasi il 40% della popolazione mondiale abita in case di terra cruda, di cui circa il 60% si trova in zone caratterizzate da una sismicità medio-alta e in una grande varietà di situazioni ambientali. In zone a grande rischio sismico le costruzioni completamente in terra cruda hanno resistito meglio di altre, arrivando a deformarsi, ma quasi mai al crollo.<sup>74</sup>

---

<sup>72</sup> A. Giachetta, A. Magliocco, 207, p.147.

<sup>73</sup> Con la terra si costruivano principalmente le mura della città e le abitazioni private. Buona parte delle abitazioni dell’antica Roma erano in terra. Dopo il Quindicesimo secolo, nuove tecniche di utilizzo della terra entrano in Italia portate da altre popolazioni. Viene usata soprattutto nella Sardegna dominata dagli spagnoli, nelle Marche, in Puglia e in Calabria. Da allora la storia di questo materiale si intreccia a quella di molte zone della penisola. Abitazioni in terra si sono usate e si usano tuttora vicino al corso orientale del Ticino, nella pianura Padana, in Abruzzo, in Sardegna.

<sup>74</sup> Cfr. Maria Rosa Gargiulo (tesi di dottorato), *Costruzioni storico-monumentali in terra cruda. Proposte per un metodo di valutazione della vulnerabilità sismica e dell’adeguamento antisismico*, Università degli studi di Napoli “Federico II”, dottorato in “Conservazione dei beni Architettonici”, XVII° Ciclo, a.a. 2006-2007, pp 1-6.



**Figura 1.** Mappa di diffusione della terra cruda e mappa delle aree a più alto rischio sismico a confronto (on line: <http://www.terracruda.com/architettura.htm>)

Fino agli anni Cinquanta in molte zone dell'Italia si costruiva abitualmente in terra cruda<sup>75</sup>, poi si è passati ad altri materiali e questo è avvenuto non per limiti tecnici, ma per merito della burocrazia e dell'imbarazzo di usare un materiale con caratteristiche "povere".

La facilità di reperimento, di lavorazione e applicazione, la grande tenuta isolante termica, la completa recuperabilità e non tossicità la mettono ai primi posti nella lista dei materiali ecologici<sup>76</sup>, mentre le varie applicazioni spaziano dalle pareti portanti ai tamponamenti, dalle pavimentazioni ai solai, dalle cupole alle volte, fino agli intonaci e alle pitture.

Possono essere distinti tre metodi costruttivi:

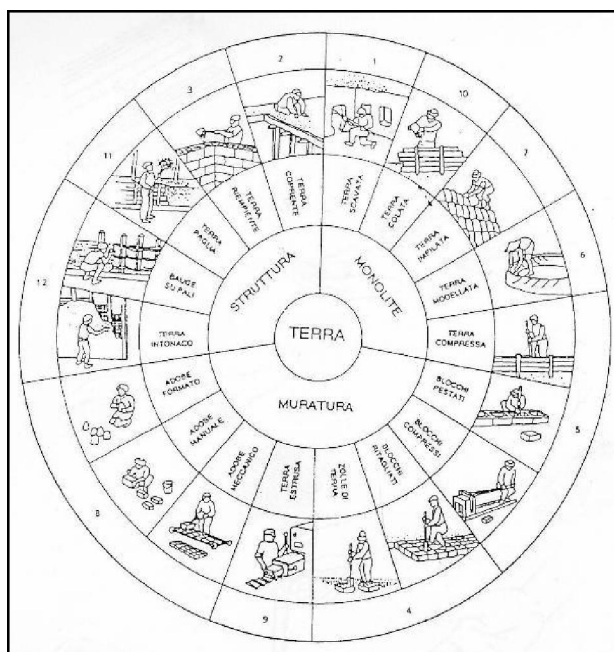
- terra monolitica, i muri sono massicci e costituiscono un solo blocco con funzione portante (massone e pisè);
- muratura portante o di tamponamento costituita da piccoli blocchi preformati e pre-essiccati (adobe);

<sup>75</sup> Cfr. M.C.Forlani, 2001

<sup>76</sup> Si utilizza la terra estratta al di sotto dello strato arabile, composta di ghiaia, sabbia grossa, sabbia fine, limo e argilla in diverse proporzioni, evitando lo strato più superficiale perché contiene sostanze organiche putrescibili e ha scarsa resistenza meccanica. La terra viene poi lavorata, messa in forma e lasciata essiccare al sole, senza cottura. La parte di argilla svolge la funzione di legante come la calce o il cemento, permettendo di costruire solidi e durevoli edifici a più piani.

- terra su struttura di tamponamento alle strutture portanti, assicura l'isolamento termico e acustico (torchis).

La messa in opera può avvenire sia con posa umida; modellando la terra in fase di costruzione, o con posa a secco cioè con mattoni o elementi costruttivi preformati e pre-essiccati, che viene preferita perché non richiede lunghi tempi di essiccazione e di messa in opera, permette la costruzione anche in stagioni fredde, consente la centralizzazione della produzione in fabbriche di prodotti diversi a seconda degli usi, facilita l'assemblaggio consentendo l'uso di mano d'opera non specializzata<sup>77</sup>.

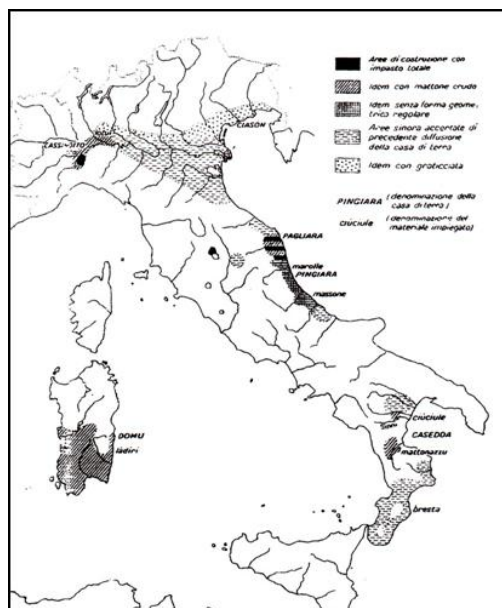


**Figura 2.** Quadro sinottico delle tecniche costruttive in terra cruda (Bertagnin, 1999)

In Italia si possono considerare essenzialmente due tecniche di costruzione:

- Pisè è la terra battuta, la terra viene compressa con un attrezzo in legno in una cassaforma che ha le dimensioni del muro da costruire, strato dopo strato;
- il mattone crudo (adobe) un miscuglio di terra e paglia o altre fibre vegetali, messo in forma in stampi di legno ed essiccato al sole, possono venire impiegati stabilizzanti naturali come la caseina, gli olii di lino e di cotone.

<sup>77</sup> La produzione industriale di un mattone crudo utilizza circa il 15% di energia rispetto a quella di un mattone cotto, garantisce un maggiore benessere abitativo ed è riciclabile al 100% con bassissimi costi di trasporto e trasformazione.



