

# POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica

## Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Civile

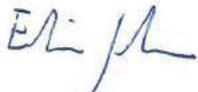
Tesi di Laurea Triennale

casa **bioetica** 

La riscoperta della Terra Cruda nell'era nZEB



**Relatore**



Prof. Garda Emilia Maria

**Correlatore**



Dott. Del Re Elis

**Candidato**



Santagati Davide

*Settembre 2017*

# Indice

<b>1. Introduzione.....</b>	<b>pag.4</b>
<b>2. Pensieri e Filosofia.....</b>	<b>pag.5</b>
2.1 Bioedilizia.....	pag.5
2.2 Bioetica e sviluppo sostenibile.....	pag.7
2.3 Crisi Etica e morale.....	pag.7
<b>3. Nel Futuro rispettando l'Uomo e l'Ambiente.....</b>	<b>pag.9</b>
3.1 Architettura sostenibile.....	pag.9
3.2 Ecobilancio(LCA, UNI 14040 Life Cycle Assessment).....	pag.10
3.3 Economia circolare.....	pag.16
<b>4. Architettura Bioclimatica.....</b>	<b>pag.18</b>
4.1 Applicazione storica.....	pag.18
4.2 Riflessioni.....	pag.22
<b>5. Edilizia contemporanea.....</b>	<b>pag.24</b>
5.1 Costruzioni in legno.....	pag.24
5.2 Costruzioni in calce e canapa.....	pag.27
5.3 Costruzioni in paglia.....	pag.31
5.4 Considerazioni.....	pag.33
5.5 Norme sui Requisiti Ambientali Minimi.....	pag.34
5.6 Studi sulla Massa e Comfort abitativo.....	pag.43
<b>6. La Normativa nZEB.....</b>	<b>pag.45</b>
6.1 Cosa ci aspetta.....	pag.45
6.2 Il problema nZEB in Italia.....	pag.46
6.3 nZEB e salute.....	pag.47
6.4 Riflessioni.....	pag.56
<b>7. Sapere è un Dovere.....</b>	<b>pag.59</b>
7.1 Materiale da costruzione e composti chimici.....	pag.59
7.1.1 Cartongesso e i suoi derivati.....	pag.60
7.1.2 Polistirene e derivati.....	pag.62
7.1.3 PVC.....	pag.64
7.1.4 Lane minerali.....	pag.67
7.1.5 Fibre di legno.....	pag.69
7.1.6 Sughero.....	pag.70
7.1.7 Pitture,vernici e colle.....	pag.71

7.2	Salute e abitare.....	pag.73
7.2.1	Inquinamento indoor.....	pag.73
	- Formaldeide.....	pag.78
	- Filtri.....	pag.80
	- Elettrosmog.....	pag.81
7.2.2	Nanotecnologia.....	pag.85
7.2.3	Geopatia.....	pag.91
7.2.4	Feng Shui.....	pag.94
7.2.5	Conclusioni.....	pag.95
<b>8.</b>	<b>La meraviglia della Terra Cruda.....</b>	<b>pag.96</b>
8.1	Storia e cultura.....	pag.96
8.2	Requisiti e prestazioni.....	pag.102
8.3	La Terra da costruzione.....	pag.112
8.4	Le tecniche costruttive.....	pag.117
8.4.1	Terra monolitica.....	pag.117
8.4.2	Muratura.....	pag.120
8.4.3	Terra su struttura.....	pag.124
8.5	Abitare la Terra: Conclusioni.....	pag.127
<b>9.</b>	<b>I mille usi della Canapa.....</b>	<b>pag.129</b>
9.1	Origine e proprietà.....	pag.129
9.2	La Canapa in edilizia.....	pag.131
<b>10.</b>	<b>Protocollo Casa Bioetica.....</b>	<b>pag.134</b>
10.1	Un Progetto modello.....	pag.134
10.2	Progettazione Bioetica e Sostenibilità.....	pag.134
10.3	Applicazione di progetto.....	pag.136
10.4	Una Casa migliore.....	pag.138
10.5	Medicina dell'Habitat.....	pag.139
10.6	Comfort abitativo.....	pag.140
10.7	Sicurezza sismica.....	pag.142
10.8	Caratteristiche costruttive.....	pag.144
10.9	Attestazione energetica-ambientale.....	pag.146
<b>11.</b>	<b>Conclusioni.....</b>	<b>pag.153</b>
<b>12.</b>	<b>Riferimenti.....</b>	<b>pag.154</b>
<b>13.</b>	<b>Ringraziamenti.....</b>	<b>pag.156</b>

# 1. Introduzione

Negli ultimi anni il settore dell'edilizia sostenibile è in rapida e costante evoluzione. Si sta diffondendo un nuovo approccio maggiormente attento ad una progettazione che tenga conto della biocompatibilità, della sostenibilità delle costruzioni al fine di limitare gli impatti nell'Ambiente.

Un modello che riguarda gli edifici nuovi, che devono essere realizzati nel rispetto di Normative tecniche molto restrittive, e gli edifici che necessitano azioni di recupero e riqualificazione.

Il passaggio ad una edilizia sostenibile non è più una scelta ma una necessità per migliorare la qualità della vita dei cittadini, diminuire il consumo di energia, dare maggior valore alle case, ridurre le emissioni e la dipendenza energetica del nostro Paese. Oggi viene posta particolare attenzione all'intera vita del prodotto edilizio: dal reperimento delle materie prime ai processi produttivi dei materiali, alla dismissione del bene, al recupero e alla riciclabilità, coniugando le esigenze e l'evoluzione dell'edilizia con il rispetto dell'Ambiente, del territorio e della salute dell'Uomo.

La maggiore sensibilità nei confronti delle tematiche ambientali ha portato alla nascita e allo sviluppo di programmi d'azione e politiche internazionali volte alla riduzione dei consumi di energia primaria e delle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Il settore edilizio è certamente un settore strategico in cui intervenire, poiché è fortemente responsabile dei consumi di energia e delle emissioni di CO<sub>2</sub>. La Direttiva Europea 2010/31/UE prevede che dopo il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero, e che dopo il 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.

Gli edifici a energia quasi zero o nZEB (Nearly Zero Energy Building) sono edifici residenziali o commerciali che riducono drasticamente il proprio fabbisogno energetico grazie alla progettazione di involucri efficienti e all'ottimizzazione dei guadagni termici, utilizzando energie da fonti rinnovabili. Quindi, alla base della definizione nZEB c'è l'idea che questi edifici soddisfano tutte le proprie esigenze di energia tramite fonti di energia disponibili in loco, a basso costo, non inquinanti e rinnovabili.

Il mercato è cambiato: chiede nuove competenze a tutti i livelli della filiera.

La realizzazione di costruzioni a basso impatto ambientale porta con sé la nascita di nuove figure professionali e nuovi posti di lavoro.

A tal proposito, ho elaborato un pensiero che potesse dare un valore aggiunto al mondo dell'edilizia moderna. Tramite varie ricerche sono venuto in contatto con Elis Del Re, fondatore e amministratore di HRE Green Building, una società italiana General Contractor impegnata nel campo della ricerca, in grado di offrire servizi di progettazione e costruzione: sono stato colpito dallo "slogan" di Casa Bioetica, dall'approccio olistico ed alla sensibilità nel considerare aspetti di una casa "buona, sana e giusta", oltre alla professionalità e competenza. Ho voluto approfondire tale argomento tanto da sceglierlo quale soggetto della mia tesi.

I primi argomenti, sono dedicati alle conoscenze fondamentali per progettare edifici sostenibili e in particolare analizzo i vari sistemi costruttivi moderni, con una visione più ampia, considerando concetti legati al comfort abitativo e all'efficienza energetica.

Metterò in discussione, secondo le più recenti prove scientifiche, ciò che prospetta la Normativa nZEB per la salute dell'Uomo, valutando questo reale progresso. In seguito, nel capitolo "Sapere è un Dovere" affronterò i materiali da costruzione e i composti chimici, presenti nell'edilizia contemporanea, nonché gli effetti sulla salute generati dall'inquinamento indoor e dall'inquinamento elettromagnetico.

Infine, approfondirò due materiali fondamentali: l'argilla chiamata anche terra cruda, come riscoperta per le costruzioni future, e la canapa con le sue proprietà straordinarie.

Entrambi infatti elementi vitali di Casa Bioetica, la terra cruda vera e propria "anima", e la canapa sua migliore alleata.

## 2. Pensieri e Filosofia

### 2.1 Bioedilizia

Salute e benessere hanno subito nel corso dei secoli varie interpretazioni. Oggi quando si parla di benessere si intende uno stato che coinvolge tutti gli aspetti dell'essere umano. Uno stato complessivo di buona salute fisica, psichica e mentale. Una condizione di armonia tra Uomo e Ambiente.

Un approccio simile ha preso piede anche per l'architettura e l'edilizia, in modo particolare grazie alla filosofia costruttiva della Bioedilizia.

Il termine Bioedilizia si riferisce alla disciplina detta "*Baubiologie*", ("studio della vita o degli esseri viventi in relazione alle costruzioni"), nata in Germania grazie agli studi condotti dal dott. Palm e introdotta nel 1976 dal prof. Anton Shneider, fondatore dell'Istituto di biologia edile presso Neubern (Monaco di Baviera).

La Bioedilizia investe i differenti aspetti del costruire e dell'abitare ed ha, come finalità, **lo studio, la progettazione e la realizzazione di edifici che soddisfino le esigenze fisiche, biologiche e spirituali di chi vi abita**; si tratta di un approccio progettuale rispettoso dell'equilibrio tra Ambiente (risorse disponibili) – salute (modo di abitare) – architettura (modalità progettuali e costruttive).

E' comunque evidente che diversi aspetti della Bioedilizia, di cui oggi ci interessiamo, sono stati alla base del buon costruire nei secoli passati e sono il risultato della saggezza di generazioni di costruttori che hanno affinato nel tempo la scelta dei materiali, le tecniche realizzative ed i metodi progettuali in stretto rapporto con le disponibilità e le risorse locali, con i fattori socio-culturali ed economici, con le situazioni climatiche ed ambientali.

Infatti, fino all'avvento della società industriale, i materiali e le finiture impiegate nelle costruzioni, soprattutto nelle architetture spontanee e vernacolari erano di origine naturale. In seguito, l'industrializzazione ed il contributo della chimica hanno immesso nel mercato delle costruzioni centinaia di nuovi materiali, che avrebbero dovuto perfezionare l'abitare ed il costruire ma che, in realtà, ne hanno reso più difficile il controllo di qualità e la rispondenza alle esigenze degli abitanti.

Dal dopoguerra ad oggi, la crescita del settore delle costruzioni e la disponibilità di nuovi materiali di basso costo (cementi d'altoforno, gesso da desolfurazione, materiali isolanti a base di urea-formaldeide, collanti bicomponenti ad alto contenuto di VOC, vernici a base di solventi come idrocarburi clorurati, xiloli, toluene, etc), ha portato ad uno smisurato impiego di componenti edilizi artificiali, riducendo a circa il 20% del totale l'impiego di quelli tradizionali come, ad esempio, la terra cruda, la calce, il cocciopesto, la caseina, il legno, il sughero, la paglia, le fibre di cellulosa, di canna palustre e di canapa, il lino e le vernici di origine vegetale.

Quindi il risultato finale è l'inquinamento diffuso che mette in serio pericolo la stessa sopravvivenza del genere umano, basti pensare che, secondo alcuni dati dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, solo il 5% dei prodotti usati in edilizia risulta "innocuo" per l'Uomo.

Per questo **la casa deve essere capace di "traspirare"**, di avere cioè continui interscambi d'aria al fine di fornire **un ambiente interno salubre, che non arrechi alcuna perturbazione agli individui** che vi dimorano. In definitiva, il benessere ambientale di un individuo che si trovi all'interno di un'abitazione, può dipendere da diversi fattori, come quelli di natura termoigrometrica, di natura chimico-emissiva e radio-emissiva, di natura respiratoria, olfattiva, tattile, di percezione, etc: l'alterazione dei valori di uno dei parametri citati implica, necessariamente, l'alterazione delle condizioni globali di salubrità e, quindi, di comfort ambientale.

Oltre a questo, è necessaria un'attenta analisi dell'intero ciclo di vita del prodotto (LCA), in modo tale da poter valutare i costi reali dei materiali: infatti, non sono i prodotti bioecocompatibili a costare di più, sono gli altri che hanno prezzi troppo bassi, perché nella valutazione non prendono mai in considerazione, sia i costi ambientali che si devono affrontare (quelli che poi ripaghiamo tutti con la nostra salute e con i problemi di inquinamento o smaltimento), sia i costi di utilizzo, in termini di riduzione dei consumi di energia e di risorse, riparabilità, versatilità e, soprattutto, di durabilità nel tempo del materiale o prodotto impiegato.

Pertanto, i **25 principi della Bioedilizia** sintesi del lavoro condotto dal gruppo *Gesundes Bauen – Gesundes Wohnen* pubblicato in Germania a partire dal 1975 sono:

1. *Il terreno scelto per la costruzione, dovrà essere esente da perturbazioni geologiche (campi magnetici sotterranei, correnti idriche, ecc.);*
2. *La costruzione dovrà essere distante da centri industriali o da grandi correnti di traffico;*
3. *Gli edifici dovranno essere distanziati tra di loro in mezzo a macchie verdi ;*
4. *La casa e il villaggio (insediamento) dovranno essere progettati in modo individuale, dignitoso, a misura della famiglia e tali da permettere la formazione di comunità;*
5. *I materiali da costruzione dovranno essere naturali, non sofisticati ;*
6. *Le pareti dovranno essere permeabili al vapore acqueo permettendone la diffusione;*
7. *La regolazione dell'umidità deve avvenire in modo naturale (materiali igroscopici) ;*
8. *Le pareti esterne devono essere capaci di filtrare gli agenti tossici dell'atmosfera e neutralizzarli (materiali da costruzione assorbenti);*
9. *Deve esserci equilibrio nelle caratteristiche termiche più importanti: coibentazione, accumulazione, smorzamento;*
10. *Le temperature superficiali e le temperature ambiente devono essere ottimali;*
11. *Dovrà essere privilegiato il riscaldamento radiante con ottimale utilizzazione dell'energia solare;*
12. *I tempi di asciugamento delle costruzioni dovranno essere brevi;*
13. *La costruzione finita deve essere esente da forti odori, anzi dovrebbe avere odore gradevole (legno, cera, mattone) e non emettere vapori tossici;*
14. *I colori, l'illuminazione, la luce devono essere il più possibili naturali ;*
15. *Dovrà essere prevista la protezione da vibrazioni e rumori mediante accorgimenti costruttivi;*
16. *Dovrà essere assicurata l'assenza di radioattività nei materiali da costruzione;*
17. *Dovranno essere assicurate la conservazione del campo elettrico naturale dell'aria e una ionizzazione fisiologica;*
18. *Non dovranno essere provocate modifiche del campo magnetico naturale ;*
19. *Le installazioni dovranno essere adeguatamente schermate al fine di assicurare l'assenza di campi elettromagnetici indotti;*
20. *Non dovranno essere indotti influssi di alcun genere sulle radiazioni cosmico-terrestre;*
21. *La morfologia degli ambienti e degli arredi dovrà essere adeguata a specifiche nozioni di filosofia;*
22. *Dovrà essere assicurato il rispetto armonioso delle misure, delle proporzioni e delle forme;*
23. *Dovranno essere selezionati materiali da costruzione a basso consumo energetico (nella produzione) con esenti rischi di inquinamento nella fase di produzione e demolizione ;*
24. *Dovranno essere selezionati materiali da costruzione che non impoveriscano le scorte di materie prime in via d'esaurimento;*
25. *La progettazione dovrà evitare conseguenze sociali dannose.*

## 2.2 Bioetica e sviluppo sostenibile

Il concetto di Bioetica venne introdotto negli anni '70 e nasce come disciplina, o quantomeno come sensibilità e coscienza verso la necessità di un nuovo sapere. Il termine definito dall'unione della vita (*bios*) e dell'etica (*ethos*) è stato coniato per indicare un nuovo ambito intellettuale per l'approccio alle questioni scientifiche, una sorta di "ponte" tra la cultura scientifica e quella umanistica. Oggi assume svariati significati a seconda dei vari contesti in cui la si richiama ma in origine è stata definita come **“lo studio sistematico delle dimensioni morali comprendenti visione morale, decisione, condotta, politiche e delle scienze della vita e della cura della salute, attraverso una varietà di metodologie in un contesto interdisciplinare”** (W.T.Reich, *Encyclopedia of Bioethics*, 1995).

Sempre a partire dagli anni '70 incominciò a farsi strada un nuovo modello di sviluppo economico ovvero lo sviluppo sostenibile. In particolare, il concetto di sostenibilità è stato introdotto dal Rapporto della Commissione Brundtland *“our common future”* (1987) e successivamente recepito dalla Conferenza delle Nazioni Unite di Rio de Janeiro del 1992.

Lo sviluppo sostenibile è stato definito come un insieme di strategie che consentono ad un gruppo di persone di diversi sistemi socio-economici di allevare e sviluppare un essere umano dotato di una visione globale, in cui prenda atto che è solo uno dei molti organismi sulla Terra. Lo sviluppo sostenibile è un principio filosofico tramite il quale governare la vita fisica, mentale e intellettuale, con **la coscienza che l'Uomo sarà in grado di sostenersi solo se l'ecosistema autoregolato dall'universo si perpetuerà e non verrà distrutto dall'intervento umano.**

Ecco allora che la nozione più profonda di sostenibilità è l'etica, in particolare <<l'etica della responsabilità>> (dal filosofo Jonas), bisogna considerare bene le conseguenze delle nostre azioni, ponendoci domande quali: *“Se agisco in questo modo, che destino riserverò alle generazioni future, ai miei figli?”* Non è sufficiente l'etica delle intenzioni, secondo la quale un atto è buono se compiuto da un cuore puro. Adesso sono molto più importanti le conseguenze, per questo dobbiamo misurare le nostre responsabilità. Bisogna rispettare l'Uomo nel presente, ma anche nel futuro: bisogna agire in modo che una vita umana possa continuare ad esistere nel futuro ed avere risorse necessarie per progredire.

Bisogna temere le conseguenze dei nostri atti, così saremo costretti a tenere vivo il nostro senso di responsabilità. Questo benessere globale infine o sviluppo sostenibile, necessita per esplicarsi principi e valori professionali quali la stessa Responsabilità, il Rispetto, la Chiarezza e l'Onestà.

## 2.3 Crisi Etica e morale

Quella che persistono stupidamente a definire una “crisi”, non è di natura economico, finanziaria o sociale (che ne sono gli effetti) ma è determinata da una terribile Crisi Etica, morale, e di valori, che da oltre mezzo secolo ha fatto tabula rasa di ogni cultura, passione, volontà, capacità autocritica, e senso di colpa! In questo modo, si è aperta ogni malvagità fino a renderla pratica comportamentale. Ed è in questo modo che il Sistema Bestia ha potuto mostrare la sua sporca e insanguinata mercanzia, essendo decadute tutte quelle regole e presupposti che monitoravano, controllavano e impedivano le degenerazioni dei comportamenti umani. Attraverso un'opera di lavaggio mentale metodico e sistematico (un'ipnosi di massa) indotto dai media allo scopo di uniformare le coscienze degli individui alle ragioni e logiche del Sistema, si è stato in grado di far passare tutto quel baraccone tecnologico, ludico e invalidante, per “progresso e benessere”.

Oggi, tutto ciò che è scienza, ricerca, innovazione, conquiste e scoperte tecnologiche, altro non sono, che tutto lo sterco prodotto da un atto di profanazione e di violazione di quelle leggi e regole continue, che un tempo davano la piena integrità etica, al fine di preservare lo spirito dell'Uomo da ogni intrusione di natura maligna. Una barriera che si credeva insormontabile, e che per tutta la storia del mondo, aveva preservato l'umanità dai rischi della più sconvolgente di tutte le catastrofi. La peggiore in assoluto, oltre ogni più fervida immaginazione – uno sterminio strategicamente

architettato dai vertici del Potere, quasi più spietato, più feroce, spaventevole, e disumano dello stesso nazismo: il relativismo dei valori.

Il relativismo culturale che le nuove generazioni erediteranno, è la più grande sciagura nella storia dell'umanità.

Crederanno davvero che l'inquinamento delle nostre acque e del territorio sia il risultato del progresso? Che le bombe intelligenti, fatte esplodere sulla testa di persone innocenti, sia la giusta, sola e unica condizione per preservare e consolidare la libertà di tutti? Che il traffico di organi, l'uso di droghe sintetiche, gli abusi sistematici sui minori, la prostituzione dilagante, siano semplicemente i normali e logici effetti collaterali (male fisiologico) di quella medicina (la libertà), in assenza della quale le nostre società sarebbero in preda all'anarchia più totale;

il prezzo da pagare per essere liberi? Che la propaganda populista e mediatica di prodotti e beni effimeri, inefficaci e dannosi, rientri nelle logiche di una società libera, e che il lordume morale di cui trasudano i programmi televisivi, sia la connotazione (nel bene o nel male), del diritto alla libertà di informazione?