**Figura 3.** Zone di diffusione in Italia dell'uso di tecniche costruttive in terra. O .Baldacci, *L'ambiente geografico delle case di terra in Italia*, Firenze, 1958. (on line: <http://www.architetturasostenibilita.it>)

Con tutte queste tecniche è possibile costruire elementi strutturali o semplici tamponamenti e in molti casi sono associate alla presenza di una struttura di legno che viene poi riempita con elementi flessibili e ricoperta da intonaci anch'essi di terra cruda.

### Le tecniche della terra cruda



TECNICA DELL'ADOBE – MATTONE CRUDO



MESSA IN OPERA DEL TORCHIS

### Prestazioni tecniche

#### Inerzia termica

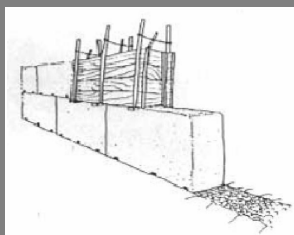
I manufatti realizzati con questa tecnica sono caratterizzati da elevata inerzia termica per via dell'elevato peso specifico e dell'utilizzo di terra non alleggerita. Questa tecnica si rivela quindi particolarmente adatta per la realizzazione di murature portanti esterne nelle zone climatiche ad alta escursione termica.

Inoltre l'inerzia del materiale fa sì che il calore assorbito dalla parete si distribuisca all'interno con un notevole sfasamento orario (questo effetto si nota maggiormente a climi con elevate escursioni termiche giorno/notte); la mattina la parete è di nuovo fresca, permettendo di mantenere all'interno una temperatura costante, specialmente in estate.

#### Isolamento termico

Questa tecnica non consente di ottenere apprezzabili livelli di isolamento termico. Poiché anche nel caso di un aumento dello





TECNICA DEL PISÈ'



spessore della muratura il livello di isolamento termico non raggiunge valori soddisfacenti, in alcuni climi si renderà necessaria l'applicazione di pannelli isolanti alla muratura o l'integrazione con tecniche di terra alleggerita.

Benessere

L'inerzia termica garantisce una temperatura interna costante, soprattutto in caso di pareti a più teste.

### 3.3 I PRODOTTI PER UNA PROGETTAZIONE ECOCOMPATIBILE

La trasformazione delle materie prime in materiali e prodotti per l'edilizia, come già accennato nel paragrafo precedente, implica un consumo energetico legato ai processi industriali, al trasporto dai luoghi di produzione a quelli di costruzione, alle modalità di messa in opera.

In un progetto sostenibile andrebbero quindi selezionati materiali a "basso contenuto energetico", ovvero per la cui produzione, rispetto all'unità di prodotto (Kg, m<sup>3</sup>, o elemento funzionale d'opera) è stata consumata meno energia rispetto ad altri materiali di consueto utilizzo e analoga prestazione<sup>81</sup>.

La crescente consapevolezza ambientale ha spinto alcuni produttori di materiali da costruzione a migliorare i loro processi produttivi, sotto l'aspetto dell'efficienza energetica e la riduzione delle emissioni inquinanti; è quindi auspicabile che i produttori dichiarino le prestazioni ambientali dei loro prodotti e che facciano ciò riferendosi alle soluzioni tecniche che

---

<sup>81</sup> La Comunità Europea, come garante promotore dell'uniformità dei parametri qualitativi tra gli Stati membri, ha dato una risposta attraverso le norme ISO 14000 e in particolar modo con la serie ISO 14020 (*Environmental Labelling*), tradotto in [italiano](#) nella UNI EN ISO 14001:2004, specifica i requisiti per le asserzioni ambientali auto-dichiarate, comprendendo dichiarazioni, simboli e grafici riguardante i prodotti; hanno lo scopo di sollecitare la competizione tra le aziende e soprattutto permettere all'utente, semplice consumatore o progettista, di accedere a informazioni di tipo ambientale sul prodotto, senza dover egli stesso dover verificare l'ecocompatibilità attraverso la realizzazione di una LCA.

rappresentano la migliore pratica di impiego dei prodotti stessi in rapporto a determinati contesti climatici e di mercato. Tale tipo di indicazione è particolarmente interessante per il progettista che dovrà poi assumere i dati riferiti alle soluzioni tecniche selezionate nella valutazione delle prestazioni ambientali dell'edificio che progetta<sup>82</sup>. D'altro canto i materiali svolgono un ruolo fondamentale in architettura, attraverso le loro caratteristiche fisiche, chimiche e tattili l'atto progettuale si concretizza, si realizza e diventa quotidianità. <<La scelta dei materiali di un progetto può percorrere diverse strade, essere atto fondamentale o indifferente ma mai causale>><sup>83</sup>

Gli effetti che i diversi materiali hanno dipendono da diversi fattori come l'origine del materiale il ciclo di lavorazione dello stesso ma anche l'adeguatezza del materiale stesso una volta posato in opera. Il ciclo di vita dei materiali viene valutato dall'origine del materiale stesso, ovvero dall'estrazione delle materie, fino alla fine della sua vita utile valutando tutti gli effetti di questo sulla salute dell'uomo e sulla salvaguardia dell'ambiente.

Promuovere la produzione e la commercializzazione di prodotti aventi un minor impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita del prodotto significa pertanto valutare:

- estrazione e l'origine delle materie prime;
- la produzione del materiale;
- la lavorazione e la messa in opera;
- la permanenza nell'edificio, manutenzione, sostituzione, rimozione, demolizione, smaltimento e riciclaggio.

Seguendo la indicazioni Direttiva CEE 89/106 in materia di prodotti da costruzione i requisiti essenziali che i prodotti da costruzione dovranno avere seguendo un approccio bio-ecologico sono:

- risparmio energetico e ritenzione di calore;
- igiene, salute, ambiente;
- pulizia e manutenzione;
- assenza di sostanze pericolose nella composizione che possono comportare il rilascio di natura chimica (gas, composti organici volatili VOC) o di natura microbiologica (putrescibilità, formazione di muffe, funghi, virus, batteri) ed il rilascio di polveri, fibre o particelle radioattive;

---

<sup>82</sup> Dal recente convegno svoltosi a Siracusa è emerso come molte università stiano improntando le loro ricerche sulla stesura di un documento che aiuti a scegliere i materiali in funzione del ciclo di vita del materiale stesso che permette di quantificare input ed output del sistema/prodotto, assegnando degli ecopunti (Pt), riferiti a categorie di incidenza o di danno sull'ambiente, in funzione del ciclo di produzione, per i prodotti, della messa in opera, della manutenzione e gestione, per l'edificio, della demolizione e dismissione nella fase di fine di vita. Il tutto deve fare comunque riferimento a un determinato "scenario" di progetto, di contesto climatico, di modalità d'uso.