Di questi tempi, menzogna e mistificazione dettano legge. La qualità è stata adulterata e contaminata, e l'eccezione, omologata e massificata. Un'insicurezza di fondo, e una totale mancanza di autostima, sono l'inevitabile conseguenza della perdita dei necessari e oggettivi punti di riferimento che, un tempo, come spie luminose, regolavano e monitoravano i flussi delle nostre emozioni e ne impedivano ogni forma di ipertrofia.

I principi etici, regolatori e sentinelle dei comportamenti umani, oggi sono stati rimossi per sempre, e vizio e paura li hanno sostituiti. Il male, un tempo riconoscibile e collocabile, ha assunto le sembianze della normalità, espropriando lo spirito dell'Uomo, privandolo, così, della consapevolezza e del discernimento.

Con la rimozione dell'impianto etico, si scardina quel progetto originario che, da parametro assoluto, degrada in caos e relativismo.

Questo è il punto! Il nocciolo della questione.

Oggi, il relativismo etico e morale si impone come nuova norma sociale e regola relazionale, fino a minare le fondamenta della libertà individuale, di coscienza e di religione.

Quella che solitamente definiamo "la realtà" in verità oggi non esiste. Non è, che un prodotto della nostra mente, che attinge la conoscenza dal bacino dell'informazione mediatica, senza avere la capacità critica, la consapevolezza, e quei parametri di riferimento comparativi, attraverso i quali discernere fra il vero e il falso, fra il bene e il male, fra il progresso e la catastrofe ambientale.

Sono i "poteri forti", i detentori della chiave della comunicazione di massa – manipolano i loro sottomessi, utilizzando alcune regole d'oro. Una di queste consiste nell'inventarsi a tavolino un problema, per causare una certa reazione da parte del pubblico, con lo scopo che sia questo il mandante delle misure che si desiderano far accettare. Oggi, la realtà stessa è linguaggio. Il linguaggio, è dominato dai "poteri forti" – pertanto quel che dovrebbe fare un intellettuale è rifiutare tutto ciò che viene comunicato attraverso i canali ufficiali. Perso l'ancoraggio della verità, la nave della storia può andare a incagliarsi contro qualsiasi secca.

Il cambiamento, dunque, può avvenire solo a patto che la gente sia in grado di immaginare una realtà diversa e contraria a quella che solitamente e quotidianamente conduce!

Ergo, se non recuperiamo l'originale impianto etico di base, nessuna straordinaria riforma, legge, o Uomo della provvidenza, potrà mai produrre alcun cambiamento e rivoluzione. Siamo tutti noi che dobbiamo rivedere e riconvertire i nostri comportamenti, in altri più consoni agli autentici bisogni e necessità dell'Uomo, recuperando così la nostra primitiva Natura animale.

[tratto dall'articolo di GJTirelli]

## 3. Nel Futuro rispettando l'Uomo e l'Ambiente

### 3.1 Architettura sostenibile

Costruire non è certo un'attività ecologica, tanto meno di difesa dell'Ambiente, perché modifica la Natura sottraendogli energie e risorse.

- il 90 % della giornata di un cittadino europeo medio viene trascorso in casa;
- l'aria che si respira all'interno degli edifici è in molti casi peggiore di quella che sta all'esterno;
- il 45 % dell'energia prodotta in Europa viene utilizzata nel settore edilizio;
- il 50 % dell'inquinamento atmosferico in Europa è prodotto dal settore edilizio;
- il 50 % delle risorse sottratte alla Natura è destinato all'industria edilizia;
- il 50 % dei rifiuti prodotti annualmente in Europa proviene dal settore edilizio.

Inevitabilmente l'attività edilizia è uno dei settori a più alto impatto ambientale che si applica attraverso l'inarrestabile consumo del territorio, l'alto consumo energetico e le emissioni in atmosfera ad esso connesse.

Il corretto utilizzo delle risorse del nostro Pianeta è un tema sempre più di attualità.

Questo perché per produrre l'energia necessaria alla nostra vita ed al nostro benessere, utilizziamo risorse naturali che si esauriranno in un prossimo futuro e ciò ci spinge ad uso razionale e ad un consumo senza sprechi.

Un edificio consuma energia durante tutto il suo ciclo di vita, ma la fase più critica coincide con il suo esercizio: **su una proiezione di 50 anni, climatizzazione estiva, illuminazione, produzione acqua calda e riscaldamento incidono per oltre il 90% sul consumo complessivo di energia dell'intero ciclo di vita.**

Pertanto, considerato che la gestione di una costruzione edilizia influisce notevolmente sull'impatto che la stessa ha sull'Ambiente e, quindi, sui costi diretti e indiretti, l'architettura sostenibile ha come obiettivo la progettazione "consapevole" di opere in grado di risolvere il divario tra la concezione estetica-formale e quella energetica-funzionale, mediante una progettazione integrata che garantisca l'obiettivo del risultato anche sotto il profilo prestazionale, economico ed ambientale.

Dunque, attraverso la definizione di architettura sostenibile (o green building), si intende superare l'annosa contrapposizione tra architettura cosiddetta "tradizionale" e "bioarchitettura", individuando un'unica architettura che possa soddisfare le esigenze espresse ed implicite di tutte le parti interessate, presenti o future.

Più nel dettaglio, nel 2004, la Comunità Europea ha definito il concetto di "edilizia sostenibile" promuovendo, all'interno del processo edilizio, un approccio metodologico (Life Cycle Assessment) che si basa sull'intero ciclo di vita dell'edificio, "dalla culla alla tomba" e cioè dall'individuazione del sito, alla costruzione, gestione e manutenzione, fino alla dismissione e al recupero dei materiali, con l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale complessivo.

Tutto questo comporta un approccio progettuale che ha, come fine, un prodotto edilizio che risulti gradevole, durevole, funzionale, accessibile, comodo e sano, efficiente, per quanto riguarda il consumo di risorse naturali ed energetiche, rispettoso dell'Ambiente circostante e della cultura locale, competitivo in termini di costi di gestione e di manutenzione.

Questo desiderio porta a un design che risponde a criteri di una realtà diversa. Attenta ai bisogni del nostro Pianeta e delle persone, ricorrendo all'uso di materiali, tecniche di lavorazione e di finitura biocompatibili.

## 3.2 Ecobilancio (LCA, UNI 14040 Life Cycle Assessment)

La metodologia più valida nel settore dell'edilizia per una valutazione quantitativa dei danni ambientali dovuti ad un prodotto-edificio-servizio è la metodologia Life Cycle Assessment, LCA.

La valutazione del ciclo vita è un metodo che consente di misurare, analizzare e comporre sull'arco di un intero ciclo di vita, dal punto di vista ambientale, il consumo di energia e materie prime, le differenti tipologie di emissioni e altri importanti fattori ambientali correlati ad uno specifico prodotto, processo o servizio.

Si cita la definizione di LCA fornita da SETAC – The Society of Environmental Toxicology and Chemistry, piattaforma internazionale per la tossicologia, che per prima nel 1990 ha pubblicato un *“Code of Practice”* ampiamente accettato sull'LCA:

*“Procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi a un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'Ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale”*

Nel caso specifico delle costruzioni, l'analisi LCA può essere considerata uno strumento di progettazione di tipo ingegneristico, utile a fornire risposte quantitative alle seguenti problematiche:

- selezione dei materiali, nel rispetto della loro funzione d'opera;
- scelta delle tecniche costruttive;
- individuazione delle soluzioni impiantistiche;
- gestione del fine vita dell'edificio.

L'applicazione della LCA già in fase di progettazione preliminare di un edificio può fornire informazioni oggettive di natura energetico ambientale al fine di supportare le successive fasi di progettazione esecutiva, consentendo in particolare, di imputare ad elementi e componenti strutturali impiantistici i corrispondenti impatti ambientali di ciclo di vita, fornendo dunque un valido contributo al processo decisionale.

Tale procedura è standardizzata a livello internazionale dalla norma ISO 14040.

Lo svolgimento di essa può essere sinteticamente riassunta in 4 punti:

1. Definizione degli obiettivi e finalità (Goal & Scope Definition): in questa fase vengono definiti i propositi dell'LCA e i confini del sistema. Inoltre, si stabilisce un'unità funzionale che costituisce il sistema di riferimento, relativo ad un determinato servizio, rispetto al quale vengono contabilizzati i flussi fisici inseriti nell'inventario, tutti gli ingressi e le uscite di energia e materiali. La scelta dell'unità funzionale nella LCA viene effettuata in base all'obiettivo da raggiungere. Il grado e i criteri di assunzione dei dati e l'autorevolezza e affidabilità delle fonti sono anche aspetti affrontati in quest'ambito.
2. Analisi dell'inventario (Life Cycle Inventory Analysis): una volta ricostruiti i processi sequenziali che costituiscono il sistema, si compila l'inventario all'interno del quale sono contenuti tutti i flussi fisici che compongono il sistema in esame. I principali fattori d'impatto (materie prime utilizzate, consumo di energia e di acqua, emissioni in aria, acqua e suolo, produzione di rifiuti) vengono quantificati. Per la compilazione dell'inventario si utilizzando software specifici.
3. Valutazione degli impatti (Life Cycle Impact Assessment): i dati dell'inventario vengono raggruppati in relazione agli effetti ambientali che producono, aggregati per tipologia di danno (indicatori) e attribuito loro un peso di importanza.

4. Interpretazioni (Life Cycle interpretation): i risultati raggiunti sono letti in funzione degli obiettivi. L'analisi dei risultati comprende le seguenti azioni: verifica della completezza dei dati, individuazione delle criticità ambientali, generazione di alternative e proiezione su scenari di confronto e migliorativi. I risultati sono presentati con l'utilizzo di grafici, indicatori aggregati e disaggregati, eco-bilancio, suddivisione in sub-sistemi, etc.

Sulla base della ISO 14040, si sono sviluppati ulteriori standard, come, ad esempio, la ISO 14025 che regola le etichette ambientali di prodotto di Tipo III, anche dette "EPD".

Per i sistemi edilizi, esistono protocolli internazionali, come LEED e BREEAM, che valutano diversi aspetti della sostenibilità, trascurando tuttavia la stima degli impatti ambientali durante la vita utile dell'intero sistema. Nella nuova versione del sistema di rating LEED (LEED v4), sono state apportate modifiche all'interno della sezione "Materiali e Risorse", attraverso l'introduzione di un nuovo criterio, "Riduzione dell'impatto ambientale sul ciclo di vita", relativo al singolo componente/materiale edilizio.

Altri standard, invece, indicano la metodologia per effettuare analisi LCA di interi sistemi edilizi, ma necessitano di complesse valutazioni che richiedono analisi particolarmente lunghe.

*Ma come si arriva ad una valutazione ambientale nel settore delle costruzioni con la metodologia di "life cycle assessment" (LCA), standardizzata dalla ISO 14040?*

Lo sviluppo sostenibile è attualmente uno degli argomenti sul quale la società moderna concentra le maggiori attenzioni. A seguito del cambiamento delle condizioni ambientali che sta interessando l'intero Pianeta, la società contemporanea sta lentamente rinnovando le regole dello sviluppo applicando il concetto di sostenibilità ad ogni attività in cui è coinvolta.

Per quanto riguarda il settore delle costruzioni, l'Europa ha emanato una Direttiva, il Regolamento (UE) n. 305/2011, che stabilisce, nell'ALLEGATO I "Requisiti di base delle opere di costruzione", che le opere di costruzione devono tener conto in particolare della salute e della sicurezza delle persone interessate durante l'intero ciclo di vita delle opere. Le opere di costruzione devono soddisfare diversi requisiti di base, per una durata di servizio economicamente adeguata; tra i requisiti elencati, le opere di costruzione devono:

- essere concepite e realizzate in modo da non rappresentare, durante il loro intero ciclo di vita, una minaccia per l'igiene o la salute e la sicurezza dei lavoratori, degli occupanti o dei vicini e da non esercitare un impatto eccessivo, sulla qualità dell'Ambiente o sul clima durante la loro costruzione, uso e demolizione;
- essere concepite, realizzate e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile.

Anche a livello nazionale le indicazioni normative nell'ambito della valutazione ambientale stanno diventando sempre più chiare e cogenti. Le recenti modifiche al Codice degli Appalti, che recepiscono le direttive europee 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, stabiliscono all'articolo 95 i criteri di aggiudicazione dell'appalto.

Precisamente, il Codice afferma che "i criteri di aggiudicazione sono considerati connessi all'oggetto dell'appalto ove riguardino lavori, forniture o servizi da fornire nell'ambito di tale appalto sotto qualsiasi aspetto e in qualsiasi fase del loro ciclo di vita". In particolare, l'offerta economicamente più vantaggiosa individuata sulla base del miglior rapporto qualità/prezzo, è valutata sulla base di criteri oggettivi, quali gli aspetti qualitativi, ambientali e/o sociali, connessi all'oggetto dell'appalto.

Nell'ambito di tali criteri possono rientrare:

- caratteristiche sociali, ambientali, contenimento dei consumi energetici e delle risorse ambientali dell'opera o del prodotto, caratteristiche innovative;

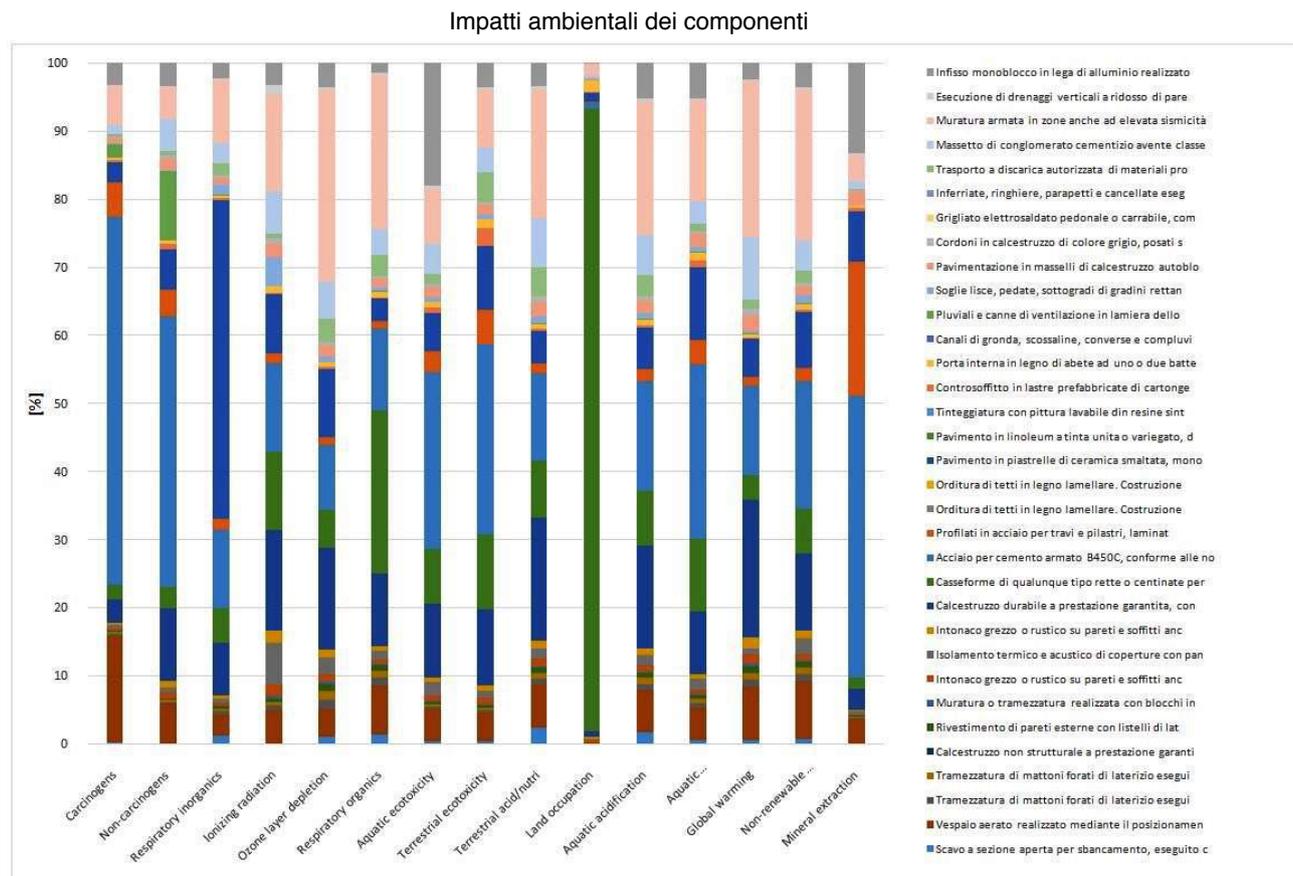
- il possesso di un marchio di qualità ecologica dell'Unione europea (Ecolabel UE) in relazione ai beni o servizi oggetto del contratto;
- il costo di utilizzazione e manutenzione avuto anche riguardo ai consumi di energia e delle risorse naturali, alle emissioni inquinanti e ai costi complessivi, inclusi quelli esterni e di mitigazione degli impatti dei cambiamenti climatici, riferiti all'intero ciclo di vita dell'opera, bene o servizio, con l'obiettivo strategico di un uso più efficiente delle risorse e di un'economia circolare che promuova Ambiente e occupazione;
- la compensazione delle emissioni di gas ad effetto serra.

### Esempio di una relazione LCA da un computo metrico tramite il servizio offerto da Primus

Con il servizio PriMus si ottiene una relazione in cui si valutano, attraverso la tecnica di LCA, gli impatti ambientali associati alla realizzazione di un intervento edilizio in base ai prodotti e alle lavorazioni elencati nel computo metrico estimativo inviato dal cliente.

La relazione include le ipotesi dello studio e comprende le quattro fasi dell'analisi LCA visti in precedenza fornendo i grafici e le tabelle degli impatti e dei danni ambientali risultanti.

Attraverso questa metodologia, è possibile individuare i componenti dell'involucro edilizio che causano i maggiori impatti ambientali e, dunque, si potrebbero individuare eventuali soluzioni alternative mirate ad un miglioramento del livello di sostenibilità ambientale associato all'intervento in esame.

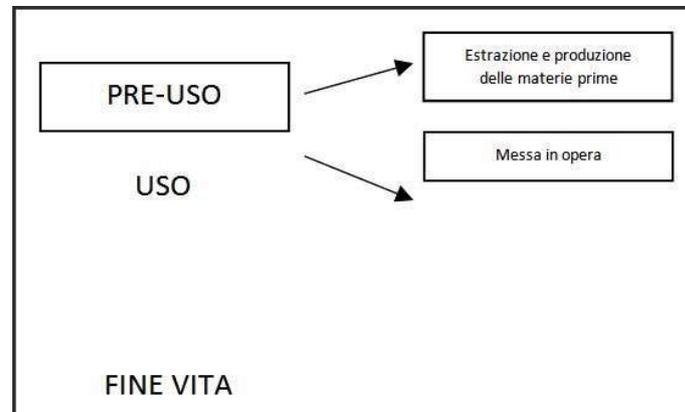


Oltre a fornire gli impatti ambientali assoluti e normalizzati al valore di impatto massimo, gli output dello studio LCA sono presentati in funzione di una unità/dimensione di riferimento, per poter favorire confronti tra opere simili, a parità di requisiti funzionali e strutturali. Per esempio

un'unità/dimensione di riferimento nel caso della costruzione o ristrutturazione di uno specifico edificio è il metro quadro (m<sup>2</sup>).

Gli impatti ambientali fanno riferimento all'estrazione e produzione dei materiali e messa in opera necessari alla realizzazione dell'intervento.

Si fornisce, inoltre, un valore indicativo degli impatti ambientali causati dalla fase di messa in opera dell'edificio. La figura seguente schematizza le fasi considerate nel caso studio.



Lo studio degli impatti ambientali è del tipo from cradle to gate(dalla culla alla tomba). Precisamente, si valutano gli impatti causati dall'estrazione e produzione dei materiali utilizzati per la realizzazione dei prodotti necessari alla costruzione dell'edificio. Sono escluse dal presente studio le fasi successive di lavorazione dei prodotti, e le fasi di uso, manutenzione e dismissione dell'involucro edilizio.

Per realizzare il modello di "life cycle assessment" dell'opera, si modellano le singole voci del computo metrico.

Ai fini dell'analisi del ciclo di vita si ricorre a comprovate metodologie di valutazione degli impatti ambientali, a valle della fase di inventario. Tra i metodi di valutazione degli impatti, IMPACT2002+ è uno dei più diffusi ed affidabili. Tale metodologia è stata sviluppata dallo Swiss Federal Institute of Technology di Losanna, in Svizzera ed è la combinazione di quattro metodi di valutazione degli impatti sviluppati in precedenza: IMPACT 2002, Eco-indicator 99, CML e IPCC.

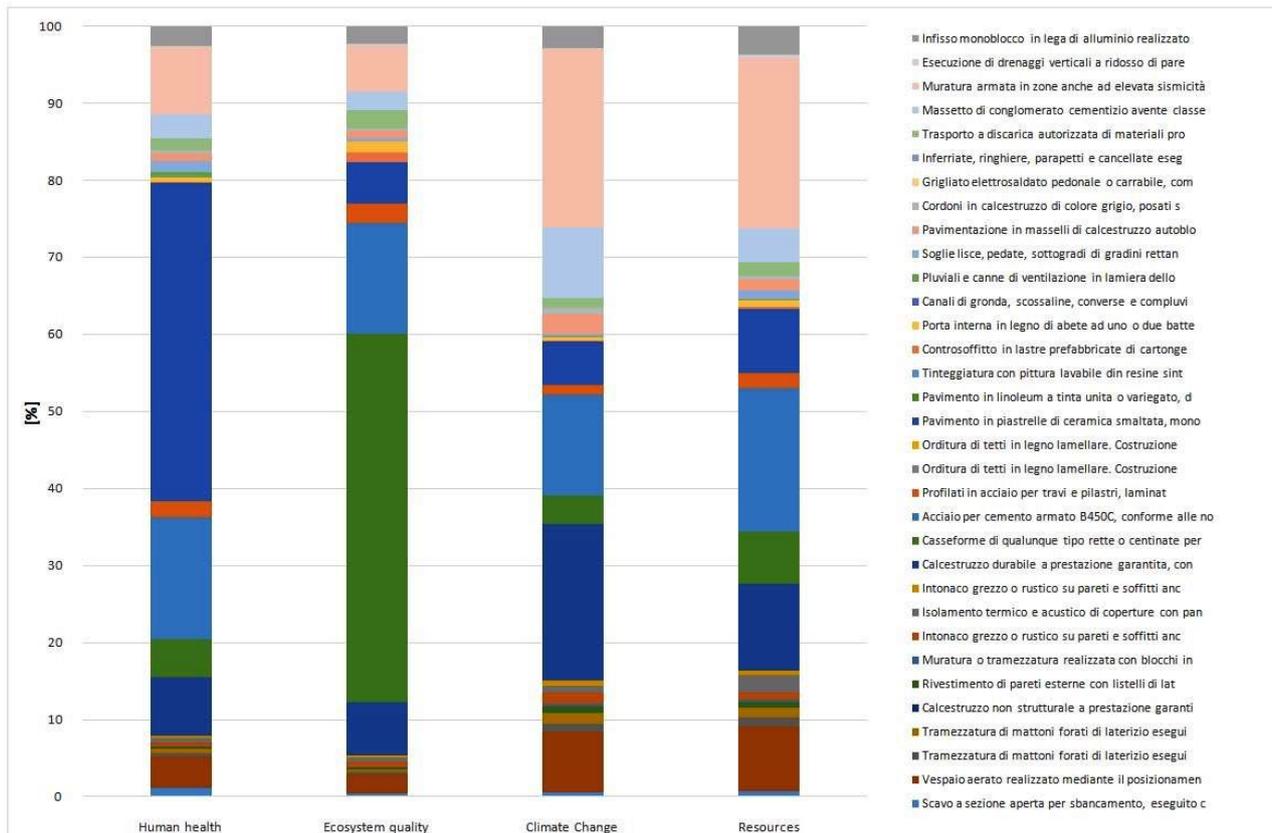
Il metodo fornisce i dati quantitativi per la valutazione della sostenibilità ambientale attraverso 15 categorie di impatti ambientali: tossicità umana (cancerogena e non cancerogena), effetti sulla respirazione (causati dalle sostanze inorganiche, quali le polveri sottili), radiazioni ionizzanti, assottigliamento dello strato di ozono nell'atmosfera, ossidazione fotochimica, ecotossicità acquatica, ecotossicità terrestre, acidificazione delle acque, eutrofizzazione delle acque, acidificazione/eutrofizzazione terrestre, uso del suolo, cambiamento climatico, utilizzo di energie non rinnovabili, estrazione di minerali.

Gli impatti stimati in questa fase del metodo vengono anche definiti "*midpointcategories*".

Le 15 categorie di impatto vengono fatte confluire in 4 categorie di danno: salute umana, misurata in DALY (Disability-Adjusted Life Years); qualità dell'ecosistema, misurata in PDF\*m<sup>2</sup>\*yr, ossia la frazione di potenziale in via di estinzione (PotentiallyDisappearedFraction) in una certa area e in un determinato intervallo di tempo per kg di sostanza emessa; cambiamenti climatici, misurati in kg di CO<sub>2</sub> equivalente in aria; risorse sfruttate, misurate in MJ.

In questa fase, i danni valutati vengono anche definiti "*endpointcategories*".

Le 4 categorie di danno in funzione delle 15 classi di impatto ambientale



Le 15 categorie di impatto e relativa unità di

Categorie di impatto	Unità di misura
Carcinogens	kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq
Non-carcinogens	kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq
Respiratory inorganics	kg PM <sub>2.5</sub> eq
Ionizing radiation	Bq C-14 eq
Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq
Respiratory organics	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
Aquatic ecotoxicity	kg TEG water
Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil
Terrestrial acid/nutri	kg SO <sub>2</sub> eq
Land occupation	m <sup>2</sup> org. arable
Aquatic acidification	kg SO <sub>2</sub> eq
Aquatic eutrophication	kg PO <sub>4</sub> P-lim
Global warming	kg CO <sub>2</sub> eq
Non-renewable energy	MJ primary
Mineral extraction	MJ surplus

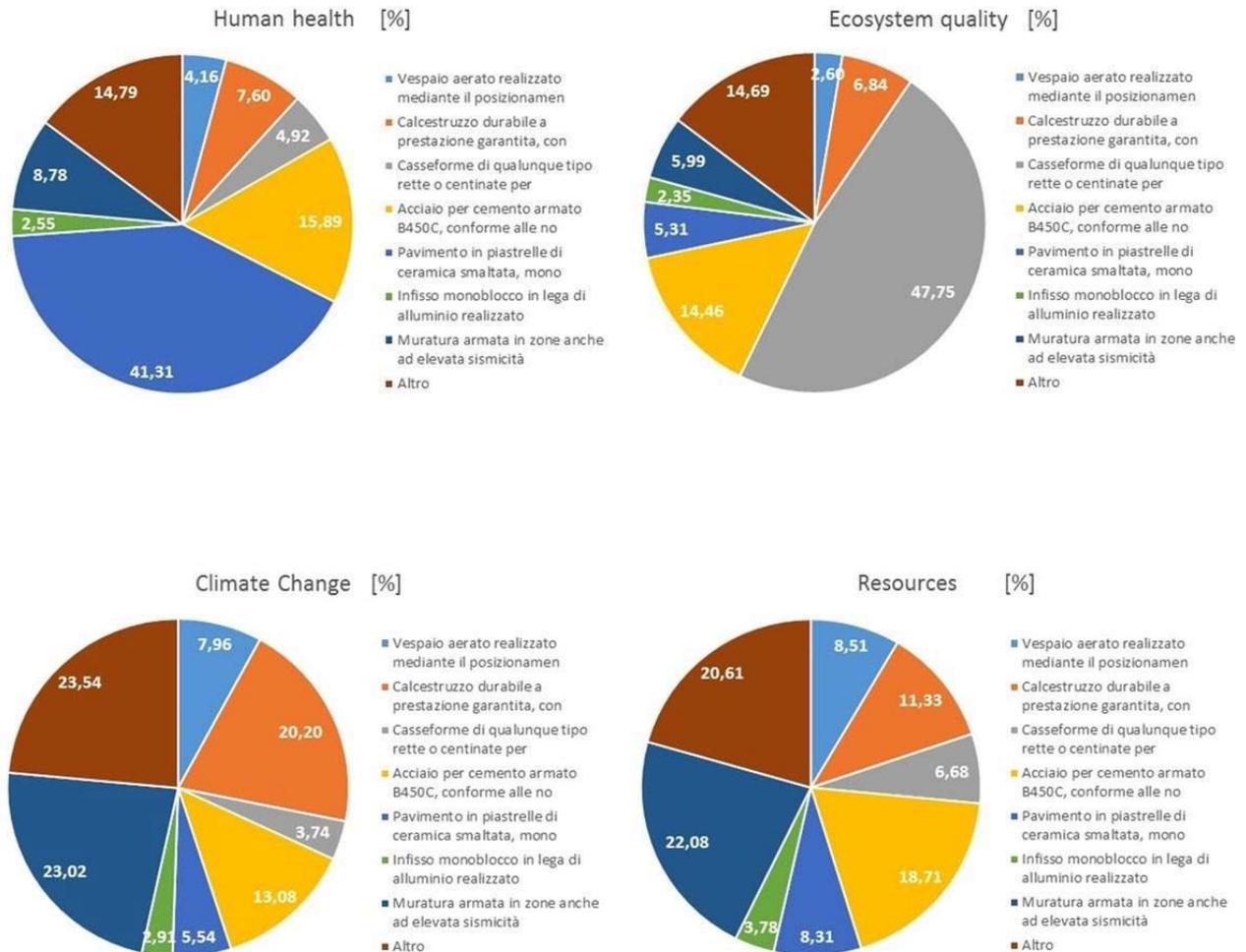
Inoltre, attraverso tale metodo è possibile presentare gli impatti calcolati in due fasi differenti.

La prima fase, viene detta "normalizzazione": i *midpoint*, vengono "normalizzati", ossia comparati a valori di riferimento rappresentati dai dati medi elaborati su scala europea, e riferiti ad un determinato periodo di tempo.

Attraverso la normalizzazione è possibile, quindi, stabilire l'intensità dell'impatto ambientale del sistema studiato rispetto alla media dell'impatto generato dalla popolazione nell'area geografica

prescelta come riferimento. I fattori di normalizzazione sono relativi alle categorie di danno e ai *midpoint*.

La seconda fase, ancora in miglioramento, prevede una pesatura per categorie di danno, rese confrontabili per effetto della normalizzazione: i valori degli effetti, vengono moltiplicati per i “fattori peso”, i quali esprimono l’importanza relativa attribuita alle differenti tipologie di impatto, a seconda della criticità, fornendo valori di punteggio singolo.



Utilizzando il metodo sopra esposto, si stimano gli impatti ambientali in termini di *midpoint* ed *endpoint*.

### 3.3 Economia circolare

L'aumento lineare e infinito della produzione e della prosperità è impossibile in un mondo nel quale le risorse sono invece finite. Nel 2010 il fabbisogno complessivo impiegato dall'essere umano ha raggiunto un punto di oltre il 50% della capacità rigenerativa della Terra. Secondo le stime delle Nazioni Unite, se le tendenze continueranno a essere quelle attuali, nel 2030 l'umanità avrà bisogno di due pianeti Terra per funzionare, e di tre nel 2050.

Di fronte ai problemi ambientali esistenti e alla scarsità delle risorse si rende necessario vedere la Terra come un sistema economico chiuso in cui l'economia e l'Ambiente non sono considerati da interconnessioni lineari, ma da una relazione circolare. In questo contesto si inserisce il concetto di economia circolare che ha l'obiettivo di creare un sistema industriale che sia rigenerativo e con principi più innovativi di sostenibilità ambientale. Può essere considerato un nuovo modello di sviluppo economico che combina benefici economici, ambientali e sociali.

L'economia circolare risponde all'aspirazione di una crescita sostenibile, in un contesto di una sempre maggiore pressione a cui la produzione e i consumi sottopongono tutte le tipologie di risorse e l'Ambiente.

L'economia lineare (risorsa-produzione-consumo-smaltimento) è il modello adottato finora, nel quale ogni tipologia di prodotto è destinato ad arrivare a fine vita attraverso lo smaltimento. Secondo invece l'approccio dell'economia circolare **ogni prodotto quando arriva alla fine della sua utilità ritorna nel processo sotto forma di risorsa**, che sarà a sua volta utilizzata nella produzione di un nuovo prodotto (risorsa- produzione-consumo-risorsa rinnovabile), in altre parole il prodotto continua a creare valore anche dopo la fine della sua vita utile. Ciò che normalmente si considerava come rifiuto può essere trasformato in una risorsa, gli output diventano input.

I punti centrali di tale modello sono l'utilizzo più efficiente delle risorse, il riciclaggio e la tutela dell'Ambiente.

I principi base dell'economia circolare sono tre:

- ridurre: ridurre il consumo di risorse e la produzione di rifiuti durante il processo di produzione, distribuzione e consumo;
- riutilizzare: usare i rifiuti direttamente come prodotti, a seguito di riparazioni, rinnovamento o riproduzione oppure, usare i rifiuti in modo parziale o complessivo direttamente come componenti di altri prodotti;
- riciclare: utilizzare i rifiuti direttamente come materia prima o a seguito di una rigenerazione.

Tali principi presentano una diversa importanza gerarchica all'interno del modello, essendo la riduzione delle risorse utilizzate nei processi produttivi il suo principio guida.

Affinché il sistema possa funzionare in modo ottimale ed essere considerato chiuso è necessario che i materiali riciclati e l'energia possano essere completamente riutilizzati, cioè, in presenza di zero scarico e inquinamento dell'Ambiente. Questo avviene nel momento in cui tutti gli output di un processo possono essere riutilizzati nel processo stesso o in altri processi senza che ci sia uno scarico diretto nell'Ambiente naturale.



Tuttavia, come si può vedere nella Figura, un circuito perfettamente chiuso potrebbe non avvenire. L'energia viene effettivamente consumata per avviare e mantenere il processo economico in funzione e i rifiuti residui esistono ancora in quanto una loro parte potrebbe non essere riutilizzata in alcun processo produttivo, comunque, sia il consumo energetico che i rifiuti prodotti sono di grandezza inferiori rispetto a quelli dell'attuale processo economico, cioè, con l'utilizzo dell'economia lineare. Nonostante, quindi, il circuito possa non essere perfettamente chiuso, si ritiene che questa dovrebbe comunque essere la direzione da seguire nello sforzo verso lo sviluppo sostenibile del sistema economico.

La transizione verso un'economia circolare richiede molti cambiamenti, dalla progettazione del prodotto a nuovi modelli di business, da nuove modalità di trasformazione dei rifiuti in risorse a nuove modalità di comportamento dei consumatori. Tutto ciò implica un cambiamento nell'intero sistema; l'innovazione è necessaria non solo nelle tecnologie, ma anche nelle imprese, nella società, nelle finanze e nelle politiche.

Europa 2020 è la strategia di crescita dell'Unione europea per i prossimi anni ; tale strategia ha l'obiettivo di spingere l'Europa a diventare un'economia intelligente, sostenibile e inclusiva. E la chiave per il raggiungimento di questo obiettivo passa proprio attraverso un consumo efficiente delle risorse, e quindi, attraverso l'economia circolare.

La Commissione europea ha adottato una tabella di marcia ai fini del raggiungimento di questo importante traguardo. Tale tabella fornisce un quadro nel quale le azioni future possono essere progettate e realizzate in modo coerente. Si delinea una visione per il cambiamento strutturale e tecnologico necessario fino al 2050, con importanti tappe da raggiungere entro il 2020.

I paesi europei quali la Germania, Regno Unito e Francia hanno in atto importanti iniziative mentre l'Italia, purtroppo, non rientra nell'elenco dei Paesi considerati come riferimenti per quanto riguarda l'applicazione delle pratiche dell'economia circolare. Questo, in quanto tale modello non viene ancora considerato quanto dovrebbe dai decisori politici, mancando, appunto, di una politica che promuova l'economia circolare sul territorio nazionale.

A prescindere dalla situazione italiana, è possibile affermare che, complessivamente, le iniziative dell'Unione europea in materia di economia circolare hanno tutte le possibilità per avere successo in quanto volte ad aiutare un processo già avviato e in parte attuato da esponenti di rilievo del settore imprenditoriale.

## 4. Architettura Bioclimatica

### 4.1 Applicazione storica

Un buon edificio deve garantire condizioni di benessere per le persone e per questo il comfort abitativo dovrebbe essere una priorità per la progettazione e realizzazione di architetture.

*Banale?* Non proprio, dato che esistono molti edifici che funzionano male.

Oggi gli edifici raramente sono ventilati e illuminati naturalmente, risultano poco dotati di un efficace isolamento termico ed ancora meno frequentemente sono dotati di sistemi per il guadagno termico. Inoltre l'edilizia corrente è costituita dall'eccessivo grado di uniformità a cui essa tende, dimenticando quelle particolarità costruttive diverse da ogni luogo, che la varietà climatica richiede.

*Negli ultimi anni sentiamo parlare sempre più spesso di case bioclimatiche, ma in cosa consiste in pratica questa particolare tipologia di costruzioni?*

L'architettura bioclimatica usa gli elementi naturali del sito (il sole, il vento, l'acqua, il terreno e la vegetazione) per realizzare edifici termicamente efficienti in grado di soddisfare i requisiti di comfort termico, riducendo drasticamente l'uso di impianti di climatizzazione.

L'approccio bioclimatico è legato al principio di **autosufficienza** e alla consapevolezza che i principali fenomeni che influiscono negativamente sull'Ambiente sono causati dal consumo di grandi quantità di energia. L'edilizia è un settore altamente inquinante poiché gran parte delle **emissioni dei gas e di CO<sub>2</sub> proviene proprio dagli impianti di climatizzazione e di riscaldamento.**

Lo scopo dunque dell'architettura bioclimatica è il controllo del microclima interno, con strategie progettuali "passive"[1] che, **minimizzando l'uso di impianti meccanici, massimizzano l'efficienza degli scambi termici tra edificio e ambiente circostante.**

Le esigenze termiche dell'edificio variano a seconda della stagione e della latitudine.

L'architettura bioclimatica definisce le caratteristiche geometriche e strutturali dell'edificio, la sua localizzazione, l'orientamento e lo studio dei venti, in modo tale da adattarsi alle diverse condizioni climatiche. Il risultato è un perfetto rapporto tra clima, edificio e benessere abitativo.

Generalmente nelle regioni a clima temperato (quali le nostre) si distinguono tre fasi termiche a cui corrispondono diversi requisiti dell'edificio:

**INVERNALE:** occorre favorire l'irraggiamento solare sulle pareti e le finestre per scaldare gli ambienti interni; occorre inoltre l'elevato isolamento termico dell'involucro per conservare il calore accumulato.

**ESTIVO:** occorre proteggere l'edificio dall'irraggiamento solare con dei sistemi di ombreggiamento, avere involucri con massa elevata e quindi ad alta inerzia termica[2], nonché favorire la ventilazione naturale dell'edificio.

**MEZZA STAGIONE:** richiede la combinazione di soluzioni in grado sia di raffrescare che di riscaldare.

La bioclimatica è una vera e propria materia, per questo se si vuole ottenere il reale funzionamento bioclimatico di un edificio, o di un insediamento, si devono effettuare studi che non tutti sono in grado di fare.

---

[1] Nell'edilizia i termini passivo/attivo sono riferiti alla strategia usata per la climatizzazione; "passiva" è quella che si affida alle caratteristiche dell'edificio, invece la strategia "attiva" è riferita all'uso di impianti;

[2] L'inerzia termica è quella caratteristica che consente alla struttura di opporsi al passaggio del flusso di calore e di assorbirne una quota, contribuendo al contenimento delle oscillazioni della temperatura interna.

Tra i moltissimi esempi di architettura vernacolare o, se vogliamo, spontanea, che ha un carattere bioclimatico, può essere incluso il Trullo delle Murge.



Tipico clima meridionale in cui si hanno importanti escursioni termiche maggiormente influenzate dall'azione dei venti. D'inverno prevale la tramontana fredda e secca da Nord, e d'estate, per contro, lo scirocco caldo e umido dal Sud-Est. Si vengono così a creare delle condizioni stagionali estreme.

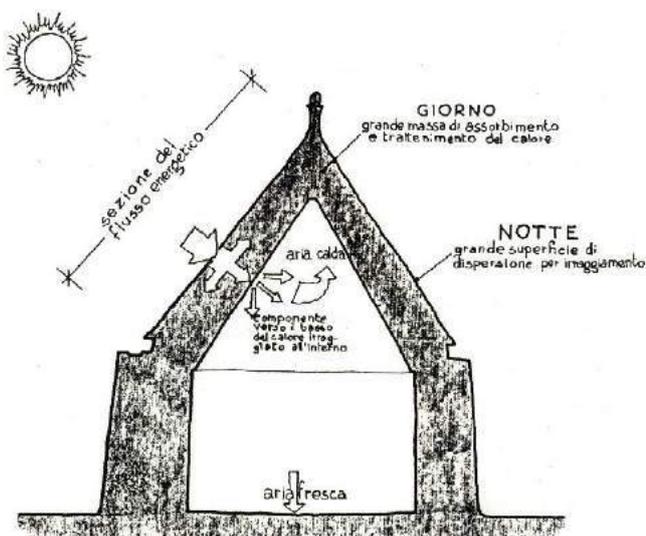
L'importanza della costruzione a Trullo dal punto di vista bioclimatico sta nel fatto che esso funziona da involucro termoregolatore del microclima interno. Tale prestazione si basa principalmente su tre elementi: *il tipo di materiale, lo spessore delle murature e la forma dell'edificio.*

Il materiale con cui viene costruito il Trullo è un calcare duro e compatto, reperibile sul posto sia in blocchi squadrati che in banchi rocciosi scistosi; il primo tipo è usato per le murature di piedritto e la struttura del cono, l'altro per il manto di copertura.