<sup>83</sup> A. Giachetta, A. Magliocco, 2007, p. 297.

- bassa emissività ed inquinamento ambientale nelle diverse fasi del ciclo di vita del prodotto;
- uso di materie prime abbondantemente disponibili;
- facilità di riciclo e smaltimento delle materie prime impiegate limitando i rischi ambientali;
- sicurezza per i lavoratori nella fase di produzione e per gli utenti nella fase di esercizio;
- sicurezza in caso di incendio;
- resistenza meccanica;
- protezione contro il rumore<sup>84</sup>.

Ed inoltre i materiali naturali per la bioedilizia i materiali dovranno essere:

- prodotti con tecnologie a basso contenuto energetico e con poche trasformazioni a partire da materie prime naturali;
- avere un ridotto ricorso alla risorsa petrolifera, sia perché non rinnovabile, sia perché causa di emissioni inquinanti in fase di lavorazione e di impiego e persino in fase di dismissione;
- permeabili all'aria e al vapore, in quanto per essere salubre l'edificio deve respirare e scambiare aria con l'esterno, promuovendo così le soluzioni di involucro ventilato.

I materiali che si usano nella progettazione sostenibile, inoltre, sono volti a realizzare elementi in grado di agire in maniera più sofisticata, nei riguardi del fenomeno del passaggio del calore, devono essere in grado di isolare, di incamerare il calore ritardando il flusso termico verso l'interno, al fine di ottimizzare le prestazioni energetiche dell'involucro. Un dato per tutti da tenere sotto controllo quando si scelgono i materiali è il valore della trasmittanza termica<sup>85</sup>, del singolo materiale o del pacchetto assemblato in maniera virtuosa.

Non è tuttavia possibile fare un elenco dettagliato di tutti i materiali e delle loro caratteristiche ne tantomeno di tutte le soluzioni tecnologiche ascrivibili al mondo della bioedilizia. L'elenco<sup>86</sup> come le tabelle sottostanti sono puramente indicative per la scelta in tale approccio progettuale.

---

<sup>84</sup> Cfr. Environment Park s.p.a (a cura di), *Edilizia eco-compatibile*, finanziato dalla Regione Piemonte.

<sup>85</sup> La trasmittanza termica definisce la capacità isolante di un elemento, e misura la quantità di calore che nell'unità di tempo attraversa un elemento strutturale della superficie di 1 m<sup>2</sup> in presenza di una differenza di temperatura di 1 grado tra l'interno e l'esterno. Più il valore è basso, maggiore è l'isolamento della struttura in esame. L'inverso della trasmittanza è la [resistenza termica](#) ovvero la capacità di un materiale di opporsi al passaggio del calore: La trasmittanza aumenta al diminuire dello spessore ed all'aumentare della [conducibilità termica](#). Strutture con bassissima trasmittanza termica si caratterizzano per fornire un elevato isolamento termico. Per una più corretta e completa definizione si rimanda al Glossario.

<sup>86</sup> Op. cit, pp. 318-319.

**ELEMENTI STRUTTURALI:** laterizio ove possibile; se possibile usare il legno, materiale naturale e risorsa rinnovabile, per le strutture lineari; si riduca all'indispensabile l'uso del calcestruzzo armato e si escluda l'impiego di cementi derivati da scorie industriali (loppe d'altoforno); ridurre all'indispensabile l'acciaio ( e tutti i metalli in genere) in quanto fortemente energivoro e magnetico.

**MURATURE:** la pietra va bene, ma è meglio se di recupero, in quanto l'attività di cava disturba il territorio; attenzione ai tufi perché, sebbene siano teneri e facilmente lavorabili e molto porosi, spesso provengono da zone ricche di radon; si usi in genere il laterizio, anche quello alveolato (o porizzato), ma attraverso l'inserimento di farina di legno o sansa esausta di olive e non palline di polistirolo.

**INTONACI:** si limiti, come legante, l'uso del cemento e si impieghi soprattutto la calce, la cui produzione consuma meno energia ed è più adatta a una malta che deve essere elastica e permeabile all'aria quanto il supporto in laterizio che la sostiene; utilizzabili anche gli intonaci in gesso.

**TINTE:** a base calce, in genere stabilizzate con diversi componenti, poiché il semplice latte di calce tende ad ingiallire e a sfarinare, e colorate con ossidi e terre naturali (tempera all'uovo per interni ed esterni, pitture alla caseina per interni, velature alla cera per interni ecc.).

**VERNICI:** a base di oli naturali o a base d'acqua, con bassissimo valore di VOC; per il legno e per il cotto ottimo l'olio di lino, dotato di buona resistenza anche all'esterno (va rinnovato ciclicamente).

**ISOLANTI TERMICI:** sughero espanso autocollato, fibre di legno autocollato; fibra di cellulosa; lana di pecora; fibre di cocco; fibre di kenaf; altre fibre vegetali; sono tutti infiammabili, sono igroscopici in misura variabile, alcuni sono negativamente sensibili all'acqua. Fibra di legno mineralizzata; perlite espansa; argilla espansa; vetro cellulare espanso; questo secondo gruppo di isolanti ha un maggiore contenuto energetico, derivando da risorse non rinnovabili ma abbondanti (minerali, argilla e vetro), e possiede particolari performance quali l'inattaccabilità da parassiti e microrganismi e l'incombustibilità.

**IMPERMEABILIZZANTI:** carta catramata (il catrame è producibile col carbone di legna) e carta oleata, derivati entrambi da materie prime rinnovabili e con alta permeabilità al vapore. Ma questi due materiali hanno scarse caratteristiche tecniche (resistenza meccanica e quindi affidabilità nel tempo. Vengono per lo più sostituiti con prodotti sintetici adatti allo scopo in quanto fortemente traspiranti (come il tyvek).

## MATERIALI ECO-COMPATIBILI

### Isolanti naturali



FIBRA DI COCCO

#### ISOLANTE DI ORIGINE VEGETALE

La fibra di cocco è stata utilizzata nei paesi orientali fin dai tempi più remoti per tutti gli usi particolarmente gravosi in cui era richiesta eccezionale robustezza, resistenza allo sfregamento meccanico e alla rottura. Oltre agli usi canonici, veniva infatti utilizzata nel campo delle costruzioni navali per la sua caratteristica di non marcire a contatto con acqua o umidità, di non impregnarsi e non subire degrado come le altre fibre organiche. È riutilizzabile e riciclabile ma ha un alto valore di energia dovuto al suo trasporto.