Questo tipo di pietra è un cattivo conduttore di calore ma l'elemento determinante è, invece, lo spessore delle murature che varia da un minimo di 100-150 cm ad un massimo di 200-250 cm. Questa notevole massa muraria permette di avere una forte inerzia termica, potendo così sfruttare i vantaggi di accumulo/rilascio di calore ottimizzando il comfort interno.

La massa permette di smorzare le escursioni termiche esterne ed avere una sfasatura all'interno. In altre parole la variazione di temperatura esterna è registrata poco all'interno e per di più dopo alcune ore.

Il terzo elemento che contribuisce a definire le qualità bioclimatiche del Trullo è la forma dell'edificio o, più precisamente, la forma della sua copertura. I vantaggi dovuti alla forma conica del tetto sono più evidenti nel periodo estivo, quando si vuol preservare fresca l'aria interna.

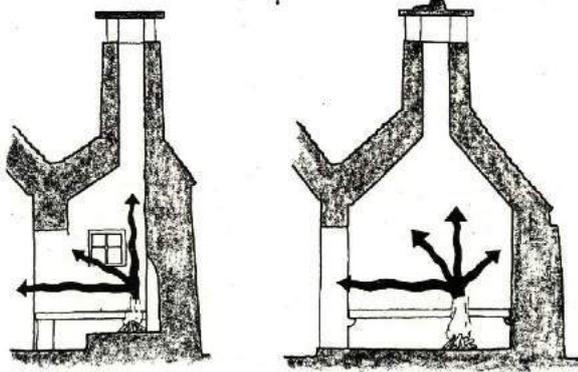


Il meccanismo di termoregolazione si basa sul fatto che lo spessore del cono, durante il giorno, permette alla muratura di assorbire molto calore e di trattenerlo per poi disperderlo per irraggiamento durante la notte; tale dispersione risulta molto efficace in quanto la superficie esterna del cono è molto estesa. Una parte del calore assorbito dalla muratura di copertura riesce, tuttavia, ad arrivare alla faccia interna e ad irraggiarsi. Esso, comunque, rimane nell'invase del cono e solo una minima parte raggiunge la zona sottostante di soggiorno.

Schema di un comune focolare



Schemi di tipici focolari dei Trulli



L'altra azione termoregolatrice del Trullo é quella, ovviamente, rivolta a conservare il calore prodotto d'inverno dal focolare e dai bracieri. Il primo presenta alcune particolarità su cui vale la pena soffermarsi: la zona fuoco non é incassata nel muro, con la canna fumaria di conseguenza nascosta nella parete, ma costituisce un tutt'uno con l'ambiente ad essa destinato. Alcune volte l'intero invaso del cono che copre questo ambiente funge da cappa, mentre il suo vertice é lasciato aperto come imboccatura del fumaiolo. L'importanza di queste soluzioni consiste nella possibilità di utilizzare l'ambiente che ne risulta come zona di soggiorno e, a volte, come posto letto; mentre il fatto di essere molto aperto consente al calore di propagarsi più facilmente nella parte centrale del Trullo e da qui negli altri vani.

In conclusione di questo esempio, più che un nuovo approccio alla progettazione degli edifici, la bioclimatica può essere vista come la riscoperta di un modo più tradizionale di concepire l'architettura.

Molti dei concetti della moderna architettura bioclimatica, infatti, si rifanno a tecniche di costruzione utilizzate in passato quando, data la scarsità di risorse energetiche, l'adattamento all'ambiente circostante rappresentava l'unico modo per proteggersi da condizioni climatiche avverse.

Ulteriori esempi sono: Il sistema termale romano, I Sassi di Matera, I Damnusi di Pantelleria, Le abitazioni della Val Chiavenna, Il Limoniere del lago di Garda, La Mesa Verde in Colorado (USA), Le torri del vento iraniane, Le ville rinascimentali di Costozza, casi che non possono considerarsi esaustivi, ma in grado di dimostrare la validità dei principi dell'architettura bioclimatica, assai più numerosi di quelli sopra citati.

Un'ulteriore considerazione che vorrei mettere in evidenza è l'**importanza di costruire edifici a elevata inerzia termica**. Questo è ottenibile considerando il concetto di "Massa" (vedi par. 5.6).

Tali strutture massive assumono maggior rilievo nelle condizioni climatiche mediterranee quale gran parte della nostra penisola, ma questo non è da abbandonare anche nelle zone più fredde con necessità di un'adeguato isolamento. Come già precedentemente affermato, i principi ispiratori dell'architettura bioclimatica affondano prevalentemente nelle teorie biologiche che studiano le connessioni tra la climatologia e la vita, individuando e definendo le modalità attraverso le quali l'Uomo può costruire la propria abitazione tenendo conto dei vari tipi di clima che si incontrano sul Pianeta.

Un altro caso di tale progettazione, questa volta in un clima polare, può far riferimento al famoso Igloo, la cui risposta costruttiva si adattava per fronteggiare il forte freddo tipico del luogo.

Antica abitazione degli Inuit del Canada (detti anche Eschimesi), realizzata con blocchi di neve e ghiaccio. Era un'abitazione temporanea usata nelle migrazioni per la caccia invernale.

La volta semisferica è l'unica forma strutturale idonea con l'impiego della neve, materiale resistente unicamente a compressione.



I concetti che stanno alla base del funzionamento dell'Igloo di neve sono tanto semplici quanto efficaci: orientamento del tunnel di ingresso sottovento, forma aerodinamica, impermeabilità all'aria e all'acqua, isolamento termico dovuto all'aria contenuta nella neve.

Caratteristiche del clima:

- l'inverno dura più di otto mesi e le estati sono brevi e fresche;
- le stagioni intermedie sono assenti;
- il terreno rimane coperto di neve per 5-8 mesi;
- la temperatura dell'aria è sempre bassa, la media del mese più caldo è inferiore a 10 °C;
- le precipitazioni sono scarse.

Strategie di benessere ambientale:

- minimizzare la dispersione del calore verso l'esterno;
- ridurre al minimo indispensabile l'aerazione e la ventilazione interna;
- sfruttare l'inerzia termica del terreno.

Risposta costruttiva:

- volumi compatti;
- pareti massicce;
- volume in parte seminterrato;
- piccole aperture.



Per completezza un ultimo esempio riguarda il clima di montagna, tipico del Centro-Nord Europa come quello Alpino.

Le costruzioni del Nord sono caratterizzate dal tetto spiovente a falde molto inclinate e dall'impiego del legno come materiale da costruzione in difesa del freddo. L'inclinazione del tetto permette di far scivolare rapidamente la pioggia e gli elevati carichi nevosi, che altrimenti graverebbero col loro peso sulla copertura causando cedimenti e infiltrazioni. Lo spessore della neve che rimane fa invece da strato isolante naturale.

Il legname dei vicini boschi di conifere, fornisce il materiale prevalente da costruzione, tronchi, tavole, fibra, un vero esempio di filiera corta.

Come l'albero della foresta, la casa alpina si radica sulla roccia. Su un basamento di pietra locale, i piani

soprastanti sono costituiti da strutture di legno, che da sempre sfruttano spontaneamente tutte le caratteristiche di questo materiale, utili per contenere il calore e far respirare la casa profumandone l'interno.

Spesso la casa alpina ha alle spalle un bosco o un pendio che la protegge dal vento del nord mentre si affaccia sul lato più soleggiato di un prato o di una valle, per captare l'energia termica del sole ed immagazzinarla al suo interno.

Sebbene oggi non esiste un edificio il cui fabbisogno energetico venga coperto esclusivamente in maniera passiva, **un attento studio dei flussi energetici dall'esterno all'interno e viceversa può portare a costruzioni autosufficienti anche oltre l'80%.**

Il fabbisogno energetico mancante viene "coperto" dai moderni sistemi che si basano su risorse rinnovabili, come il solare fotovoltaico, il pannello solare termico, il micro eolico, pompa di calore geotermica ecc.

Per quando riguarda invece i sistemi passivi da applicare alla progettazione dell'edificio, questi possono essere:

- I. Sistemi passivi che producono riscaldamento: Serra solare, Atrio bioclimatico, Muro trombe.
- II. Sistemi passivi che producono raffreddamento: Schermature solari, earth pipe, inerzia termica, camino di ventilazione.

## 4.2 Riflessioni

### *ESISTE UNA "CASA PASSIVA"... IDEALE PER L'ERA nZEB ?*

Sembra sia diventato un vizio quello di consumare in modo esagerato senza considerare le possibili conseguenze. Basti pensare alle temperature record che stanno caratterizzando la nostra estate. Gran parte delle strutture che abitiamo non sono all'altezza di gestire questo caldo, quindi si ricorre in misura prolungata ai climatizzatori.

Ormai si vive con l'ansia di accendere il condizionatore perché non si sopporta il caldo, ma se non lo accendiamo, la casa assomiglia a un forno.

Purtroppo, questa "moda" di accendere i condizionatori, invece di ripensare gli edifici e il modo di costruirli, è soltanto uno di quei comportamenti che sta causando gravi problemi alla salute dell'Ambiente. Non solo provoca le emissioni di gas, anzi aggrava il problema del riscaldamento globale, oggi in terribile aumento. In poco tempo potremmo provocare lo sconvolgimento dell'intero assetto climatico fino ad arrivare addirittura all'estinzione di molte specie animali e vegetali. In questo senso si sta muovendo anche la Direttiva Europea per le prestazioni energetiche degli edifici che mira a ridurre entro il 2020 i consumi energetici e le emissioni globali di gas serra, imponendo dopo tale data solo "edifici a energia quasi 0" (Nearly Zero Energy Building). L'nZEB, a grandi linee, è un immobile caratterizzato da un involucro ad alta prestazione e impianti ad alto rendimento, alimentati da fonti rinnovabili di energia.

L'atteggiamento più comune per rispondere a questi "obblighi" è rientrare nei limiti previsti dalla legge con numeri e misure, senza pensare alle conseguenze che certe scelte costruttive comportano, soprattutto sul benessere delle persone, sui loro portafogli e, ancora di più, sulla salute del Pianeta. **La dimostrazione sono quelle case che vengono indicate come "passive" pur essendo edifici super-isolati che in estate dipendono dal climatizzatore, che per cambiare aria hanno bisogno della VMC(ventilazione meccanica controllata), per combattere l'eccessivo accumulo di umidità, hanno bisogno di deumidificatori...**

Può darsi anche che questo tipo di case vendute come "ad alta prestazione energetica e alimentate con energie rinnovabili" siano repute "ecologiche", peccato che ospitino al loro interno talmente

tante macchine, da richiedere impianti fotovoltaici enormi, senza tener conto degli sforzi necessari per predisporre tali impianti. **Troppo spesso si dimentica che l'energia, rinnovabile o meno, costa e che la vita di tutti i "sistemi" atti a produrla è limitata nel tempo e sempre legata a costi onerosi di produzione, installazione, manutenzione e smaltimento.** Il rischio in agguato, purtroppo, è quello di continuare a costruire male: "case-forno" dipendenti solo da tecnologie energivore.

L'obiettivo di tutti dovrebbe essere quello di trovare soluzioni adeguate alle esigenze delle varie zone climatiche e costruire con materiali sani. La terra cruda, la canapa, materiali naturali per i quali è necessaria poca (pochissima!) energia. Energia rinnovabile in quantità contenute perché per funzionare gli edifici sfruttano le proprietà di cui dispongono naturalmente. **Realizzare case in cui al primo accenno di sole, non si debba per forza chiudere le finestre e accendere il clima, ma case pensate secondo la "Progettazione Bioetica",** che possano integrarsi perfettamente in un Ambiente, senza danneggiarlo; che possano conservarne la salubrità, salvaguardando anche la salute delle persone che vi abitano; che possano soddisfare in tutto e per tutto i requisiti di sostenibilità ambientale.... soluzioni oggi davvero possibili, ma che per qualcuno, forse, sono ancora un "sogno".

## 5. Edilizia contemporanea

### 5.1 Costruzioni in legno

I sistemi costruttivi più collaudati per la realizzazione di case prefabbricate in legno sono principalmente due: il Platform Frame e X-Lam.

Il Platform Frame è il sistema più diffuso, presente in Italia, in Europa e nel Mondo; tipico delle case in legno americane è l'evoluzione del più noto "Balloon Frame", utilizzato già dal 1750 in America.

Questa metodologia di costruzione intelaiata di tipo leggero, si compone di una struttura a telaio che funge da piattaforma sulla quale far poggiare le pareti ed i tramezzi. Viene così a formarsi un reticolo di elementi orizzontali (travi) e verticali (pilastri).



I prodotti di base della struttura a telaio sono profili in legno lamellare e pannelli strutturali OSB (Oriented Strand Board, pannello a scaglie di legno orientate) che ne assicurano la controventatura. Ogni parete o solaio è formato da montanti verticali posti ad interasse, solitamente piuttosto ridotto (intorno ai 60 cm). In una costruzione multipiano (parliamo generalmente di max. 3 piani), a livello del primo piano il telaio viene fissato alla platea in cemento armato; gli eventuali altri piani sfruttano invece il solaio sottostante come piattaforma (da cui il nome platform).

In questo sistema, l'isolamento viene inserito all'interno della struttura portante, affiancato da teli "freno vapore" per controllare la formazione di condensa interstiziale all'interno del materiale isolante.

Prevede inoltre un ulteriore isolamento a cappotto sul paramento esterno.

Esempio di stratigrafia in Platform Frame (Valore U medio di 0,19 W/m<sup>2</sup>K) in linea con le Normative "nZEB", per qualsiasi fascia climatica italiana:

Spessore 27,80 cm



- 1 Pannello cartongesso 13 mm;
- 2 Lana di legno mineralizzata per cavedio impianti;
- 3 Pannello OSB3 spessore 18 mm
- 4 Freno vapore interno;
- 5 Colbentazione lana di roccia Rookwool 225 densità 70 Kg/Mc;
- 6 Trave lamellare impregnata in autoclave;
- 7 Freno vapore esterno;
- 8 Pannello OSB3 spessore 18 mm prodotto
- 9 Cappotto esterno in Lana di legno mineralizzata;
- 10 Rasatura minerale idrofobizzata in doppia mano 7 mm, rete in fibra di vetro indestruggibile, fondo minerale uniformemente pigmentato, intonachino minerale silossanico, antimuffa e idrorepellente 1,5 mm

Massa superficiale 85 Kg/m<sup>2</sup> 😞  
 Trasmittanza termica U = 0,176 W/m<sup>2</sup>K 😊  
 Trasmittanza termica periodica Y<sub>ie</sub> = 0,044 W/m<sup>2</sup>K 😊  
 Sfasamento φ = 12,27 ore 😊  
 Attenuazione fd = 0,248 😞  
 Capacità termica areica periodica lato interno (C<sub>ip</sub>) K<sub>1</sub> = 30,0 KJ/m<sup>2</sup>K 😞

1) Scegliere il tipo di componente edilizio			2) Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 24 ore)						24	
Chiusura verticale			Periodo delle variazioni termiche T	[sec]					86400	
			Resistenza termica sup interna R <sub>si</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]					0,13	
			Resistenza termica sup esterna R <sub>se</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]					0,04	
Descrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduktività termica (λ) [W/mK]	Resistenza termica [m <sup>2</sup> K/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza termica aria [m <sup>2</sup> K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (δ) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m <sup>2</sup> K/W]	
R <sub>si</sub>	Aria	Strato laminare interno	1	2	3	4	5		0,130	
1	Cartongesso	0,013	0,250	1000	900		0,087	0,149	0,052	
2	Lana legno mineralizzata	0,040	0,070	2100	360		0,050	0,793	0,571	
3	OSB3	0,018	0,120	1700	640		0,055	0,327	0,150	
4	Lana di roccia	0,140	0,035	1030	70		0,116	1,212	4,000	
5	OSB3	0,018	0,120	1700	640		0,055	0,327	0,150	
6	Lana legno mineralizzata	0,040	0,070	2100	360		0,050	0,793	0,571	
7	Rasante per cappotti	0,009	0,750	1000	1350		0,124	0,073	0,012	
8							-	-	-	
9							-	-	-	
10							-	-	-	
11							-	-	-	
12							-	-	-	
13							-	-	-	
14							-	-	-	
15							-	-	-	
R <sub>se</sub>	Aria	Strato laminare esterno							0,040	
Spessore totale componente [cm]			27,80	Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]					5,677	
<a href="http://www.mygreenbuildings.org">http://www.mygreenbuildings.org</a>			<b>RISULTATI</b>			2011 @ Ing. Andrea Ursini Casalena				
<b>Regime periodico stabilizzato</b>			T =	24	ore	<b>Regime stazionario</b>				
Fattore di decremento (attenuazione)	fd	[-]	0,248		Massa superficiale Ms [kg/m <sup>2</sup> ]					85
Ritardo fattore di decremento (sfasamento)	φ	[h]	12,27		Resistenza termica totale Rt [m <sup>2</sup> K/W]					5,677
Trasmittanza termica periodica	Y <sub>ie</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	0,044		Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K]					0,176
Ammetenza termica lato interno	Y <sub>ii</sub>	[W/m <sup>2</sup> K], [h]	2,15	2,74	Conduittanza C [W/m <sup>2</sup> K]					0,182
Ammetenza termica lato esterno	Y <sub>ee</sub>	[W/m <sup>2</sup> K], [h]	2,67	3,52	Capacità termica areica C <sub>ta</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]					134
Capacità termica periodica lato interno	k <sub>1</sub>	[kJ/m <sup>2</sup> K]	30,0	37,2	Costante di tempo τ [h]					211
Capacità termica periodica lato esterno	k <sub>2</sub>	[kJ/m <sup>2</sup> K]	37,1	39,7						
Fattore di smorzamento superficiale interno										
Parete disperdente	fsd	[-]	0,720	0,652						
Parete interna	fsi	[-]	0,716	0,649						

L'X-Lam o Cross-Lam è un sistema a pannelli massicci la cui sperimentazione e commercializzazione inizia nel mercato austriaco e tedesco alla fine degli anni 90. In Italia la diffusione di questo prodotto è avvenuta negli ultimi dieci anni, inizialmente impiegandolo come impalcato per solai di copertura e solai di piano, poi in qualche sporadico caso di costruzione interamente realizzata in legno, un utilizzo più consistente avviene solo a seguito del terremoto dell'Aquila del 2009.

Il pannello monolitico X-Lam è costituito da tavolame incollato a strati incrociati (minimo 3 strati) di spessore e dimensioni molto variabili, le cui caratteristiche geometriche dipendono in generale dal dimensionamento statico della costruzione.

Sul mercato sono presenti anche versioni di pannello senza l'impiego di colle, che adoperano chiodature o cavicchi passanti di legno per saldare il tavolame.

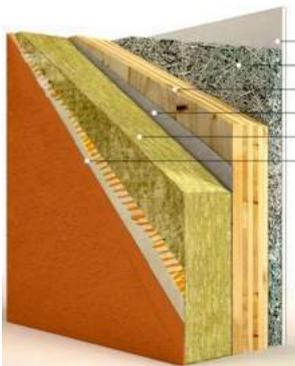
In linea di massima maggiore è il numero degli strati, maggiore è la possibilità di realizzare edifici pluripiano, in generale fino a un massimo di 4 piani.

La parete appoggiata sulla platea in cemento armato, prevede il pannello portante a cui viene incollato il cappotto isolante sul lato esterno e l'ulteriore materiale isolante sul paramento interno.



Esempio di stratigrafia in X-Lam (Valore U medio 0,19 W/m²K) in linea con le Normative "nZEB", per qualsiasi fascia climatica italiana:

Spessore 31,20 cm



- 1 Pannello cartongesso 13 mm;
- 2 Cavetto impianti spessore mm 50 realizzato con profilo supporto cartongesso riempito con lana di legno mineralizzata;
- 3 Pannello X - Lam a 5 strati spessore mm 120;
- 4 Ponte di adesione "fondo-apretto";
- 5 Cappotto esterno in Lana di roccia Front Rock spessore 120 mm;
- 6 Rasatura minerale idrofobizzata in doppia mano 7 mm, rete in fibra di vetro indemagliabile, fondo minerale uniformante pigmentato, intonacchio minerale silossanico, antimuffa e idrorepellente 1,5 mm.

Massa superficiale 109 Kg/m²



Trasmittanza termica U = 0,192 W/m²K



Trasmittanza termica periodica Y<sub>ie</sub> = 0,015 W/m²K



Sfasamento φ = 14.42 ore



Attenuazione f<sub>d</sub> = 0,077



Capacità termica areica periodica lato interno (C<sub>ip</sub>) K<sub>1</sub> = 27,0 KJ/m²K



1) Scegliere il tipo di componente edilizio			2) Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 24 ore)						24	
Chiusura verticale			Periodo delle variazioni termiche T	[sec]						86400
			Resistenza termica sup interna R <sub>si</sub>	[m²K/W]						0,13
			Resistenza termica sup esterna R <sub>se</sub>	[m²K/W]						0,04
Descrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (λ) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m³]	Resistenza termica aria [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (δ) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m²K/W]	
R <sub>si</sub> Aria Strato laminare interno										
1	Cartongesso	0,013	0,250	1000	900		0,087	0,149	0,052	
2	Lana legno mineralizzata	0,050	0,070	2100	360		0,050	0,991	0,714	
3	X-LAM	0,120	0,130	2100	470		0,060	1,994	0,923	
4	Lana di roccia Front	0,120	0,036	1030	90		0,103	1,161	3,333	
5	Rasante per cappotti	0,009	0,750	1000	1350		0,124	0,073	0,012	
6							-	-	-	
7							-	-	-	
8							-	-	-	
9							-	-	-	
10							-	-	-	
11							-	-	-	
12							-	-	-	
13							-	-	-	
14							-	-	-	
15							-	-	-	
R <sub>se</sub> Aria Strato laminare esterno									0,040	
Spessore totale componente [cm]		31,20		Resistenza termica totale [m²K/W]				5,205		
<a href="http://www.mygreenbuildings.org">http://www.mygreenbuildings.org</a>			<b>RISULTATI</b>			2011 @ Ing. Andrea Ursini Casalena				
<b>Regime periodico stabilizzato</b>					<b>Regime stazionario</b>					
T = 24 ore										
Fattore di decremento (attenuazione)	f <sub>d</sub>	[-]	0,077		Massa superficiale	M <sub>s</sub>	[kg/m²]	109		
Ritardo fattore di decremento (sfasamento)	φ	[h]	14,42		Resistenza termica totale	R <sub>t</sub>	[m²K/W]	5,205		
Trasmittanza termica periodica	Y <sub>ie</sub>	[W/m²K]	0,015		Trasmittanza	U	[W/m²K]	0,192		
Ammettenza termica lato interno	Y <sub>ii</sub>	[W/m²K], [h]	1,96		Conduttanza	C	[W/m²K]	0,199		
Ammettenza termica lato esterno	Y <sub>ee</sub>	[W/m²K], [h]	1,19		Capacità termica areica	C <sub>ta</sub>	[kJ/m²K]	191		
Capacità termica periodica lato interno	k <sub>1</sub>	[kJ/m²K]	27,0		Costante di tempo	τ	[h]	276		
Capacità termica periodica lato esterno	k <sub>2</sub>	[kJ/m²K]	16,4							
Fattore di smorzamento superficiale interno										
Parete disperdente	f <sub>sd</sub>	[-]	0,745							
Parete interna	f <sub>si</sub>	[-]	0,745							

## 5.2 Costruzioni in calce e canapa

Unire i pregi del legno a quelli della calce e canapa creando un modulo semi-prefabbricato per la realizzazione di costruzioni in Bioedilizia è l'idea davvero innovativa che sta prendendo piede anche in Italia.

Due materiali capaci di offrirci un futuro sostenibile, ideale connubio fra tradizione ed innovazione, che ci ricollega ancora una volta e non potrebbe essere altrimenti, con le nostre origini. La canapa è una pianta estremamente resistente, capace di crescere senza l'uso di fertilizzanti e pesticidi, bonificando i terreni ed assorbendo le sostanze inquinanti e metalli pesanti (vedi cap. 9).

**La calce viene usata fin dall'antichità** in edilizia, gli Egiziani la utilizzarono per intonacare le piramidi circa 6000 anni fa, i Romani utilizzavano regolarmente malte a base di calce (Pantheon, acquedotti, ecc.), **da sempre materiale fondamentale nei lavori di conservazione degli edifici storici** di cui l'Italia è ricchissima.

La realizzazione di queste strutture avviene utilizzando un telaio strutturale, di solito in legno, ancorato sulla platea in cemento armato e tamponato con il cosiddetto Biomattone.

I biomattoni sono blocchi prefabbricati in biocomposito di canapa e calce di dimensione media 20x50 cm.

Un set completo di prodotti base per l'edilizia è stato sviluppato dall'azienda italiana Equilibrium srl di Lecco. Particolare è il così chiamato Natural Beton, un materiale applicato a spruzzo composto da un legante di calce idrata dolomitica e legno di canapa, che combina le buone proprietà di isolamento alla contenuta massa termica. È possibile variare le modalità di miscelazione e le proporzioni dei materiali in base alla necessità che si intende soddisfare.

Questo biocomposito e la sua versatilità, permette di ottenere un buon risultato finale con ottime caratteristiche, come l'isolamento termoacustico, la traspirabilità igrometrica, la leggerezza e durevolezza, la salubrità e riciclabilità.

Quindi il Biomattone e il Natural Beton, pur avendo una bassa inerzia termica, hanno tutte le qualità richieste ad un materiale da costruzione in linea con uno sviluppo sostenibile: **alta capacità isolante, bassa energia incorporata e capacità di assorbire CO2 dall'atmosfera.**



Il Natural Beton e Biomattone vengono utilizzati per la realizzazione di:

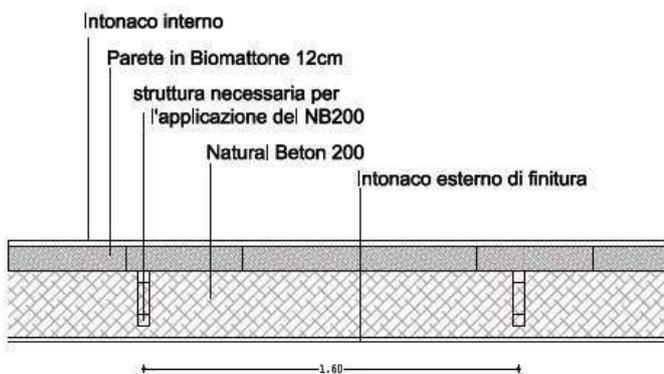
- muratura di tamponamento;
- tavolati divisorii;
- isolamento di tetto e sottotetto;
- isolamento sottofondo/vespaio;
- coibentazione interna/esterna ;
- termointonaco deumidificatore.

Esempi di stratigrafia in calce e canapa (Valore U medio di 0.19 W/m<sup>2</sup>K) in linea con le Normative “nZEB”, per qualsiasi fascia climatica italiana:

### A. Biomattone e Natural Beton 200

18cm di Natural Beton 200 su parete interna in Biomattone da 12cm, completa di ciclo intonaco di finitura in calce su lato interno (1,5 cm) ed esterno (2 cm).

Spessore 33,50 cm



Massa superficiale 122 Kg/m<sup>2</sup> 😞

Trasmittanza termica U = 0,187 W/m<sup>2</sup>K 😊

Trasmittanza termica periodica Y<sub>ie</sub> = 0,020 W/m<sup>2</sup>K 😊

Sfasamento φ = 16.46 ore 😊

Attenuazione fd = 0,105 😊

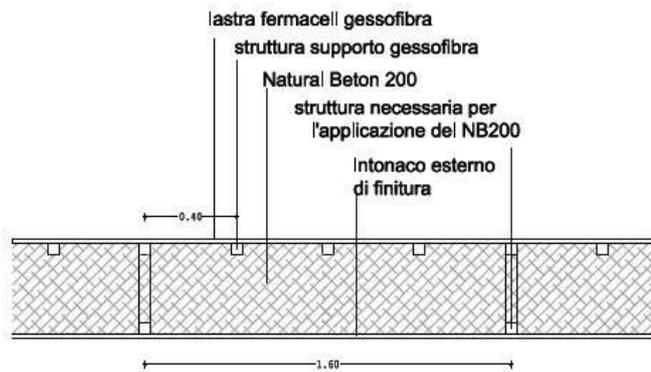
Capacità termica areica periodica lato interno (C<sub>p</sub>) K<sub>1</sub> = 33,4 KJ/m<sup>2</sup>K 😞

1) Scegliere il tipo di componente edilizio			2) Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 24 ore)						24	
Chiusura verticale			Periodo delle variazioni termiche T	[sec]						86400
			Resistenza termica sup interna R <sub>si</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]						0,13
			Resistenza termica sup esterna R <sub>se</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]						0,04
Descrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (λ) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza termica aria [m <sup>2</sup> K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (δ) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m <sup>2</sup> K/W]	
R <sub>si</sub> Aria	Strato laminare interno		1	2	3	4	5		0,130	
1	Intonaco di calce	0,015	0,470		1000	1450		0,094	0,159	0,032
2	Biomattone	0,120	0,070		1870	330		0,056	2,148	1,714
3	Natural Beton	0,180	0,053		1500	175		0,075	2,416	3,396
4	Intonaco di calce	0,020	0,470		1000	1450		0,094	0,212	0,043
5								-	-	-
6								-	-	-
7								-	-	-
8								-	-	-
9								-	-	-
10								-	-	-
11								-	-	-
12								-	-	-
13								-	-	-
14								-	-	-
15								-	-	-
R <sub>se</sub> Aria	Strato laminare esterno									0,040
Spessore totale componente [cm]		33,50		Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]					5,355	
<a href="http://www.mygreenbuildings.org">http://www.mygreenbuildings.org</a>			<b>RISULTATI</b>			2011 @ Ing. Andrea Ursini Casalena				
<b>Regime periodico stabilizzato</b>			T = 24 ore			<b>Regime stazionario</b>				
Fattore di decremento (attenuazione) fd [-]			0,105			Massa superficiale Ms [kg/m <sup>2</sup> ]			122	
Ritardo fattore di decremento (sfasamento) φ [h]			16,46			Resistenza termica totale Rt [m <sup>2</sup> K/W]			5,355	
Trasmittanza termica periodica  Y <sub>ie</sub>   [W/m <sup>2</sup> K]			0,020			Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K]			0,187	
Ammettenza termica lato interno Y <sub>ii</sub> [W/m <sup>2</sup> K], [h]			2,44			Conduttanza C [W/m <sup>2</sup> K]			0,193	
Ammettenza termica lato esterno Y <sub>ee</sub> [W/m <sup>2</sup> K], [h]			2,73			Capacità termica areica Cta [kJ/m <sup>2</sup> K]			172	
Capacità termica periodica lato interno k1 [kJ/m <sup>2</sup> K]			33,4			Costante di tempo τ [h]			256	
Capacità termica periodica lato esterno k2 [kJ/m <sup>2</sup> K]			37,4							
Fattore di smorzamento superficiale interno										
Parete disperdente fsd [-]			0,683							
Parete interna fsi [-]			0,684							

## B. Lastra gessofibra Fermacell e Natural Beton 200

27cm di Natural Beton 200 su lastra interna in gessofibra Fermacell da 1,5 cm, completa di ciclo intonaco di finitura in calce su lato esterno 2 cm.

Spessore 30,50 cm



Massa superficiale 94 Kg/m<sup>2</sup> 😞

Trasmittanza termica U = 0,187 W/m<sup>2</sup>K 😊

Trasmittanza termica periodica Y<sub>ie</sub> = 0,043 W/m<sup>2</sup>K 😊

Sfasamento φ = 12.65 ore 😊

Attenuazione f<sub>d</sub> = 0,229 😞

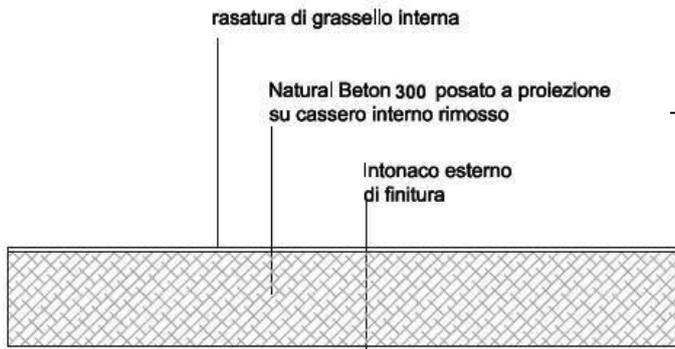
Capacità termica areica periodica lato interno (C<sub>ip</sub>) K<sub>1</sub> = 26,3 KJ/m<sup>2</sup>K 😞

1) Scegliere il tipo di componente edilizio			2) Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 24 ore)			24				
<b>Chiusura verticale</b>			Periodo delle variazioni termiche T	[sec]	86400					
			Resistenza termica sup interna R <sub>si</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	0,13					
			Resistenza termica sup esterna R <sub>se</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	0,04					
Descrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (λ) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza termica aria [m <sup>2</sup> K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (ξ) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m <sup>2</sup> K/W]	
R <sub>si</sub> Aria	Strato laminare interno		1	2	3	4	5		0,130	
1	☑	Gesso fibra Fermacell	0,015	0,320	1100	1150		0,083	0,180	0,047
2	☑	Natural Beton	0,270	0,053	1500	175		0,075	3,623	5,094
3	☑	Intonaco di calce	0,020	0,470	1000	1450		0,094	0,212	0,043
4	☑							-	-	-
5	☑							-	-	-
6	☑							-	-	-
7	☑							-	-	-
8	☑							-	-	-
9	☑							-	-	-
10	☑							-	-	-
11	☑							-	-	-
12	☑							-	-	-
13	☑							-	-	-
14	☑							-	-	-
15	☑							-	-	-
R <sub>se</sub> Aria	☑	Strato laminare esterno								0,040
Spessore totale componente [cm]		30,50		Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]		5,354				
<a href="http://www.mygreenbuildings.org">http://www.mygreenbuildings.org</a>			<b>RISULTATI</b>			2011 @ Ing. Andrea Ursini Casalena				
<b>Regime periodico stabilizzato</b>			T = 24 ore			<b>Regime stazionario</b>				
<b>Fattore di decremento (attenuazione)</b>		<b>f<sub>d</sub></b> [-]	0,229			<b>Massa superficiale</b>		<b>M<sub>s</sub></b> [kg/m <sup>2</sup> ]	94	
<b>Ritardo fattore di decremento (sfasamento)</b>		<b>φ</b> [h]	12,65			Resistenza termica totale		<b>R<sub>t</sub></b> [m <sup>2</sup> K/W]	5,354	
<b>Trasmittanza termica periodica</b>		<b> Y<sub>ie</sub> </b> [W/m <sup>2</sup> K]	0,043			<b>Trasmittanza</b>		<b>U</b> [W/m <sup>2</sup> K]	0,187	
Ammetenza termica lato interno		<b>Y<sub>ii</sub></b> [W/m <sup>2</sup> K] , [h]	1,89			Conduttanza		<b>C</b> [W/m <sup>2</sup> K]	0,193	
Ammetenza termica lato esterno		<b>Y<sub>ee</sub></b> [W/m <sup>2</sup> K] , [h]	2,73			Capacità termica areica		<b>C<sub>ta</sub></b> [kJ/m <sup>2</sup> K]	119	
<b>Capacità termica periodica lato interno</b>		<b>k<sub>1</sub></b> [kJ/m <sup>2</sup> K]	26,3			Costante di tempo		<b>τ</b> [h]	177	
Capacità termica periodica lato esterno		<b>k<sub>2</sub></b> [kJ/m <sup>2</sup> K]	37,6							
Fattore di smorzamento superficiale interno										
Parete disperdente		<b>f<sub>sd</sub></b> [-]	0,754			0,646				
Parete interna		<b>f<sub>si</sub></b> [-]	0,751			0,644				

### C. Natural Beton 300 cassero e scassero

35cm di Natural Beton 300 posata su di un cassero interno in legno da scasserare dopo il getto, atto a ricevere rasatura al civile di grassello di calce all'interno 0,4 cm e ciclo intonaco di finitura in calce su lato esterno 2cm.

Spessore 37,40 cm



- Massa superficiale 140 Kg/m<sup>2</sup> 😞
- Trasmittanza termica U = 0,192 W/m<sup>2</sup>K 😊
- Trasmittanza termica periodica Y<sub>ie</sub> = 0,008 W/m<sup>2</sup>K 😊
- Sfasamento φ = 20.24 ore 😊
- Attenuazione fd = 0,043 😊
- Capacità termica areica periodica lato interno (C<sub>ip</sub>) K<sub>1</sub> = 22,5 KJ/m<sup>2</sup>K 😞

1) Scegliere il tipo di componente edilizio			2) Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 24 ore)							24
<b>Chiusura verticale</b>			Periodo delle variazioni termiche T		[sec]					86400
			Resistenza termica sup interna R <sub>si</sub>		[m <sup>2</sup> K/W]					0,13
			Resistenza termica sup esterna R <sub>se</sub>		[m <sup>2</sup> K/W]					0,04
Descrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (λ) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza termica aria [m <sup>2</sup> K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (δ) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m <sup>2</sup> K/W]	
R <sub>si</sub> Aria Strato laminare interno		1	2	3	4	5			0,130	
1 Intonaco di calce	0,004	0,470		1000	1450		0,094	0,042	0,009	
2 Natural Beton 300	0,350	0,070		1700	300		0,061	5,697	5,000	
3 Intonaco di calce	0,020	0,470		1000	1450		0,094	0,212	0,043	
4							-	-	-	
5							-	-	-	
6							-	-	-	
7							-	-	-	
8							-	-	-	
9							-	-	-	
10							-	-	-	
11							-	-	-	
12							-	-	-	
13							-	-	-	
14							-	-	-	
15							-	-	-	
R <sub>se</sub> Strato laminare esterno									0,040	
Spessore totale componente [cm] 37,40			Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W] 5,221							
<a href="http://www.mygreenbuildings.org">http://www.mygreenbuildings.org</a>			<b>RISULTATI</b>							
Regime periodico stabilizzato T = 24 ore			2011 @ Ing. Andrea Ursini Casalena							
Regime stazionario										
Fattore di decremento (attenuazione)	fd [-]	0,043		Massa superficiale Ms [kg/m <sup>2</sup> ]		140				
Ritardo fattore di decremento (sfasamento)	φ [h]	20,24		Resistenza termica totale Rt [m <sup>2</sup> K/W]		5,221				
Trasmittanza termica periodica	Y <sub>ie</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,008		Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K]		0,192				
Ammetenza termica lato interno	Y <sub>ii</sub> [W/m <sup>2</sup> K], [h]	1,64		Conduttanza C [W/m <sup>2</sup> K]		0,198				
Ammetenza termica lato esterno	Y <sub>ee</sub> [W/m <sup>2</sup> K], [h]	3,11		Capacità termica areica C <sub>ta</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]		213				
Capacità termica periodica lato interno	k <sub>1</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	22,5		Costante di tempo τ [h]		309				
Capacità termica periodica lato esterno	k <sub>2</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	42,7								
Fattore di smorzamento superficiale interno										
Parete disperdente	fsd [-]	0,787								
Parete interna	fsi [-]	0,788								

## 5.3 Costruzioni in paglia

Il metodo di costruzione con le balle di paglia è un modo naturale e sano di edificare, consolidato da oltre un secolo.

Le prime case di paglia risalgono alla seconda metà dell'ottocento, quando fu inventata la macchina imballatrice. Realizzate da un gruppo di pionieri americani, che si erano stanziati in una zona del Nebraska povera di legno e pietrame. In Europa, la casa in paglia più antica è datata 1912 e si trova in Francia. Intorno al 1970 le tecniche di costruzione vennero affinate ed adeguate alle esigenze moderne. Infine, nel 1990, l'architetto Barbara Jones, importò questi metodi in Inghilterra, apportando modifiche che tenessero conto della differente situazione climatica del sito.



In Italia il primo edificio realizzato con questa tecnica si trova a Pramaggiore, Venezia, ed è stato realizzato in autocostruzione sotto la guida della stessa Jones, Bee Rowan e dell'italiano Stefano Soldati (immagine).

Oggi per chi è interessato, le aziende del settore organizzano corsi e campi di lavoro per insegnare l'autocostruzione, ovviamente sotto la guida di un tecnico specializzato.

Dall'agricoltura alla bioedilizia la paglia è un materiale ecosostenibile, facile da reperire e lavorare (persino a mano) e riciclabile se associata ad altri materiali naturali.

Gli edifici in paglia solitamente hanno una platea di fondazione in cemento armato e sempre una struttura portante lignea verticale a telaio, riempita di balle di paglia pressata, con intonaco esterno a base di calce e la miscela di sabbia-terra al fine di massimizzare la traspirabilità delle pareti.

L'impiantistica può essere realizzata come in una casa in legno. E' inoltre possibile montare mensole, pensili e quadri, inserendo dei rinforzi strutturali nelle zone di installazione.

Il ruolo della paglia in queste costruzioni è molto vicino a quello dei materiali isolanti (in fibra di legno, lana minerale ecc) posizionati tra i montanti di una casa prefabbricata stile "Balloon Frame";

Soprattutto è un **eccellente isolante termoacustico**, che mettendo in evidenza una limitata massa termica, sarà compensata da maggiori spessori del muro. L'elevata **traspirabilità della paglia consente una regolazione naturale dell'umidità** interna agli ambienti, evitando la formazione di muffe all'interno delle pareti.

Pur non essendo attaccabile da parassiti o insetti, la paglia va protetta da uno spesso strato di intonaco, non venendo utilizzato in questi edifici il tradizionale "cappotto".

Il rischio incendio è abbastanza simile alle costruzioni in legno e dipende soprattutto dalle capacità ignifughe degli intonaci e delle caratteristiche della parete.