- Isolamento termico
- Immarcescibile
- Fono isolante e fonoassorbente sottopavimento

#### CARATTERISTICHE

- Massa volumica ( $\text{Kg/m}^3$ ): 50 - 160
- Conducibilità termica: ( $\text{W/mK}$ ): 0,043 – 0,052

#### DURABILITÀ

- Resistenza agli agenti biologici: inattaccabile da muffe e insetti
- Stabilità all'invecchiamento: illimitata



FIOCCHI DI CELLULOSA

#### ISOLANTE DI ORIGINE VEGETALE

I fiocchi di cellulosa (carta) hanno una struttura dei pori in grado di rinchiudere grandi quantità d'aria, riducendo le perdite di calore. Assorbe l'umidità dall'ambiente e lo cede successivamente.

- Traspirante e igroscopica
- Fono isolante e fonoassorbente
- inodore

#### CARATTERISTICHE

- Massa volumica ( $\text{Kg/m}^3$ ): 25-35 in piano, 40-50 per falda, 45-60 pareti
- Conducibilità termica: ( $\text{W/mK}$ ): 0,037 – 0,040

#### DURABILITÀ

- Resistenza agli agenti biologici: inattaccabile da muffe e insetti
- Stabilità all'invecchiamento: illimitata



CANAPA

#### ISOLANTE DI ORIGINE VEGETALE

La canapa è una materia prima rinnovabile ed ha una crescita rapida e abbondante (cresce di 4 metri in 120 giorni) e non necessita di pesticidi ed erbicidi; arricchisce il terreno lasciandolo privo di erbe infestanti in quanto la sua rapida crescita non ombreggia il terreno. I pannelli di fibra di canapa trovano applicazione in intercapedini di strutture lignee, cappotti interni, cappotti esterni ventilati, coperture ventilate, pareti divisorie interne, controsoffitti, sottopavimenti e solai; garantisce un salubre clima interno.

- Traspirante e igroscopica
- Fono isolante e fonoassorbente
- è compostabile

#### CARATTERISTICHE

- Massa volumica ( $\text{Kg/m}^3$ ): 20-80
- Conducibilità termica: ( $\text{W/mK}$ ): 0,038 – 0,045

#### DURABILITÀ

- Resistenza agli agenti biologici: inattaccabile da muffe e insetti



### PER LA DEFINIZIONE DI EDILIZIA ECOCOMPATIBILE E IL PROBLEMA DELLA SOSTENIBILITÀ'

Sono ormai evidenti a tutti i danni che il nostro pianeta ha subito e che continua a subire a causa del surriscaldamento dovuto all'emissione di CO<sub>2</sub>, che per la maggior parte deriva dalla combustione di energie fossili non rinnovabili (petrolio, carbone, gas). Gli sforzi delle ricerche contemporanee si stanno stringendo attorno al problema della tutela del clima cercando soluzioni alternative rinnovabili ed accessibili. Per risolvere il problema non esiste una vera e propria soluzione, bensì un'insieme di operazioni da attuare per iniziare a invertire questa tendenza, disponendo in maniera più *sostenibile* di quelle risorse messe a disposizione dalla stessa natura. Partendo dal presupposto che quasi la metà del consumo energetico è legato al fabbisogno interno delle abitazioni (nell'U.E. il 40% dell'energia viene consumato per il riscaldamento e le attività domestiche) e che, a causa di un isolamento termico insufficiente, lo spreco e la perdita di calore diventa insostenibile, si devono trovare delle soluzioni che siano in grado di soddisfare al meglio le esigenze fisiologiche umane attraverso uno sfruttamento equilibrato delle potenzialità naturali dell'ambiente e del suo clima. Le scelte progettuali devono quindi tener conto dei vari fattori ambientali e dei vincoli che questi pongono, tenendo sempre sotto controllo il ciclo complessivo produttivo (produzione della materia prima, assemblaggio, uso e smaltimento) di queste opere.

Marisa Bertoldini, Andrea Campioli, *Cultura tecnologica e ambiente*, Città Studi, Milano, 2009.

Bianca Bottero (a cura di), *Progettare e costruire nella complessità. Lezioni di Bioarchitettura*, Liguori, Napoli, 1994.

Eliana Cangelli, Adriano Paoletta, *Il progetto ambientale degli edifici. LCA, EMAS, Ecolabel, gli standard ISO applicati al processo edilizio*, Alinea Ed., Firenze 2001.

Giuseppe Ciribini (a cura di), *La normativa dell'impatto ambientale: piano di fattibilità: Torino 1988-1989: ricerca promossa e finanziata dal Comitato*



- nazionale di consulenza per le scienze di ingegneria e architettura*, Alinea Ed, Firenze, 1990.
- Pietromaria Davoli, *Architettura senza impianti: aspetti bioclimatici dell'architettura preindustriale*, Alinea, Firenze 1993.
- Dominique Gauzin-Müller, *Architettura sostenibile. 29 esempi europei di edifici e insediamenti ad alta qualità ambientale*, edizione italiana a cura di Marco Moro, Ed. Ambiente, Milano, 2003.
- Andrea Giachetta, Adriano Magliocco, *Progettazione Sostenibile. Dalla pianificazione territoriale all'ecodesign*, Carocci Ed., Roma 2007.
- M. Grosso. *Ecocompatibilità in architettura: concetti, paradigmi e approccio al progetto*. 2003
- Anna Magrini, Daniela Ena, *Tecnologie solari attive e passive. Pannelli fotovoltaici e applicazioni integrate in edilizia*, EPC Libri, Roma, 2002.
- Paolo Neri (a cura di), *Verso la valutazione ambientale degli edifici. Life Cycle Assessment a supporto della progettazione eco-sostenibile*. Alinea, Firenze 2008
- Victor Olgay, *Progettare con il clima*, Muzzo Editore, Padova, 1981.
- Ugo Sasso, *Dettagli per la bioclimatica*, Alinea, Firenze, 2006.
- Enzo Tiezzi, Nadia Marchettini, *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico*, Saggi Natura e artefatto, Donzelli Editore, Roma, 1999.
- Fabrizio Tucci, *Tecnologia e natura. Gli insegnamenti del mondo naturale per il progetto dell'architettura bioclimatica*, Alinea Editore, Firenze, 2008.

#### **Pubblicazioni e ricerche**

- AA.VV, *Noi per lo sviluppo sostenibile*, Edito da ENEA, Roma 2004
- AA.VV., *Agenda della Ricerca Strategica Per il Settore Europeo delle Costruzioni. Verso un settore delle costruzioni sostenibile e competitivo per il 2030*, Piattaforma Tecnologica Europea per la Costruzioni (ECTP), versione 0.110, 2 Novembre 2005.
- AA.VV, *l'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile*, BolognaFiere, Bologna, 2008.
- Manuela Franco, *I parchi eco-industriali. Verso una simbiosi tra architettura, produzione e ambiente*, Ricerche di tecnologia dell'architettura, Franco Angeli Editore, Milano 2005.
- Virginia Gangemi (a cura di), *Architettura e tecnologia applicata*. Ricerche di tecnologia dell'architettura Franco Angeli Ed., Milano 1991.
- Uwe Wienke, *Dizionario dell'edilizia bioecologica*, DEI, Tipografia del Genio Civile, 2001.

### Atti di convegni e Atti di ricerche

Elisabetta Ginelli (a cura di), *La ricerca a fronte della sfida ambientale. Materiali del III Seminario OSDOTTA. Lecco, 12-14 settembre 2007*, Firenze University Press, Firenze, 2008.

Antonio Passaro (a cura di), *Edilizia residenziale pubblica ecocompatibile. Recupero e ristrutturazione per la realizzazione di nuovi complessi edilizi residenziali. Processi, sistemi e tecniche di intervento*, Atti 2002, Luciano editore, Firenze 2002.

Ugo Sasso, *La Bioarchitettura*, in Antonio Passaro (a cura di), *Attrezzature temporanee ecocompatibili per il turismo delle aree costiere*, Luciano Editore. 2005,

### Articoli in riviste

T Herzog., *Sostenibilità e progetto*, in "Costruire in laterizio", rivista bimestrale, n. 89, sett./ott. 2002, Il Sole 24 Ore, Faenza (RA).

Maria Chiara Torricelli, *Architettura e tecnologie appropriate per l'efficienza energetica*, in "Costruire in laterizio", rivista bimestrale, n. 89, sett./ott. 2002, Il Sole 24 Ore, Faenza (RA).

### Sitografia

CASA CLIMA, <http://www.agenziacasaclima.it>

ENEA - Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente, <http://www.enea.it>

GALILEO, <http://www.galileonet.it>

ISTITUTO NAZIONALE DI BIOARCHITETTURA, <http://www.bioarchitettura.it>

ITACA - Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale, <http://www.itaca.org>

WIKIPEDIA, l'enciclopedia libera, <http://www.wikipedia.it>

<http://www.architetturaecosostenibile.it/>

<http://www.architetturaesostenibilita.it>

## NORMATIVE E ORIENTAMENTI

Per avere un quadro generale sul problema della sostenibilità ambientale e della progettazione ecocompatibile bisogna studiare l'evoluzione storica delle normative, europee e nazionali; e confrontare le tendenze attuali e le direttive che le varie amministrazioni regionali seguono per indirizzare una progettazione più accorta a livello ambientale.

### Pubblicazioni e ricerche

AA.VV., *l'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile*, BolognaFiere, Bologna, 2008.

## Atti di convegni e Atti di ricerche

Elisabetta Ginelli (a cura di), *La ricerca a fronte della sfida ambientale. Materiali del III Seminario OSDOTTA. Lecco, 12-14 settembre 2007*, Firenze University Press, Firenze, 2008.

## Sitografia

ANAB - Associazione Nazionale Architettura Bioecologica, <http://www.anab.it>

ANIT - Associazione Nazionale per l'isolamento Termico e acustico, <http://www.anit.it>

CASA CLIMA, <http://www.agenziacasaclima.it>

INBAR – Istituto Nazionale di Bioarchitettura, <http://www.bioarchitettura.it>

ITACA - Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale, <http://www.itaca.org>

ENEA - Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente, <http://www.enea.it>

<http://www.legambiente.org>

## I MATERIALI NATURALI E LE TECNOLOGIE APPLICATE ALL'EDILIZIA RESIDENZIALE. ESEMPI

I concetti di ecosostenibile e di ecocompatibile risultano oramai centrali nello sviluppo di una prassi metodologica progettuale tanto architettonica quanto urbanistica necessaria a garantire un futuro migliore per noi uomini e per il nostro pianeta. L'uso delle tecnologie 'appropriate' è ormai ampiamente adottato in molti paesi europei come dimostrano i numerosi casi esposti in pubblicazioni e riviste, che ci consentono di coglierne non solo le soluzioni tecnologiche scelte ma anche gli studi e le analisi che si sono resi necessari per arrivare a formulare la scelta progettuale. Lo studio delle tecniche applicate all'edilizia residenziale nasce dal fatto che il problema dell'abitare riguarda tutti noi, è la più diffusa ed è anche quella che necessita di continui rinnovi e adattamenti ai diversi stili di vita.

Lo sviluppo delle società umane e il soddisfacimento dei propri bisogni per millenni è stato reso possibile dall'uso delle risorse, che oggi chiamiamo rinnovabili, del sole e dalla sue forme indirette, come il vento, le biomasse e il riciclo delle acque. Oggi la tendenza è proprio quella di tornare a rivalutare questi meccanismi per tornare migliorare la qualità delle proprie abitazioni individuando le soluzioni tecniche che possano ridurre i consumi.

Giulia Bonelli (a cura di), *Edilizia Abitativa Sostenibile, indagini, progetti*, Clean Editore, Napoli 2005.

Andrea Campioli, *Il contesto del progetto: il costruire contemporaneo tra sperimentalismo high-tech e diffusione delle tecnologie industriali*, Franco Angeli, Milano, 1993

Monica Cannaviello, Antonella Violano, *La certificazione energetica degli edifici degli edifici esistenti*, Franco Angeli Ed., Milano 2007.

- Salvatore Dierna - Fabrizio Orlandi, *Buone pratiche per il quartiere ecologico. Linee guida di progettazione sostenibile nella città della trasformazione*, Alinea, Firenze 2005.
- Francesco Fiorito, *Involucro edilizio e risparmio energetico*, Flaccovio Editore, Palermo, 2009.
- Dora Francese, *Architettura e vivibilità. Modelli di verifica, principi di biocompatibilità, esempi di opere per il rispetto ambientale*, Franco Angeli, Milano, 2007
- Maria Cristina Forlani (a cura di), *Costruzione e uso della Terra*, Maggioli Editore, 2001.
- Dominique Gauzin-Müller, *Architettura sostenibile. 29 esempi europei di edifici e insediamenti ad alta qualità ambientale*, edizione italiana a cura di: Marco Moro, Ed. Ambiente, Milano 2003.
- Lloyd Jones, *Atlante di Bioarchitettura*, Utet, Torino, 1998.
- Paolo Neri, *Verso la valutazione ambientale degli edifici*, Alinea, Firenze, 2007
- Victor Olgay, *Progettare con il clima*, Muzzo Editore, Padova, 1981.
- Gianni Scudo, Silvia Piardi (a cura di), *Edilizia sostenibile : 44 progetti dimostrativi / edizione italiana*, Esselibri, Napoli 2002.
- Ugo Sasso, *Dettagli per la bioclimatica*, Alinea, Firenze, 2006.
- Carlo Truppi, *continuità e mutamento. Il tempo nell'innovazione delle tecniche e nell'evoluzione dell'architettura*. Ricerche di tecnologia dell'architettura Franco Angeli Ed., Milano 1994.
- Fabrizio Tucci, *Tecnologia e natura. Gli insegnamenti del mondo naturale per il progetto dell'architettura bioclimatica*, Alinea Editore, Firenze, 2008.