Un esempio di stratigrafia in paglia (Valore U medio di 0.19 W/m²K) in linea con le Normative "nZEB", per qualsiasi fascia climatica italiana:

Spessore 41,50 cm

Massa superficiale 119 Kg/m²



Trasmittanza termica U = 0,188 W/m²K



Trasmittanza termica periodica Y<sub>ie</sub> = 0,030 W/m²K



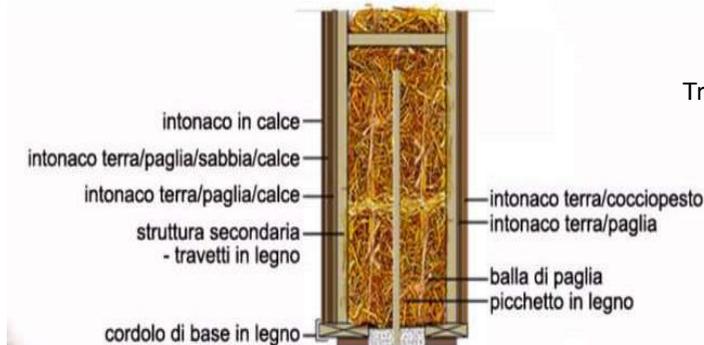
Sfasamento φ = 15.09 ore



Attenuazione fd = 0,077



Capacità termica areica periodica lato interno (C<sub>ip</sub>) K<sub>1</sub> = 34,4,0 KJ/m²K



1) Scegliere il tipo di componente edilizio			2) Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 24 ore)				24		
<b>Chiusura verticale</b>			Periodo delle variazioni termiche T		[sec]	86400			
			Resistenza termica sup interna R <sub>si</sub>		[m²K/W]	0,13			
			Resistenza termica sup esterna R <sub>se</sub>		[m²K/W]	0,04			
Descrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (λ) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m³]	Resistenza termica aria [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (δ) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m²K/W]
R <sub>si</sub> Aria	Strato laminare interno		1			5			0,130
1	Terra e cocciopesto	0,005	0,600		1100	1400	0,104	0,048	0,008
2	Terra e paglia	0,020	0,450		1300	850	0,106	0,189	0,044
3	Balle paglia pressata	0,350	0,070		1900	130	0,088	3,964	5,000
4	Terra paglia e calce	0,020	0,500		1200	1000	0,107	0,187	0,040
5	Intonaco di calce	0,020	0,470		1000	1450	0,094	0,212	0,043
6							-	-	-
7							-	-	-
8							-	-	-
9							-	-	-
10							-	-	-
11							-	-	-
12							-	-	-
13							-	-	-
14							-	-	-
15							-	-	-
R <sub>se</sub> Aria	Strato laminare esterno								0,040
Spessore totale componente [cm]		41,50		Resistenza termica totale [m²K/W]		5,305			
<a href="http://www.mygreenbuildings.org">http://www.mygreenbuildings.org</a>			<b>RISULTATI</b>			2011 @ Ing. Andrea Ursini Casalena			
<b>Regime periodico stabilizzato</b>				T = 24 ore		<b>Regime stazionario</b>			
Fattore di decremento (attenuazione)	fd	[-]	0,159		Massa superficiale	Ms	[kg/m²]	119	
Ritardo fattore di decremento (sfasamento)	φ	[h]	15,09		Resistenza termica totale	Rt	[m²K/W]	5,305	
Trasmittanza termica periodica	Y <sub>ie</sub>	[W/m²K]	0,030		Trasmittanza	U	[W/m²K]	0,188	
Ammetenza termica lato interno	Y <sub>ii</sub>	[W/m²K], [h]	2,51	3,58	Conduttanza	C	[W/m²K]	0,195	
Ammetenza termica lato esterno	Y <sub>ee</sub>	[W/m²K], [h]	4,16	4,23	Capacità termica areica	C <sub>ta</sub>	[kJ/m²K]	169	
Capacità termica periodica lato interno	k1	[kJ/m²K]	34,4		Costante di tempo	τ	[h]	249	
Capacità termica periodica lato esterno	k2	[kJ/m²K]	57,0						
Fattore di smorzamento superficiale interno									
Parete disperdente	fsd	[-]	0,674						
Parete interna	fsi	[-]	0,675						

## 5.4 Considerazioni

La progettazione di un edificio nZEB che si proietta nel terzo millennio richiede l'accurato studio bioclimatico e la scelta delle più lungimiranti tecnologie di costruzione.

**Altresì, da non trascurare è l'aspetto "sicurezza": perché la definizione "antisismica" non è significato di garanzia dell'abitabilità dopo il sisma, l'aspettativa di "durata" è tutt'altro che cosa scontata e il promesso "comfort" non è sempre certamente sinonimo di salute.**

*Quindi, i sistemi costruttivi sopra citati sono in grado di soddisfare appieno a questa serie di requisiti?*

Quando si parla di Bioedilizia, ci si concentra sull'efficienza energetica degli edifici, dimenticando completamente l'aspetto dei materiali da costruzione, dell'arredamento che, con le loro emissioni nocive, rappresentano invece elementi di valutazione fondamentali per fare di una casa un ambiente sano. **La dimostrazione sono le odierne case prefabbricate in legno, dove solo parte del telaio strutturale è realizzato con questo nobile materiale** senza prestare attenzione agli altri elementi di completamento: vari prodotti isolanti a "base di fibre naturali" trattati con biocidi; cartongesso derivato da processo di desolfurazione; materiali nanotecnologici di ultima generazione; collanti bicomponenti ad alto contenuto di VOC; vernici a base di solventi come idrocarburi clorurati; xiloli; toluene; intonaci additivati con resine chimiche; pannelli vinilici OSB in scaglie di legno riciclate; pannelli truciolari; pannelli in legno multistrato X-Lam; etc.

Spesso, questi ultimi materiali a base di legno **usano collante poliuretano**, che è composto di sostanze altamente reattive, **gli isocianati**. La loro tossicità è superiore a quella della **formaldeide** (tutti argomenti approfonditi al paragrafo 7.1).

In questo campo, infatti, è molto facile cadere in equivoci e molti prodotti che si autodichiarano "bio-ecologici", di ecologico e biocompatibile in realtà non hanno niente, se non il nome o qualche aggettivo vicino, che spesso mettono in risalto dettagli insignificanti al fine di catturare i consumatori più sensibili. Senza dimenticare che **quando sarà necessario il loro smaltimento in discarica, tutti questi materiali risulteranno "rifiuti speciali"**.

Qualcosa di meglio invece, avviene per le costruzioni in legno completate in calce e canapa o con la paglia, che se adeguatamente progettate possono offrire risultati apprezzabili dal punto di vista della salubrità e riciclabilità dei materiali.

Tuttavia, nello stesso modo **si continua a costruire sopra ad una platea in calcestruzzo**, armata con una fitta rete metallica elettrosaldata. Questa, provoca un considerevole impatto ambientale e la distorsione armonica dei naturali campi elettromagnetici terrestri, arrecando disturbi alla salute del corpo umano (vedi geopatìa paragrafo 7.2.3).

Altro discorso è la resistenza sismica del telaio strutturale in legno, certamente superiore rispetto al laterizio o al cemento armato, ma solo in ragione della **estrema leggerezza dell'involucro edilizio (Massa superficiale, media di circa 111,5 Kg/m<sup>2</sup>)** che si deve sostenere con questo tipo di costruzioni, a bassa o se non nulla massa inerziale.

In ultimo, rimane da risolvere il dettaglio più critico che senza dubbio compromette le condizioni generali di vita dei vari edifici, precisamente l'attacco a terra del legno sul cemento: la differenza di temperatura tra i due materiali genera vapore che si condensa e diventa acqua, la guaina ad U di tipo bituminoso munita di adesivo butilico, crea un vero e proprio effetto bicchiere ermetico all'evaporazione, ne consegue il fenomeno di marcescenza del legno.



Bisogna ammettere che tutti questi sistemi costruttivi hanno dei vantaggi per i costi di costruzione, visto il largo utilizzo in questi anni, però è evidente che ben poco si prestano agli obiettivi di una “sincera” architettura sostenibile.

Allo stesso modo, voglio far notare come **ancora oggi non sia dato seguito all'applicazione di Norme UNI, Leggi e esiti di Ricerca universitaria**, tutti indispensabili per un corretto approccio alla progettazione di questi edifici in prospettiva futura. In particolare modo, nei due paragrafi successivi mi concentrerò sull'evidenziare alcuni aspetti del DM sui CAM (Criteri Ambientali Minimi) ed esporre i risultati degli studi svolti dall'Università Politecnica delle Marche e l'Università di Firenze in merito all'importanza dei parametri termodinamici di Massa superficiale e Capacità termica areica periodica interna, in relazione al comfort abitativo.

## 5.5 Norme sui Criteri Ambientali Minimi

Nel più ampio Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della Pubblica Amministrazione ( PANGPP ), risultano particolarmente interessanti i *Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*.

Nello specifico, le restrizioni presenti nei successivi paragrafi estratti dall'Allegato 2 DM 11 Gennaio 2017, evidenziano i criteri indispensabili da adottare alla progettazione corrente.

### ALLEGATO 2 DM 11 Gennaio 2017

#### 2.3.2 Prestazione energetica

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e quelli di ampliamento di edifici esistenti che abbiano un volume lordo climatizzato superiore al 15% di quello esistente o comunque superiore a 500 mc, e degli interventi di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), devono garantire le seguenti prestazioni:

- l'indice di prestazione energetica globale  $EP_{gl,n,ren}$  deve corrispondere almeno alla classe A3;
- la Capacità termica areica interna periodica (Cip) riferita ad ogni singola struttura opaca dell'involucro esterno, calcolata secondo la UNI EN ISO 13786:2008, deve avere un valore di almeno **40 kJ/m<sup>2</sup>K**.

I progetti degli interventi di ristrutturazione importante di secondo livello e di riqualificazione energetica riguardanti l'involucro edilizio devono rispettare i valori minimi di trasmittanza termica

contenuti nelle tabelle 1-4 di cui all'appendice B del DM 26 Giugno 2015 e s.m.i, relativamente all'anno 2021. In caso di interventi che prevedano l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, deve essere mantenuta la Capacità termica areica interna periodica dell'involucro esterno precedente all'intervento. (Verificare in parallelo il rispetto di quanto prescritto dai criteri 2.3.5.2 e 2.3.5.7)

**Verifica:** Per dimostrare la conformità al presente criterio, il progettista deve presentare la relazione tecnica di cui al DM 26 Giugno 2015 e l'Attestato di prestazione energetica (APE) dell'edificio ante e post operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita.

### **2.3.3 Approvvigionamento energetico**

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e degli interventi di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), deve garantire:

- conformità a quanto previsto dal CAM "servizi energetici"15 di cui al DM 07 marzo 2012 (G.U. n. 74 del 28 marzo 2012) e s.m.i.;
- che il fabbisogno energetico complessivo dell'edificio sia soddisfatto da impianti a fonti rinnovabili o con sistemi alternativi ad alta efficienza (cogenerazione/trigenerazione ad alto rendimento, pompe di calore centralizzate etc.) che producono energia all'interno del sito stesso dell'edificio per un valore pari ad un ulteriore 10% rispetto ai valori indicati dal D.Lgs 28/2011, Allegato 3, punto 1), secondo le scadenze temporali ivi previste.

**Verifica:** Per dimostrare la conformità al presente criterio, il progettista deve presentare una relazione tecnica contenente la relazione sul fabbisogno energetico e il progetto dell'impianto a fonti rinnovabili da installarsi con il calcolo della percentuale di fabbisogno coperta, con allegati degli elaborati grafici, nei quali siano evidenziati lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita.

### **2.3.4 Risparmio idrico**

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e degli interventi di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici ed edilizi comunali, etc.), deve prevedere:

- la raccolta delle acque piovane per uso irriguo e per gli scarichi sanitari, attuata con impianti realizzati secondo la norma UNI/TS 11445 "Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano - Progettazione, installazione e manutenzione" e la norma UNI EN 805 "Approvvigionamento di acqua - Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di

edifici” o norme equivalenti. Nel caso di manutenzione/ristrutturazione di edifici tale criterio è applicato laddove sia tecnicamente possibile;

- l'impiego di sistemi di riduzione di flusso, di controllo di portata, di controllo della temperatura dell'acqua;
- l'impiego di apparecchi sanitari con cassette a doppio scarico aventi scarico completo di massimo 6 litri e scarico ridotto di massimo 3 litri. Gli orinatoi senz'acqua devono utilizzare un liquido biodegradabile o funzionare completamente senza liquidi;
- per gli edifici non residenziali deve essere inoltre previsto un sistema di monitoraggio dei consumi idrici.

**Verifica:** Per dimostrare la conformità al presente criterio, il progettista deve presentare una relazione tecnica, con allegati degli elaborati grafici, nei quali sia evidenziato lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita.

### **2.3.5 Qualità ambientale interna**

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e quelli di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. piani di assetto di parchi e riserve, piani paesistici, piani territoriali provinciali, regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.) devono rispettare i seguenti requisiti:

#### **2.3.5.1 Illuminazione naturale**

Nei locali regolarmente occupati deve essere garantito un fattore medio di luce diurna maggiore del 2%, facendo salvo quanto previsto dalle norme vigenti su specifiche tipologie edilizie.

Qualora l'orientamento del lotto e/o le preesistenze lo consentano le superfici illuminanti della zona giorno (soggiorni, sale da pranzo, cucine abitabili e simili) dovranno essere orientate a Sud-Est, Sud o Sud-Ovest. Le vetrate con esposizione Sud, Sud-Est e Sud-Ovest dovranno disporre di protezioni esterne progettate in modo da non bloccare l'accesso della radiazione solare diretta in inverno. Prevedere l'inserimento di dispositivi per il direzionamento della luce e/o per il controllo dell'abbagliamento in modo tale da impedire situazioni di elevato contrasto che possono ostacolare le attività.

#### **2.3.5.2 Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata**

Deve essere garantita l'aerazione naturale diretta in tutti i locali in cui sia prevista una possibile occupazione da parte di persone anche per intervalli temporali ridotti. È necessario garantire l'aerazione naturale diretta in tutti i locali abitabili, tramite superfici apribili in relazione alla superficie calpestabile del locale (almeno 1/8 della superficie del pavimento), con strategie allocative e dimensionali finalizzate a garantire una buona qualità dell'aria interna. Il numero di ricambi deve essere quello previsto dalle norme UNI10339 e UNI13779.

Per destinazioni d'uso diverse da quelle residenziali i valori dei ricambi d'aria dovranno essere ricavati dalla normativa tecnica UNI EN ISO 13779:2008. In caso di impianto di ventilazione meccanica (classe II, low polluting building, annex B.1) fare riferimento alla norma UNI 15251:2008. I bagni secondari senza aperture dovranno essere dotati obbligatoriamente di sistemi di aerazione forzata, che garantiscano almeno 5 ricambi l'ora.

Nella realizzazione di impianti di ventilazione a funzionamento meccanico controllato (VMC) si dovranno limitare la dispersione termica, il rumore, il consumo di energia, l'ingresso dall'esterno di agenti inquinanti (ad es. polveri, pollini, insetti etc.) e di aria calda nei mesi estivi. È auspicabile che tali impianti prevedano anche il recupero di calore statico e/o la regolazione del livello di umidità dell'aria e/o un ciclo termodinamico a doppio flusso per il recupero dell'energia contenuta nell'aria estratta per trasferirla all'aria immessa (pre-trattamento per riscaldamento e raffrescamento dell'aria, già filtrata, da immettere negli ambienti).

#### **2.3.5.3 Dispositivi di protezione solare**

Al fine di controllare l'immissione nell'ambiente interno di radiazione solare diretta, le parti trasparenti esterne degli edifici sia verticali che inclinate, devono essere dotate di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi o mobili verso l'esterno e con esposizione da Sud-Sud Est (SSE) a Sud-Sud Ovest (SSO).

Per i dispositivi di protezione solare di chiusure trasparenti dell'involucro edilizio è richiesta una prestazione di schermatura solare di classe 2 o superiore come definito dalla norma UNI EN 14501:2006.

Il requisito va verificato dalle ore 10 alle ore 16 del 21 dicembre (ora solare) per il periodo invernale (solstizio invernale) e del 21 giugno per il periodo estivo (solstizio estivo). Il requisito non si applica alle superfici trasparenti dei sistemi di captazione solare (serre bioclimatiche, etc.), solo nel caso che siano apribili o che risultino non esposte alla radiazione solare diretta perché protetti, ad esempio, da ombre portate da parti dell'edificio o da altri edifici circostanti.

#### **2.3.5.4 Inquinamento elettromagnetico indoor**

Al fine di ridurre il più possibile l'esposizione indoor a campi magnetici a bassa frequenza (ELF) indotti da quadri elettrici, montanti, dorsali di conduttori etc., la progettazione degli impianti deve prevedere che:

- il quadro generale, i contatori e le colonne montanti siano collocati all'esterno e non in adiacenza a locali con permanenza prolungata di persone;
- la posa degli impianti elettrici sia effettuata secondo lo schema a "stella" o ad "albero" o a "liscia di pesce", mantenendo i conduttori di un circuito il più possibile vicini l'uno all'altro. Effettuare la posa razionale dei cavi elettrici in modo che i conduttori di ritorno siano affiancati alle fasi di andata e alla minima distanza possibile.

Al fine di ridurre il più possibile l'esposizione indoor ai campi magnetici ad alta frequenza (RF) dotare i locali di sistemi di trasferimento dati alternativi al wi-fi, es. la connessione via cavo o la tecnologia Powerline Communication (PLC).

**Verifica (per i criteri dal 2.3.5.1 al 2.3.5.4):** Per dimostrare la conformità al presente criterio il progettista deve presentare una relazione tecnica, con allegati degli elaborati grafici, nei quali sia evidenziato lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita.

### 2.3.5.5 Emissioni dei materiali

Ogni materiale elencato di seguito deve rispettare i limiti di emissione esposti nella successiva tabella:

- pitture e vernici;
- tessuti per pavimentazioni e rivestimenti;
- laminati per pavimenti e rivestimenti flessibili;
- pavimentazioni e rivestimenti in legno;
- altre pavimentazioni (diverse da piastrelle di ceramica e laterizi);
- adesivi e sigillanti;
- pannelli per rivestimenti interni (es. lastre in cartongesso);
- Limite di emissione ( $Tg/m^3$ ) a 28 giorni.

**Verifica:** Il progettista deve specificare le informazioni sull'emissività dei prodotti scelti per rispondere al criterio e prescrivere che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio tramite la documentazione tecnica che ne dimostri il rispetto e che dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate nel relativo capitolato. La determinazione delle emissioni deve avvenire in conformità alla CEN/TS 16516 o UNI EN ISO 16000-9 o norme equivalenti. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate nel relativo capitolato.

Limite di emissione ( $\mu g/m^3$ ) a 28 giorni	
Benzene	1 (per ogni sostanza)
Tricloroetilene (trielina)	
di-2-etilossifalato (DEHP)	
Dibutilftalato (DBP)	
COV totali <sup>21</sup>	1500
Formaldeide	<60
Acetaldeide	<300
Toluene	<450
Tetracloroetilene	<350
Xilene	<300
1,2,4-Trimetilbenzene	<1500
1,4-diclorobenzene	<90
Etilbenzene	<1000
2-Butossietanolo	<1500
Stirene	<350

### 2.3.5.6 Comfort acustico

I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi delle norme UNI 11367. Gli ospedali, le case di cura e le scuole devono soddisfare il livello di "prestazione superiore" riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A della norma 11367. Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come "prestazione buona" nel prospetto B.1 dell'Appendice B alla norma UNI 11367.

Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532.

I descrittori acustici da utilizzare sono:

- quelli definiti nella UNI 11367 per i requisiti acustici passivi delle unità immobiliari;
- almeno il tempo di riverberazione e lo STI per l'acustica interna agli ambienti di cui alla UNI 11532.

**Verifica:** Il progettista deve dare evidenza del rispetto del criterio, sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità, conseguendo rispettivamente un progetto acustico e una relazione di conformità redatta tramite misure acustiche in opera, che attestino il raggiungimento della classe acustica prevista dal criterio e i valori dei descrittori acustici di riferimento ai sensi delle norme UNI 11367, UNI 11444, UNI 11532. Qualora il progetto sia sottoposto ad una verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientali degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio.

### **2.3.5.7 Comfort termo-igrometrico**

Al fine di assicurare le condizioni ottimali di benessere termo-igrometrico e di qualità dell'aria interna bisogna garantire condizioni conformi almeno alla classe B secondo la norma ISO 7730:2005 in termini di PMV (Voto Medio Previsto) e di PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti). Inoltre bisogna garantire la conformità ai requisiti previsti nella norma UNI EN 13788 ai sensi del DM 26 giugno 2015 anche in riferimento a tutti i ponti termici sia per edifici nuovi che per edifici esistenti.

**Verifica:** Per dimostrare la conformità al presente criterio il progettista deve presentare una relazione di calcolo in cui si dimostri che la progettazione del sistema edificio-impianto è avvenuta tenendo conto di tutti i parametri che influenzano il comfort e che ha raggiunto almeno i valori di PMV e PPD richiesti per ottenere la classe B secondo la norma ISO 7730:2005. Tale relazione deve inoltre includere una descrizione delle caratteristiche progettuali volte a rispondere ai requisiti sui ponti termici.

Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita.