#### **Pubblicazioni e ricerche**

- Paola Sassi, *Strategie per l'architettura sostenibile*, Edizioni Ambiente, Milano, 2008.

#### **Atti di convegni e Atti di ricerche**

- Patrizia Milano (tesi di Dottorato), *Sostenibilità in edilizia, le "risorse del luogo" per uno sviluppo consapevole. Applicazione LCA ad alcuni sistemi costruttivi dell'involucro*, Università degli studi "G. d'Annunzio" Chieti Pescara, dottorato in "Cultura tecnologica e progettazione ambientale", XXI° Ciclo, a.a. 2005/2009.
- Antonio Passaro (a cura di), *Edilizia residenziale pubblica ecocompatibile. Recupero e ristrutturazione edilizia a scala urbana. Sperimentazione per la realizzazione di nuovi complessi edilizi residenziali. Processi, systems and techniques of intervention*, Atti 2002, Luciano Ed.

### Articoli in riviste

- P. Boarin, *Prestazione energetica e qualità dell'ambiente interno: i fattori coinvolti nel processo riqualificazione*, in Ufficio Tecnico n°7, luglio 2009.
- Pietromaria Davoli, *Involucri lignei nell'architettura residenziale: innovazione tecnologica ed espressiva*, in AA.VV., *Abitare il futuro. Città, Quartieri, case*, Cuore Mostra SAIE 2005, BolognaFiere, Be-Ma, Milano 2005.
- Fabrizio Orlandi, *Ecoefficienza dei sistemi insediativi*, in "Il Progetto Sostenibile, rivista trimestrale, anno V, n°15, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Maria Chiara Torricelli, *Architettura e tecnologie appropriate per l'efficienza energetica*, in "Costruire in laterizio", rivista bimestrale, n. 89, sett./ott. 2002, Il Sole 24 Ore, Faenza (RA).

### Sitografia

- ANAB - Associazione Nazionale Architettura Bioecologica, <http://www.anab.it>
- CASA CLIMA, <http://www.agenziacasaclima.it>
- <http://www.architetturaesostenibilita.it>
- <http://www.architoscana.org>
- <http://www.ediliziainrete.it>
- <http://www.eco-label.com>
- <http://www.laterizio.it>
- <http://www.lecablocco.it/>

## A

### Agenda 21

Documento fondamentale approvato al Summit della Terra a Rio de Janeiro nel 1992, contenente un programma che si propone di tradurre i presupposti teorici dell'ambientalismo in azioni da attuarsi nei prossimi decenni (21 sta per ventesimo secolo).

### Architettura ecocompatibile

In architettura l'aggettivo ecocompatibile si riferisce ai processi o prodotti che hanno la capacità di integrarsi con l'ambiente in cui vive l'essere umano e in generale con l'ecosistema circostante e riguarda quindi la responsabilità che l'uomo ha nei confronti dell'ambiente che lo circonda. Le trasformazioni che interessano la società contemporanea e la conseguente situazione ambientale del nostro pianeta hanno ampliato nell'ultimo decennio contenuti e forme della riflessione progettuale. La definizione che oggi si dà al termine progettazione eco-compatibile (*eco-efficient*) è "processi per minimizzare l'impatto negativo del sistema industriale" (Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea (GUCE)).

#### **Principi dell'architettura ecocompatibile**

L'ecocompatibilità è inoltre strettamente legata al concetto di sviluppo sostenibile introdotto nel 1987 dal Rapporto Brundtland secondo cui "lo sviluppo è sostenibile se soddisfa i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere quelli delle generazioni future". In quest'ottica il progetto ecocompatibile, oltre che rispondere alle complesse esigenze dell'utente, ha l'obbligo di promuovere lo sviluppo sostenibile in relazione ai tre grandi ambiti di riferimento: economico, ambientale, sociale, riuscendo a progettare con un ridotto consumo di risorse ambientali e con un basso livello di inquinamento.

### Architettura bioclimatica

Architettura che basa la razionalizzazione del suo processo compositivo sulle relazioni che intercorrono fra la forma dei sistemi di fabbricati e/o dispositivi e le energie rinnovabili presenti nello spazio architettonico con la finalità di

realizzare il loro massimo sfruttamento. La progettazione è accorta rispetto alle caratteristiche del clima e alle possibilità di sfruttare le fonti naturali di energia.

È quel complesso di soluzioni progettuali che consentono di assicurare, all'interno di un edificio, il mantenimento di condizioni di comfort ambientale, inteso come soddisfacimento di requisiti di controllo del microclima interno degli edifici e dell'illuminazione naturale, limitando al minimo l'intervento degli impianti che comportano consumi energetici da fonti convenzionali. I criteri della bioedilizia e le opportunità di riequilibrio ambientale offerte dall'utilizzo di un modello costruttivo ecologicamente orientato nel settore edilizio sono enormi se si assicura un'accurata scelta di metodi, pratiche e materiali da utilizzare, prodotti certificati e aziende affidabili a cui far riferimento.

Branca della progettazione architettonica che si pone come obiettivo la realizzazione di edifici energeticamente razionali adatti a soddisfare al meglio le esigenze fisiologiche umane, mediante lo sfruttamento equilibrato delle potenzialità naturali dell'ambiente e del suo clima. (Magrini Anna, Ena Daniela)

### **Principi dell'architettura bioclimatica**

L'architettura bioclimatica si basa su un modello abitativo che riesce a soddisfare i requisiti di comfort attraverso il controllo passivo del microclima, inteso come una strategia che, riducendo al minimo l'uso di impianti meccanici, massimizza l'efficienza degli scambi tra edificio e ambiente circostante (efficienza energetica). Il concetto di bioclimatica è legato profondamente alla consapevolezza che il progresso tecnologico possa trovare un limite nella capacità di sopportazione dell'ambiente e nell'esauribilità delle risorse naturali. La regolazione delle condizioni microclimatiche interne si ottiene controllando attentamente le caratteristiche geometriche, l'orientamento e le tecnologiche della costruzione edilizia.

Le valutazioni prestazionali a cui fare riferimento:

1. controllo dei parametri climatologici;
2. considerazione dei valori ambientali;
3. tecnologie integrate;
4. sistemi di riscaldamento/raffrescamento naturale;
5. componenti ibridi per captazione e protezione solare (tecnologie solari attive/passive);
6. incremento della luce naturale all'interno degli edifici;
7. applicazioni fotovoltaiche in copertura e in facciata;
8. ecc.

Per ridurre al minimo l'impatto ambientale si devono prima di tutto ridurre i consumi energetici e per controllare questo aspetto in Italia la legislazione definisce i criteri per un corretto e più ottimale risparmio energetico controllando il consumo massimo consentito negli edifici; occorrerebbe inoltre incentivare l'uso delle risorse rinnovabili quali vento e sole.