### **2.3.5.8 Radon**

Nel caso che l'area di progetto sia caratterizzata da un rischio di esposizione al gas Radon secondo la mappatura regionale, devono essere adottate strategie progettuali e tecniche costruttive atte a controllare la migrazione di Radon negli ambienti confinati e deve essere previsto un sistema di misurazione e avviso automatico della concentrazione di Radon all'interno degli edifici. Il progettista deve verificare che i componenti utilizzati abbiano documentazione specifica in merito alla eventuale mitigazione di Radon negli ambienti interni.

**Verifica:** Per dimostrare la conformità al presente criterio il progettista deve presentare una relazione con elaborati grafici, nella quale siano evidenziati gli interventi che concorreranno alla mitigazione degli impatti da esposizione al Radon e siano riportate le informazioni richieste sulle caratteristiche dei componenti, utili alla mitigazione del rischio. Deve essere allegata anche una documentazione fotografica che attesti l'esatta e corretta esecuzione delle opere con data sovrainpressa. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita.

### **2.3.6 Piano di manutenzione dell'opera**

Il progetto dell'edificio deve prevedere la verifica dei livelli prestazionali (qualitativi e quantitativi) in riferimento alle prestazioni ambientali di cui alle specifiche tecniche e ai criteri premianti, come per esempio la verifica a posteriori della prestazione della copertura di cui al criterio 2.2.6. Il piano di manutenzione generale deve prevedere un programma di monitoraggio e controllo della qualità dell'aria interna all'edificio, tenendo conto che tale programma è chiaramente individuabile soltanto

al momento dello start-up dell'impianto, con l'ausilio di personale qualificato professionalmente a questo fine.

**Verifica:** Il progettista dovrà presentare il piano di manutenzione in cui, tra le informazioni già previste per legge, sia descritto il programma delle verifiche inerenti le prestazioni ambientali dell'edificio.

### **2.3.7 Fine vita**

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione devono prevedere un piano per il disassemblaggio e la demolizione selettiva dell'opera a fine vita che permetta il riutilizzo o il riciclo dei materiali, componenti edilizi e degli elementi prefabbricati utilizzati.

**Verifica:** Il progettista dovrà presentare un piano inerente la fase di "fine vita" dell'edificio in cui sia presente l'elenco di tutti i materiali, componenti edilizi e degli elementi prefabbricati che possono essere in seguito riutilizzati o riciclati, con l'indicazione del relativo peso rispetto al peso totale dell'edificio.

(ALLEGATO 2 DM 11 Gennaio 2017)

## **2.4 SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI EDILIZI**

### **2.4.1 Criteri comuni a tutti i componenti edilizi**

Allo scopo di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali, di aumentare l'uso di materiali riciclati aumentando così il recupero dei rifiuti, con particolare riguardo ai rifiuti da demolizione e costruzione (coerentemente con l'obiettivo di recuperare e riciclare entro il 2020 almeno il 70% dei rifiuti non pericolosi da costruzione e demolizione), fermo restando il rispetto di tutte le norme vigenti e di quanto previsto dalle specifiche norme tecniche di prodotto, il progetto di un edificio (nel caso di ristrutturazioni si intende l'applicazione ai nuovi materiali che vengono usati per l'intervento o che vanno a sostituire materiali già esistenti nella costruzione) deve prevedere i criteri del presente paragrafo. Il progettista deve compiere scelte tecniche di progetto, specificare le informazioni ambientali dei prodotti scelti e fornire la documentazione tecnica che consenta di soddisfare tali criteri e deve inoltre prescrivere che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza a tali criteri comuni tramite la documentazione indicata nella verifica di ogni criterio. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori, nelle modalità indicate nel capitolato.

#### **2.4.1.1 Disassemblabilità**

Almeno il 50% peso/peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati, escludendo gli impianti, deve essere sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabile o riutilizzabile. Di tale percentuale, almeno il 15% deve essere costituito da materiali non strutturali. **Verifica:** Il progettista dovrà fornire l'elenco di tutti i componenti edilizi e dei materiali che possono essere riciclati o riutilizzati, con l'indicazione del relativo peso rispetto al peso totale dei materiali utilizzati per l'edificio.

#### **2.4.1.2 Materia recuperata o riciclata**

Il contenuto di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati per l'edificio, anche considerando diverse percentuali per ogni materiale, deve essere pari ad almeno il 15% in peso valutato sul totale di tutti i materiali utilizzati. Di tale percentuale, almeno il 5% deve essere costituita da materiali non strutturali. Per le diverse categorie di materiali e componenti edilizi valgono in sostituzione, qualora specificate, le percentuali contenute nel capitolo 2.4.2. Il

suddetto requisito può essere derogato nel caso in cui il componente impiegato rientri contemporaneamente nelle due casistiche sotto riportate:

1. abbia una specifica funzione di protezione dell'edificio da agenti esterni quali ad esempio acque meteoriche (membrane per impermeabilizzazione);
2. sussistano specifici obblighi di legge a garanzie minime di durabilità legate alla suddetta funzione.

**Verifica:** Il progettista deve fornire l'elenco dei materiali costituiti, anche parzialmente, da materie recuperate o riciclate ed il loro peso rispetto al peso totale dei materiali utilizzati per l'edificio. La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato come ReMade in Italy®, Plastica Seconda Vita o equivalenti;
- una autodichiarazione ambientale di Tipo II conforme alla norma ISO 14021, verificata da un organismo di valutazione della conformità.

#### **2.4.1.3 Sostanze dannose per l'ozono**

Non è consentito l'utilizzo di prodotti contenenti sostanze ritenute dannose per lo strato d'ozono quali p.es cloro-fluoro-carburi (CFC), perfluorocarburi (PF), idro-bromo-fluorocarburi (HBFC), idrocloro-fluoro-carburi (HCFC), idro-fluoro-carburi (HFC), Halon; Verifica: L'appaltatore deve presentare una dichiarazione del legale rappresentante della ditta produttrice attestante l'assenza di prodotti e sostanze considerate dannose per lo strato di ozono.

#### **2.4.1.4 Sostanze ad alto potenziale di riscaldamento globale (GWP)**

Per gli impianti di climatizzazione, non è consentito l'utilizzo di fluidi refrigeranti contenenti sostanze con un potenziale di riscaldamento globale (GWP), riferito alla CO<sub>2</sub> e basato su un periodo di 100 anni, maggiore di 150, quali ad esempio l'esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>). L'obiettivo può essere raggiunto anche tramite l'uso di fluidi refrigeranti composti da sostanze naturali, come ammoniaca, idrocarburi (propano, isobutano, propilene, etano) e biossido di carbonio.

**Verifica:** L'appaltatore deve presentare una dichiarazione del legale rappresentante della ditta produttrice attestante l'assenza di sostanze o materiali contenenti sostanze con GWP maggiore di 150, e l'eventuale uso di fluidi refrigeranti naturali.

#### **2.4.1.5 Sostanze pericolose**

Nei componenti, parti o materiali usati non devono essere aggiunti intenzionalmente:

1. additivi a base di cadmio, piombo, cromo VI, mercurio, arsenico e selenio in concentrazione superiore allo 0.010% in peso;
2. ftalati, che rispondano ai criteri dell'articolo 57 lettera f) del regolamento (CE) n. 1907/2006(REACH).

Nei componenti, parti o materiali usati non devono essere presenti:

3. sostanze identificate come "estremamente preoccupanti" (SVHCs) ai sensi dell'art.59 del Regolamento (CE) n. 1907/2006 ad una concentrazione maggiore dello 0,10% peso/peso;

4. sostanze e miscele classificate ai sensi del Regolamento (CE) n.1272/2008 (CLP):

- come cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione di categoria 1A, 1B o 2 (H340,H350, H350i, H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H341, H351, H361f,H361d, H361fd, H362);
- per la tossicità acuta per via orale, dermica, per inalazione, in categoria 1, 2 o 3 (H300, H310, H317, H330, H334);
- come pericolose per l'Ambiente acquatico di categoria 1,2, 3 e 4 (H400, H410, H411, H412, H413);
- come aventi tossicità specifica per organi bersaglio di categoria 1 e 2 (H370, H372).

**Verifica:** L'appaltatore deve presentare una dichiarazione del legale rappresentante da cui risulti il rispetto dei punti 3 e 4. Tale dichiarazione dovrà includere una relazione redatta in base alle schede di sicurezza messe a disposizione dai fornitori o schede informative di sicurezza (SIS) qualora la normativa applicabile non richieda la fornitura di Schede Dati di Sicurezza (SDS). Per quanto riguarda i punti 1 e 2 devono essere presentati rapporti di prova rilasciati da organismi di valutazione della conformità.

*Questa serie di prescrizioni, valgono anche nella progettazione di edifici privati?*

**No, ma dovrebbero esserlo, visto che sono indispensabili per progettare edifici sani, confortevoli e sostenibili. Infatti, non c'è differenza tra vivere in un ambiente pubblico o privato, e solo un progettista responsabile e competente può decidere la loro applicazione.**

## 5.6 Studi sulla Massa e Comfort abitativo

Gli studi analizzano vari aspetti e parametri dell'involucro edilizio, rilevando mancanze normative, indispensabili per progettare un edificio confortevole.

Nello studio *“Costruzioni massive e comfort estivo di C.Gargari dell'Università di Firenze”*, si evidenzia come la volontà normativa di seguire il modello adottato dai Paesi nordici che si concentra sulla casa iper-isolata, ermetica e adiabatica, **non risulta sufficiente a garantire il comfort dell'ambiente interno e soprattutto favorire l'effettivo risparmio energetico stagionale dell'edificio**. A maggior ragione in clima mediterraneo, dove la media stagionale e l'estate calda richiede involucri permeabili che partecipino più attivamente agli scambi energetici e igroscopici, si rende necessaria un'opportuna Capacità termica (C) delle superfici, ossia l'attitudine ad accumulare calore per poi cederlo all'ambiente interno al variare delle condizioni climatiche di contorno. Questo parametro determinante, tipico delle strutture dotate di elevata massa, permette di “smorzare” l'onda termica proveniente dall'esterno; si rivela, insieme al Fattore di Attenuazione (fd), di indispensabile importanza per il corretto comportamento estivo delle pareti, **evidenziando anche una potenziale insufficienza dei 230Kg/m<sup>2</sup> quale valore limite normativo**.

**A seguito di questo studio si è dimostrata fondamentale l'importanza della Massa** che unita alla Trasmittanza termica (valore U) dell'isolante, permette agli edifici di adattarsi al variare delle condizioni climatiche esterne.

Lo *“studio Massa e comfort: necessità di una adeguata Capacità termica areica interna periodica di C. Di Perna, F. Stazi, A. Ursini Casalena, A. Stazi dell'Università Politecnica delle Marche”*, **conferma l'importanza della Massa** e considerando anche gli apporti energetici gratuiti e quelli generati all'interno dei locali, **stabilisce che la sua corretta posizione nella stratigrafia è sul paramento interno dell'involucro edilizio**.

In questo modo, la Capacità termica della superficie **assorbe gli ulteriori carichi energetici, nello specifico il parametro caratterizzante è la Capacità termica areica interna periodica (C<sub>ip</sub>)**.

Un altro Interessante risultato è il test fra la combinazione dei valori di questo parametro e la Trasmittanza termica periodica (Y<sub>ie</sub>) per varie stratigrafie prese in esame. Emerge che è necessaria una C<sub>ip</sub> uguale o meglio maggiore a 90 KJ/m<sup>2</sup>K a fronte di una Y<sub>ie</sub> imposta come limite di Legge a 0,10 W/m<sup>2</sup>K, per garantire condizioni di comfort accettabili.

Il test propone nelle conclusioni varie combinazioni, nelle quali si vede che anche con situazione di Y<sub>ie</sub> più performante, minore o uguale a 0,04 W/m<sup>2</sup>K, la C<sub>ip</sub> non deve mai essere inferiore a 50 KJ/m<sup>2</sup>K.

**A fronte di questi risultati possiamo ricollegarci alle costruzioni contemporanee prese in esame nei capitoli precedenti, asserendo che queste non raggiungono i valori minimi richiesti dalla ricerche, conseguenza del fatto che sono strutture “leggere” e non hanno sufficiente massa inerziale.**

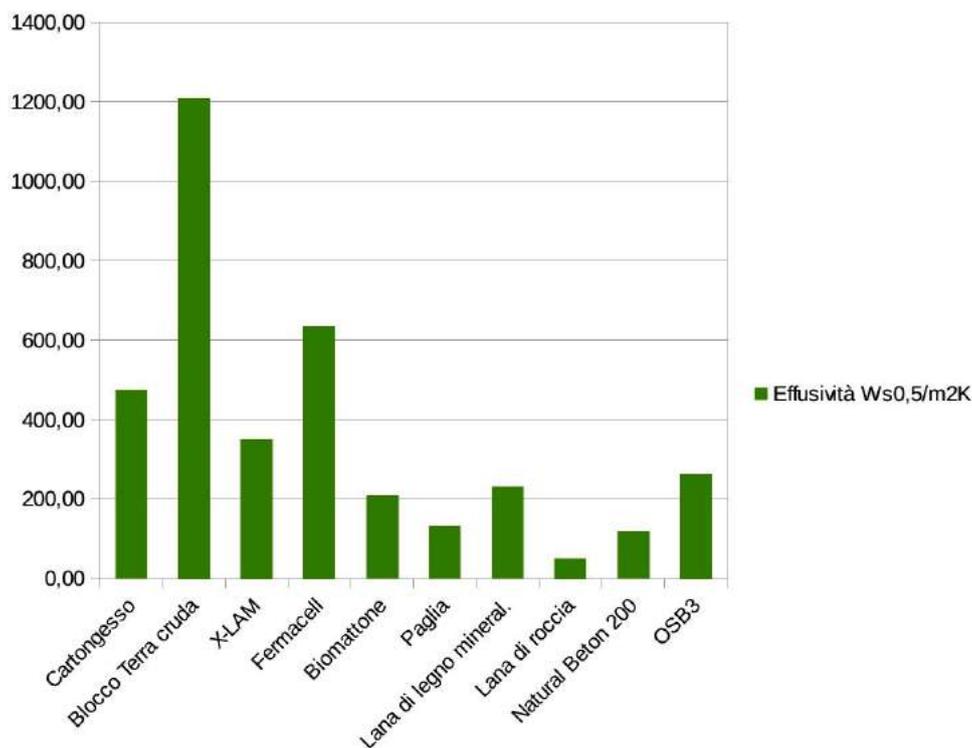
Ma non è tutto, la massa sul lato interno che garantisce Capacità termica areica interna, **deve avere anche un'ottima Effusività termica(E)**, ossia la rapidità con cui cambia la temperatura di una superficie se sottoposta a un flusso termico.

L'importanza di questo ultimo parametro nella stratigrafia è indispensabile per migliorare il comfort abitativo, perché oltre ad avere una buona capacità di accumulare energia termica fa sì che il processo di immagazzinamento e la restituzione avvenga in modo rapido.

(\* valori del Blocco di terra cruda sono riferiti a *TerraViva*)

Materiali	Conduttività termica W/mK	Calore specifico J/KgK	Densità Kg/m <sup>3</sup>	Effusività termica Ws <sup>0,5</sup> /m <sup>2</sup> K
Cartongesso	0,25	1000	900	474,34
Terra cruda *	0,85	1021	1688	1210,34
X-LAM	0,13	2100	450	350,50
Fermacell	0,32	1100	1150	636,24
Biomattone	0,07	1870	330	207,84
Paglia	0,07	1900	130	131,49
Lana di legno mineralizzata	0,07	2100	360	230,04
Lana di roccia	0,035	1030	70	50,23
Natural Beton 200	0,053	1500	175	117,95
OSB3	0,12	1700	340	263,36

Grafico Effusività termica: materiali a confronto



Gli studi hanno permesso di dimostrare come, anche al variare della zona climatica, della destinazione d'uso, della percentuale vetrata e della presenza, o meno, di ventilazione notturna, le soluzioni ad elevata inerzia interna presentano, in estate, temperature superficiali e operanti sempre inferiori rispetto alle soluzioni leggere, con sostanziali differenze di comfort termico percepito. Da altri studi, già avviati in parallelo sugli aspetti igrometrici, di prossima pubblicazione, risulta che le soluzioni ad elevata inerzia termica interna si comportano meglio anche in relazione al rischio di condensa. **È fondamentale pertanto che, nei prossimi futuri sviluppi normativi, si tenga conto dell'inerzia termica interna introducendo anche la Capacità termica areica interna periodica, con i relativi limiti quantitativi.**

Successivamente nel prossimo capitolo, vedremo se questi parametri vengono presi in considerazione nella progettazione di edifici nZEB.

## 6. La normativa nZEB

### 6.1 Cosa ci aspetta

Il consumo energetico mondiale è in aumento e i cambiamenti climatici sono una conseguenza dell'utilizzo, come fonte di energia primaria, dei combustibili fossili. L'attenzione verso questa problematica sta crescendo, portando a una serie di interventi mirati a ridurre le emissioni di elementi inquinanti nell'atmosfera per far fronte al problema. Il settore edilizio ne è pienamente coinvolto e la risposta che fornisce al problema è data dalla realizzazione di edifici altamente performanti: fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo, elevate prestazioni energetiche, utilizzo di energia da fonti rinnovabili e alta efficienza impiantistica.

Gli edifici a bassissimo consumo energetico ovvero gli edifici a Energia quasi Zero, come li conosciamo oggi, vennero ipotizzati per la prima volta in seguito alla crisi energetica degli anni Settanta, ma solo di recente sono state sviluppate e promosse delle azioni concrete orientate verso questo difficile obiettivo.

Ufficialmente il termine nZEB (*Nearly Zero Energy Building*) compare per la prima volta all'interno di un pacchetto di Direttive Europee definite dall'acronimo EPBD (Energy Performance Building Directions) nel 2010, che prosegue la strategia dell'Europa 2020 in tema di sviluppo sostenibile, invitando gli stati membri a introdurre nuove normative sulla prestazione energetica degli edifici.

Questa direttiva in particolare mira al raggiungimento di elevati standard energetici per gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici a partire dal 1 gennaio 2019 e per tutti i nuovi edifici a partire dal 1 gennaio 2021.

Tale obbligo si declina nell'introduzione del concetto di "edifici a energia quasi zero", definito come **un edificio ad elevata prestazione energetica**, il cui fabbisogno, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere **coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili**.

In primo luogo vi è la questione di stabilire una definizione chiara di nZEB: l'Unione Europea non specifica quali sono i parametri esatti richiesti da un edificio affinché lo si possa considerare un nZEB, nè chiarisce in che misura le fonti rinnovabili debbano contribuire a soddisfare il suo fabbisogno energetico. Il compito di applicare nella pratica la definizione di edifici a energia quasi zero viene attribuita agli Stati Membri (*secondo quanto riportato all'Art. 9 della direttiva: "tenuto conto delle rispettive condizioni nazionali, regionali o locali"*). Attualmente il termine viene interpretato diversamente nei vari Paesi Europei.

**Nel nostro contesto, caratterizzato da una grande varietà climatica, in cui il problema di surriscaldamento estivo degli edifici risulta ormai preponderante, non è possibile mutuare una definizione "nordica" e la conseguente metodologia che ne deriva.**

La valutazione del fabbisogno energetico globale degli edifici è prevista dalla Direttiva attraverso una metodologia di calcolo della prestazione energetica su base annuale e non basata unicamente sul periodo invernale.

Nonostante le direttive europee non indichino parametri specifici relativi al fabbisogno energetico di un nZEB, il significato di cosa sia un fabbisogno energetico quasi nullo può essere desunto da due enti certificatori privati: PassivHaus e CasaClima.

L'istituto tedesco richiede per una casa passiva un fabbisogno energetico annuo per il riscaldamento inferiore a 15 kWh/m<sup>2</sup>a. L'agenzia CasaClima al suo livello più alto (Gold) richiede standard ancora più stringenti, con consumi inferiori a 10 kWh/m<sup>2</sup>a. Si tratta di valori nettamente inferiori rispetto alla media degli edifici standard, che varia in genere dai 150 ai 250 kWh/m<sup>2</sup>a in

caso di edifici non coibentati, e tra 80 e 120 kWh/m<sup>2</sup>a per gli edifici standard realizzati negli anni Novanta.

Gli strumenti da adottare per rendere un edificio a “energia quasi zero” sono moltissimi, e possono variare molto a seconda del contesto climatico nel quale l’edificio sarà costruito. Un corretto orientamento dell’edificio, l’isolamento della struttura, la corretta disposizione degli ambienti interni a seconda delle attività che vi si svolgono, l’utilizzo di doppi o tripli vetri, l’uso di schermature solari per evitare il surriscaldamento estivo, l’eventuale adozione di tetti verdi e così via. Lo scopo è la realizzazione di un edificio concepito in modo tale da aver bisogno della minore quantità possibile di energia (termica ed elettrica) sia in inverno che in estate, e che garantisca al tempo stesso elevate condizioni di comfort ai residenti. Il suo (pur minimo) fabbisogno deve, inoltre, essere coperto da fonti rinnovabili, anche prodotte in loco mediante l’installazione di pannelli solari termici, di un impianto fotovoltaico o di un impianto microeolico. Per gli edifici di nuova costruzione è ovviamente più semplice raggiungere questi risultati, poichè una nuova costruzione consente di prevedere fin dall’inizio tutti gli accorgimenti utili a raggiungere l’obiettivo “quasi zero”. La vera sfida che si prospetta per i prossimi anni, però, è quella di evitare il più possibile la costruzione di nuovi edifici e l’ulteriore consumo del suolo. Ciò su cui bisognerebbe agire immediatamente è dunque la riqualificazione energetica del patrimonio edile già esistente, facendo in modo da rendere anche gli edifici già costruiti “a energia quasi zero”.