## Architettura ecosostenibile

L'architettura ecosostenibile può definirsi come un'attività umana del pensare, progettare, costruire, usare e dismettere opere architettoniche in armonia con il sistema naturale nel quale queste attività si inseriscono.

### Principi generali

L'intervento architettonico ecosostenibile deve essere pensato in maniera da risultare compatibile con il sistema più ampio in cui si inserisce.

Il concetto di eco sostenibilità si basa sui seguenti principi:

1. l'esistenza di vincoli in un pianeta finito, ovvero il riconoscimento che esiste una *carrying capacity* del pianeta Terra (capacità portante del pianeta);
2. la consapevolezza che il secondo principio della termodinamica pone di limiti agli usi e alle trasformazioni energetiche;
3. l'accettazione delle ipotesi della teoria della sostenibilità di Herman Daly:
  - a. il tasso di utilizzazione delle risorse rinnovabili non deve essere superiore al loro tasso di rigenerazione;
  - b. l'immissione di sostanze inquinanti e di scorie nell'ambiente non deve superare la capacità di carico dell'ambiente stesso;
  - c. lo stock di risorse non rinnovabili deve essere sfruttato ad un ritmo che, per quanto possibile, non superi il ritmo di introduzione di sostituti rinnovabili.

### Principi dell'architettura ecosostenibile

L'architettura ecosostenibile fa propri il principio del limite, inteso come risparmio di risorse e di minima produzione di inquinamento in tutte le fasi del suo ciclo di vita (**Life Cycle Assessment**); che garantisce un miglioramento della salute psicofisica degli abitanti, attraverso l'impiego di materiali biocompatibili ed il raggiungimento di idonei livelli di comfort termoigrometrico, acustico e visivo; in un'idea di edificio che sia inserito in un sistema interattivo dinamico tra edificio ed ambiente, considerando le risorse (acqua, vento, sole, vegetazione, ecc.) come elementi fondamentali dell'architettura.

## B

### Bioarchitettura

Il termine è entrato nel gergo italiano nel 1987 e sta ad indicare quel processo di edificazione che avviene secondo i principali temi dell'*architettura ecologica* (accoglie molte delle problematiche poste dall'architettura bioclimatica ma imposta l'asse della qualità architettonica e urbana attorno ai problemi della salubrità degli spazi abitativi) ed i valori della *bioedilizia* (costruire ecologico), col fine di riportare il processo costruttivo ad un concreto rapporto sia con gli eventi esterni (suolo, sole, vento, acqua, clima, flora, fauna, paesaggio naturale) che con le necessità biologiche.

### Principi dell'architettura bioclimatica



La Bioarchitettura prospetta una architettura a misura di uomo, in armonia con l'uomo, in cui l'uomo si senta "bene" con se e con gli altri; il progetto di bioarchitettura si sviluppa secondo precisi punti:

1. pone attenzione alla salute psicofisica degli abitanti;
2. tende alla riduzione del consumo delle risorse (materiali ed energia) riferite a tutto l'arco di vita dei prodotti;
3. assume come riferimento il contesto inteso in senso geografico (luogo) e storico (la cultura).

**La bioarchitettura**, intesa come pratica architettonica di edificare secondo principi sostenibili, ha l'obiettivo di instaurare un rapporto equilibrato fra ambiente e costruito. E' una definizione che in Italia è stata introdotta dall'ANAB, Associazione Nazionale Architettura Bioecologica. Gli edifici quindi devono essere pensati come un'interfaccia attiva tra ambiente interno ed esterno, la progettazione delle nuove architetture è orientata all'utilizzo di innovazioni tecnologiche per produrre, da un lato, un rinnovamento espressivo e dall'altro un corretto impiego delle risorse ambientali, per soddisfare i bisogni delle attuali generazioni senza limitare quello delle generazioni future.

### **Biomassa**

l'insieme dei materiali di origine biologica suscettibili di valorizzazione sia energetica sia industriale, inclusi quelli appositamente prodotti, i sottoprodotti di raccolta e lavorazione, i rifiuti civili, agro-zootecnici e industriali; questa risorsa è legata al territorio sia in senso fisico sia sociale.

## **C**

### **Compost**

Fertilizzante, da materia organica, ottenuto per decomposizione di un misto di materie organiche da parte di macro e microrganismi (lombrichi-funghi- etc).

### **Crisi energetica**

La prima si ebbe nel 1973 a seguito della guerra in Kippur e la conseguente interruzione del flusso di approvvigionamento di petrolio da parte dei paesi appartenenti all'OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries).

La seconda è quella del 1979 a seguito della cosiddetta rivoluzione iraniana (il dissolvimento del regime dello scià Reza Pahlavi) ed i conseguenti movimenti speculativi determinati dal blocco della produzione petrolifera.

### **Cultura**

Ciò che promana, in un dato momento, da una società umana ossia da un gruppo di uomini associati per il controllo del loro rapporto con la natura e dei rapporti fra essi all'interno del gruppo e con altri gruppi in termini di espressioni di comunicazione e di produzione. (Ciribini)

Complesso delle manifestazioni della vita materiale, sociale e spirituale di una società umana in relazione alle diverse fasi di un processo evolutivo, ai differenti periodi storici o alle condizioni ambientali. (Devoto-Oli)

### **Cultura tecnologica della progettazione**

Un insieme di conoscenze che concernono l'analisi e la previsione circa l'impatto che la tecnologia, vista come espressione globale di una cultura spirituale e materiale, ha oggi e avrà domani sulla vita dell'uomo (individuo e società) in relazione all'ambiente fisico e biologico in cui egli è posto. (Ciribini)

## **E**

### **Ecologia**

Studio dei rapporti tra esseri viventi e ambiente.

### **Ecosistemi**

Ricerche di base sulla tutela degli ecosistemi, sullo sviluppo di tecnologie pulite e sui sistemi di produzione ecocompatibili.

### **Effetto serra**

Aumento della temperatura dell'aria nell'atmosfera dovuto all'anidride carbonica, al metano, e all'ossido di azoto.

### **Energia alternativa**

Fonti energetiche diverse dal petrolio, gas, carbone e nucleare, ad esempio: energia delle onde, ricavata dall'energia cinetica delle onde; energia eolica, prodotta dai mulini a vento; energia solare, originata dal sole.

### **ESCo**

Energy Service Company, si tratta di soggetti, di natura imprenditoriale, che operano nel settore della gestione di utenze energetiche con obiettivi di risparmio e di ottimizzazione

## **F**

### **Flessibilità**

La capacità di un prodotto o di una tecnologia di essere utilizzati in una certa quantità di applicazioni diverse.

## I

### **Impatto ambientale**

L'insieme delle alterazioni dei fattori ambientali, dei sistemi ambientali e delle risorse naturali prodotte dalle attività economiche, dagli insediamenti umani e dalle trasformazioni del suolo. (Manuela Franco)

## P

### **Progettazione**

Percorso applicato per raggiungere dei risultati voluti a monte di una idea. (Ciribini in: Giuseppe Ciribini, *"Tecnologia e progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione"*, Ed. Celid, Torino 1995, I<sup>a</sup> ed.1984)

### **Progetto**

Studio delle possibilità di attuazione di un'idea, mossa da date motivazioni, per il raggiungimento di determinati risultati. Il progetto è una strategia volta a realizzare una meta, inizialmente intravista, di consistenze materiali e di esperienze umane da vivere, verso la quale esso procede aleatoriamente alla ricerca di equilibri sistemici sempre raggiunti e sempre sfuggenti, perché aperti verso il futuro. (Ciribini in: Giuseppe Ciribini, *"Tecnologia e progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione"*, Ed. Celid, Torino 1995, I<sup>a</sup> ed.1984)

### **Protocollo di Kyoto**

Il protocollo di Kyoto è un trattato internazionale in materia di ambiente sottoscritto nella stessa città giapponese l'11 dicembre 1997 da più di 160 paesi in occasione della Conferenza COP3 della Convenzione Quadro della Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) ed il riscaldamento globale. È entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica da parte della Russia..... (AA.VV, *l'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile*, BolognaFiere, Bologna, 2008, p. 199)

## R

### **Requisito**

Ciascuna delle qualità necessarie e richieste per uno scopo determinato. (Devoto-Oli)

### **Rapporto Brundtland**

*"Il futuro di tutti noi"*, rapporto della Commissione Brundtland su ambiente e sviluppo, è stato pubblicato nel 1987.

Il rapporto è diviso in tre ampie sezioni che disegnano le sfide a cui è chiamata l'umanità:

**Parte 1. Preoccupazioni comuni**

- Un futuro minacciato
- Verso uno sviluppo sostenibile
- Il ruolo dell'economia internazionale

**Parte 2. Sfide collettive**

- Popolazione e risorse umane
- Sicurezza alimentare: sostenere le potenzialità
- Specie ed ecosistemi: risorse per lo sviluppo
- Energia: scelte per l'ambiente e lo sviluppo
- Industria: produrre più con meno
- Il problema urbano

**Parte 3. Sforzi Comuni**

- Gestione dei beni comuni internazionali
- Pace, sicurezza, sviluppo e ambiente
- Verso un'azione comune

Il volume si chiude con il Sommario dei principi legali proposti per la protezione ambientale e per lo sviluppo sostenibile.

**Risorse rinnovabili e non rinnovabili**

Le materie prime possono avere diversa origine e diverse caratteristiche di disponibilità. Si parla di risorse rinnovabili quando il materiale in oggetto deriva da una sostanza riproducibile secondo cicli controllati dall'uomo; le risorse materiali rinnovabili in realtà non sono molte, dovendo necessariamente fare riferimento, per considerarle tali, a cicli di coltivazione di specie vegetali o, certi casi, di allevamento di animali (quest'ultime impiegate nel settore dell'arredo ma non, o per lo meno non più, in quello dell'edilizia). Si fa riferimento principalmente al legno e ai suoi derivati.

Le risorse non rinnovabili sono invece costituite, in termini di materia, da quelle sostanze la cui presenza sul nostro pianeta è definita quantitativamente, per le quali i cicli di trasformazione sono al di là degli orizzonti temporali dell'uomo: rocce, argille, minerali ecc. alcune di queste risorse sono abbondanti, cioè è difficile immaginare un reale rischio di esaurimento, altre invece sono di disponibilità limitata perché quantitativamente poco presenti sul nostro pianeta. Molti materiali impiegati in edilizia derivano da risorse non rinnovabili ma ampiamente disponibili; purtroppo la loro estrazione modifica irrimediabilmente il territorio di origine: le materie prime vengono estratte da rilievi montuosi che, di conseguenza, vengono via via erosi. Oggi c'è una maggiore attenzione per gli aspetti paesaggistici legati al mercato dell'estrazione mineraria e molte cave vengono realizzate in sottosuolo. (A. Giachetta, A. Magliocco)

## S

### **Sistema**

Sistema è un insieme dotato di struttura, ossia un insieme di oggetti in cui esistono delle relazioni fra gli oggetti e i loro attributi. Sistema complesso: composto da un gran numero di parti interagenti fra loro in modo non semplice, che si compongono come un tutto. (Ciribini)

Unità di molteplici conoscenze raccolte sotto un'idea.(kant in "Critica della ragion pura)

### **Sistema di Certificazione**

Il Sistema di Certificazione è ...

### **Sistemi solari attivi**

Sono dei veri e propri impianti tecnologici alternativi ai dispositivi tradizionali, in cui i vari elementi costitutivi sono chiaramente distinguibili e necessitano di una qualche forma di alimentazione energetica esogena al sistema. (Magrini Anna, Ena Daniela)

### **Sistemi solari passivi**

Dispositivi, accorgimenti e criteri costruttivi finalizzati al riscaldamento, raffrescamento e climatizzazione degli edifici mediante l'apporto energetico gratuito del sole e delle possibili risorse naturali del microclima locale, senza l'ausilio di mezzi tecnici alimentati con fonti esogene di distribuzione dell'energia. (Magrini Anna, Ena Daniela)

### **Sostenibilità**

Sostenibilità vuol dire ascoltare le ragioni della natura, le sue grandi leggi universali (non i marchingegni matematici costruiti dalla scienza dominante); permettere alle culture altre e diverse di avere le proprie nicchie che «il pensiero unico » della cosiddetta civiltà industriale e tecnocratica occidentale cerca di cancellare. (Tiezzi Enzo, Marchettini Nadia)

### **Struttura**

Struttura come modello: intesa come un insieme di enti definiti da relazioni che si stabiliscono fra essi e che sono operabili secondo possibilità e secondo leggi determinate. (Ciribini)

### **Sviluppo sostenibile**

È, secondo la definizione fornita nel 1987 dalla Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo nel Rapporto Brundtland, uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri. (Manuela Franco)

"Lo sviluppo sostenibile, lungi dall'essere una definitiva condizione di armonia, è piuttosto processo di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti con i bisogni futuri oltre che con gli attuali".

## T

### **Tecnologia**

Studio delle scienze applicate ai problemi di trasformazione nel campo della materia e in quello del pensiero. Dottrina dei processi di trasformazione, volta a motivarli e a guidarli. (Ciribini)

Somma di modalità secondo cui i gruppi sociali provvedono a costituire gli oggetti materiali della loro civilizzazione. (Random house dictionary of english language)

Scienza dei processi di trasformazione. (Truppi)

### **Tecnologico**

Lo studio delle scienze applicate relativamente alla trasformazione della materia in prodotto di impiego o di consumo. (Devoto-Oli)

### **Tecnologie solari passive**

Integrazione nell'edificio di elementi captanti la radiazione solare e di componenti destinati a conservare l'energia.