La Direttiva, inoltre, introduce anche la valutazione costi-benefici di soluzioni tecnologiche per l’edilizia. Un parametro importante di scelta sarà la convenienza economica dell’intervento, in accordo con la metodologia di valutazione costi-benefici introdotti dalla Direttiva Europea. Privati e Pubbliche Amministrazioni dovrebbero essere sempre più sostenuti da una legislazione efficace e da incentivi economici, nonché da progettisti appositamente formati ad operare nell’ambito della riqualificazione e non solo in quella della nuova edificazione di elevata qualità.

## 6.2 Il problema nZEB in Italia

Il problema degli edifici ad energia quasi zero in Italia sta proprio nel rapporto con gli altri Paesi Europei. L’Italia partecipa alle commissioni Europee nelle quali vengono definite le direttive comunitarie e le norme di riferimento, dove molte scelte sono favorevoli alle condizioni climatiche Nord-Europee. In Norvegia, piuttosto che in Germania, c’è un clima prevalentemente freddo, quindi è appropriato isolare per contenere i consumi energetici in fase di riscaldamento.

Invece, nel nostro Paese con clima caldo-umido dove negli ultimi tempi fa più caldo di quanto faccia freddo, **gli edifici devono essere capaci di contenere i consumi soprattutto in fase estiva e allo stesso tempo devono garantire sempre comfort termo-igrometrico.**

Se pur isolare gli edifici è utile a far risparmiare, nello stesso tempo può provocare danni alla salute.

Di questo argomento ne parla **Marco D’Orazio**, docente presso l’Università Politecnica delle Marche e membro del Comitato scientifico SAIE, proprio in una sua intervista per fare il punto sugli edifici a energia quasi zero e le problematiche legate alla salute afferma:

***In Italia stiamo adottando modelli costruttivi di tipo Nord-Europeo nell’idea che l’isolamento sia l’unica strategia per contenere i consumi energetici e ottenere edifici confortevoli.***

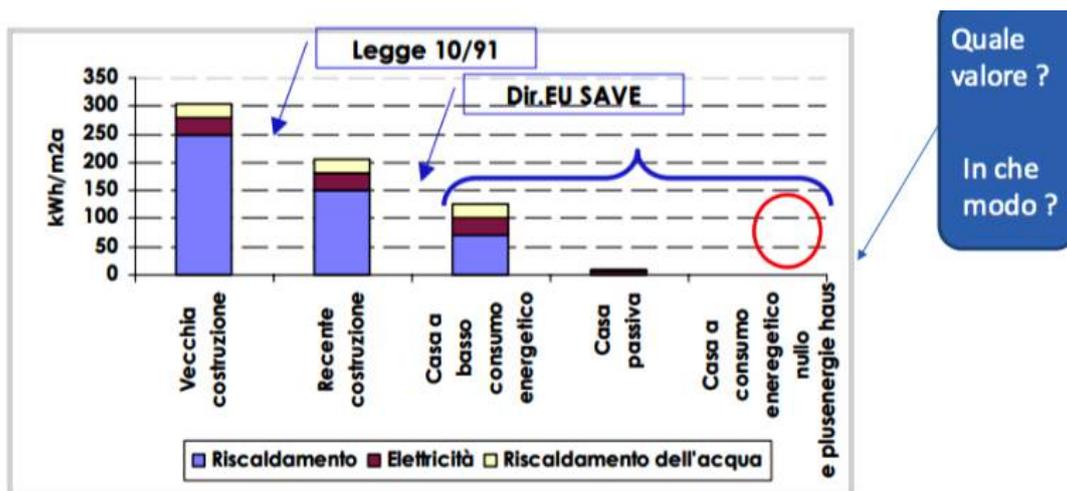
***Nel contesto climatico italiano è possibile si risparmiare energia, ma il rischio di creare problemi secondari, in particolare legati alla salute, è alto.***

Facciamo pertanto ricerca per identificare i problemi che possono nascere e capire come si può arrivare al concetto di energia quasi zero senza estremizzare il contenimento dei consumi energetici.

## 6.3 nZEB e salute

Con la crisi energetica è diventato centrale il rapporto tra sostenibilità e consumo di risorse ai fini del riscaldamento, della climatizzazione e di tutte le attività che impegnano energia.

Negli ultimi anni in particolare in Italia, ma più in generale in Europa, si sono emanate delle direttive con l'intento di migliorare la salute dell'Uomo in relazione alle sostanze inquinanti ed emissioni di anidride carbonica in atmosfera, cercando di fare questo soprattutto attraverso operazioni di contenimento dei consumi energetici. Le tre direttive si chiamano SAVE, EPBD, nZEB, quest'ultima è quella che ci porterà, come esposto precedentemente, a costruire edifici a consumo energetico quasi zero. In Italia abbiamo tradotto nZEB come "Quasi Zero" (NEAR), quando in realtà negli altri Paesi considerano l'idea del consumo netto (NET) piuttosto che del consumo zero, perché si ritiene comunque impossibile raggiungere questo obiettivo.



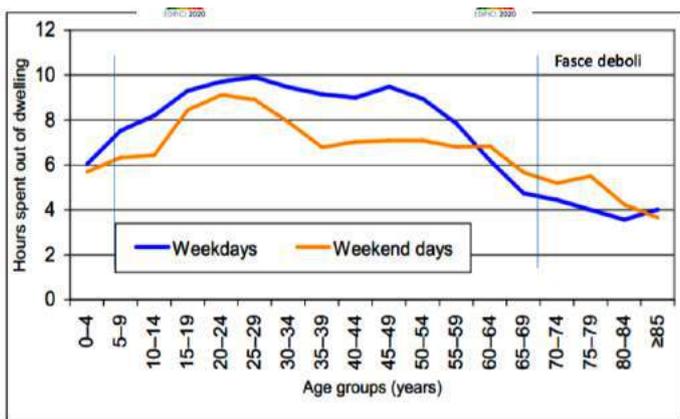
Nel nostro Paese per consentire l'attuazione di queste direttive sono state introdotte una serie di Decreti Legislativi per incentivare le persone a fare operazioni di riqualificazione energetica.

Gli Incentivi DL 63/13 e DM 28.12.12 sono:

- **coibentazione pareti e coperture**, sostituzione serramenti e installazione schermature solari;
- **sostituzione di impianti** esistenti per la **climatizzazione invernale** con sistemi a più alta efficienza;
- sostituzione o, in alcuni casi, nuova **installazione di impianti** alimentati **da fonti rinnovabili** (pompe di calore, caldaie, stufe e camini a biomassa, impianti solari termici anche abbinati a tecnologia solar cooling per la produzione di raffrescamento).

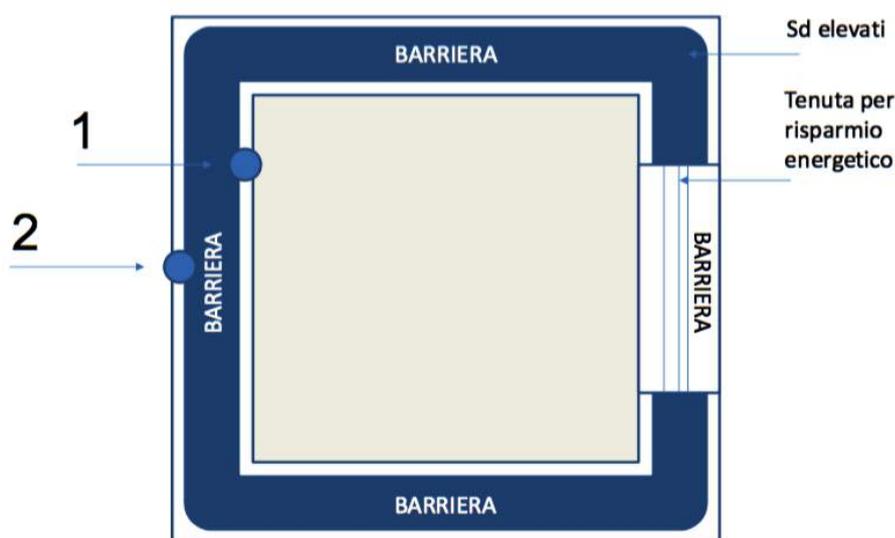
Questo è stato un bene per il settore ed il Paese, perché oltre a contribuire al risparmio energetico è stato trainante dal punto di vista economico.

Però, il problema centrale di cui parlare è che di "risparmio si può anche morire" o per lo meno si può stare molto male. Estremizzare il risparmio energetico nella continua ricerca dell'assoluta sostenibilità, **rischia di portare alla realizzazione di edifici che rispetto al passato hanno minori o quasi nulle capacità di scambio con l'esterno**. La maggior parte delle azioni svolte per il contenimento energetico si sono orientate alla sostituzione degli infissi, in particolare da una classe A0 altamente permeabile all'aria, siamo arrivati ad una classe A3 o A4 con elevata tenuta all'aria, praticamente ermetici. Una volta ci preoccupavamo della permeabilità dei componenti edilizi, ma proseguendo sulla scia dell'isolamento intenso e dell'ermeticità, si ottengono valori equivalenti di Sd (resistenza alla permeabilità) dell'involucro elevati, quindi di fatto ci stiamo spostando verso nuovi modelli costruttivi.



Sapendo che passiamo circa il 90% del nostro tempo in ambienti confinati che ospitano una molteplicità di inquinamenti indoor nocivi per l'Uomo, questi modelli costruttivi non possono sicuramente considerarsi salubri.

Ore trascorse fuori dimora in relazione all'età



Ciò che si produce rimane all'interno

Per migliorare tali ambienti abbiamo la necessità di inserire elementi impiantistici, indispensabili per supportare la vita di un edificio a energia quasi zero.

**E' ritenuto giusto per esempio inserire una ventilazione meccanica per far funzionare adeguatamente un edificio che non dovrebbe consumare energia?**

Occorre trovare il giusto equilibrio tra le esigenze di risparmio e la salute delle persone. Dunque il passaggio all'edificio nZEB fondato sull'iper-isolamento può avere un impatto negativo sulla **salute (1)** delle persone e sulla **durata (2)** dell'elemento costruttivo stesso. Sono state condotte attività di ricerca volte ad indagare gli effetti dell'introduzione del concetto di nZEB sulla qualità dell'abitare:

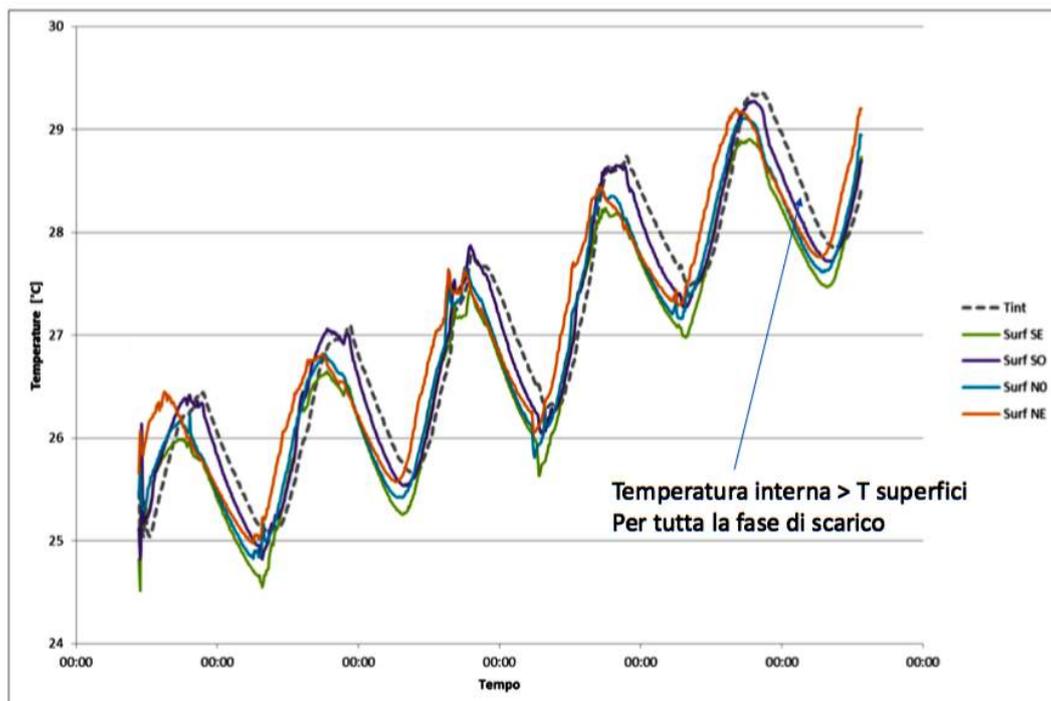
- sperimentazioni sul comportamento termico di componenti edilizi fortemente isolati in ambito mediterraneo;
- sperimentazioni sulle modifiche del comfort collegate a questi modelli;
- sperimentazioni relative all'impatto di tale mutamento sulla salute dell'Uomo;
- sperimentazioni relative alla durata dei componenti edilizi fortemente isolati.

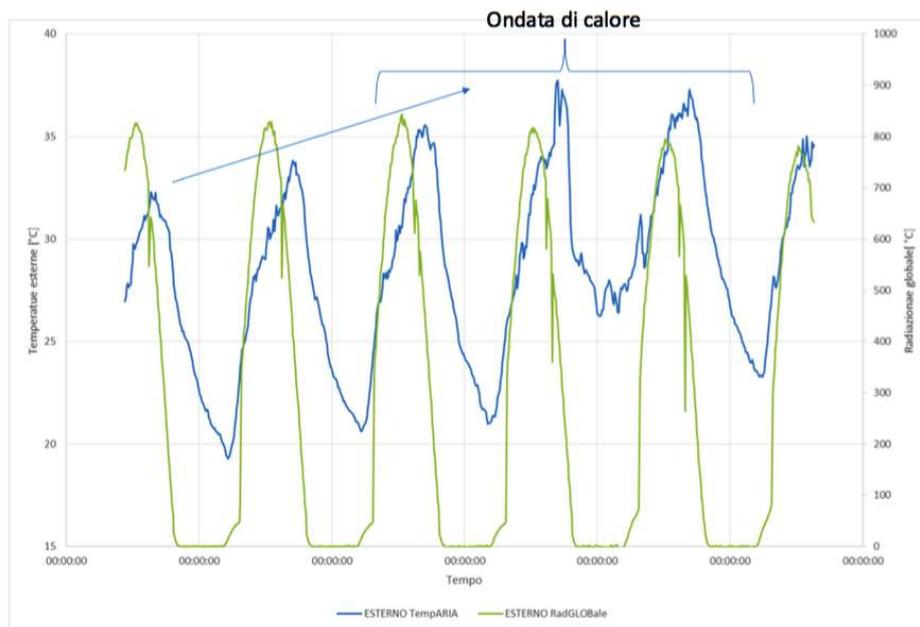
### (1) nZEB e Indoor Air Quality

Prendo in esame il caso studio effettuato dal gruppo di ricerca del *Prof. Marco D'Orazio* di un edificio in zona climatica E, riqualificato utilizzando gli incentivi trattati precedentemente. L'edificio ha un isolamento di copertura 16 cm (isolante fibroso), finestre classe A4 e cappotto interno da 10 cm in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato). Consideriamo le condizioni più sfavorevoli: le sollecitazioni termiche sono calcolate nella fase estiva mentre le sollecitazioni igrometriche nella fase invernale.

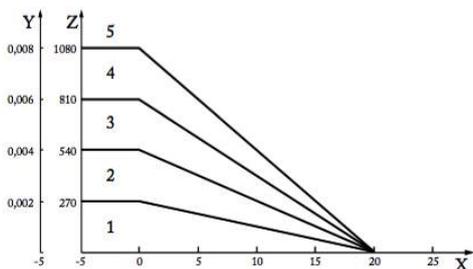


Analizzando le sollecitazioni termiche in fase *estiva* si nota come la temperatura interna della struttura è maggiore rispetto a quella delle varie superfici durante tutta la fase di scarico. Ovvero, nel momento in cui la temperatura delle superfici diminuisce a seguito della diminuzione della temperatura esterna, la temperatura interna rimane sempre più alta.



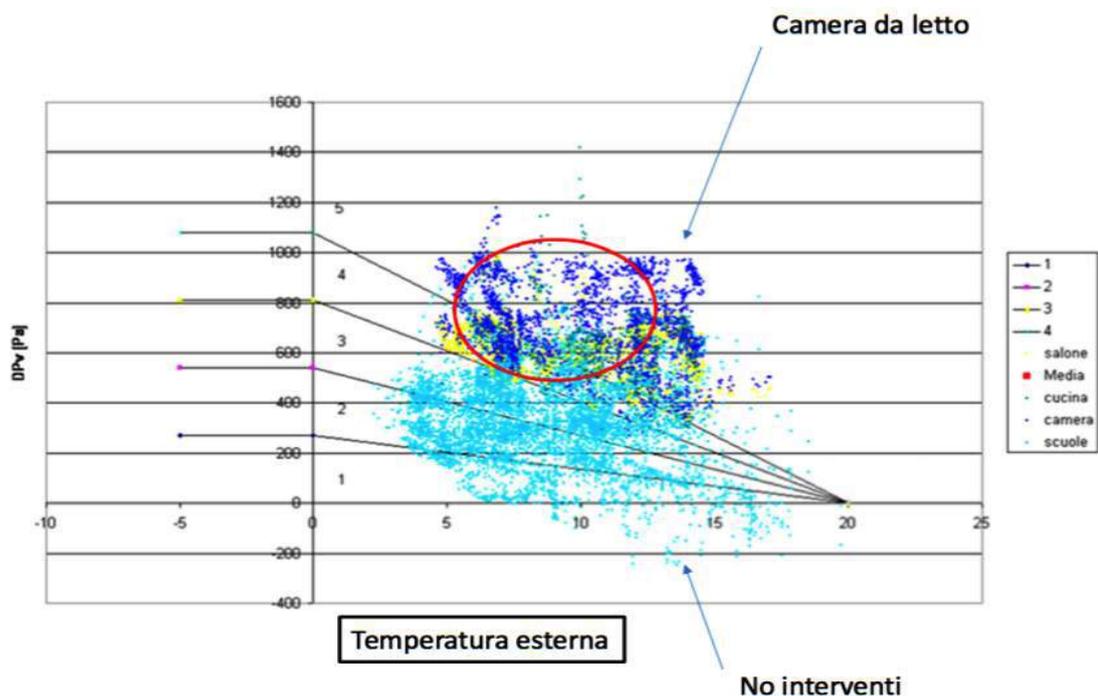


Gli aspetti igrometrici (nel periodo invernale) sono ricavabili tramite la normativa UNI ISO 13788 che attraverso l'utilizzo di opportuni coefficienti di sicurezza durante la procedura di calcolo, fornisce risultati circa l'adeguatezza della soluzione costruttiva in termini di rischio di formazione condensa superficiale e condensa interstiziale. Sotto è rappresentata la variazione della pressione di vapore (Z) in funzione della temperatura esterna (X) e della classe di umidità interna (Y).



#### CLASSI DI UMIDITÀ INTERNA

Classe di umidità	Edificio
1	Magazzini
2	Uffici, negozi
3	Aloggi con basso indice di affollamento
4	Alloggi con alto indice di affollamento, palestre, cucine, cantine, edifici riscaldati con sistemi a gas senza camino
5	Edifi speciali, per esempio lavanderie, distillerie, piscine



La media dei risultati ottenuti nelle generiche stanze (salone, cucina, camera da letto) ricade poco sotto la classe 4 di umidità, ma questa è ben distante dai valori ottenuti qualora non venisse fatto nessun intervento all'edificio.

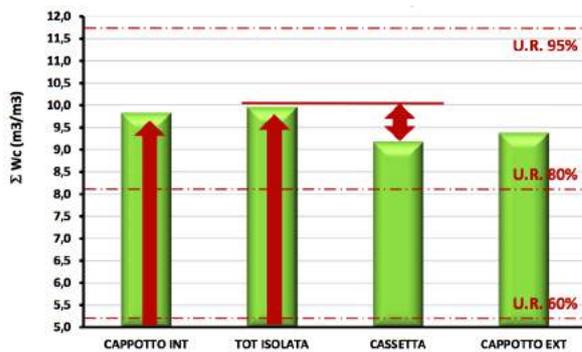
Complessivamente:

- la conseguenza dal punto di vista igrometrico è un innalzamento dei contenuti d'acqua nei materiali di finitura interni;
- in mancanza della possibilità di uno scambio verso l'interno della parete si estremizza il comportamento dell'elemento di finitura;
- più è sottile lo strato di accumulo minore è la sua capacità di distribuire l'aumento dei contenuti d'acqua.

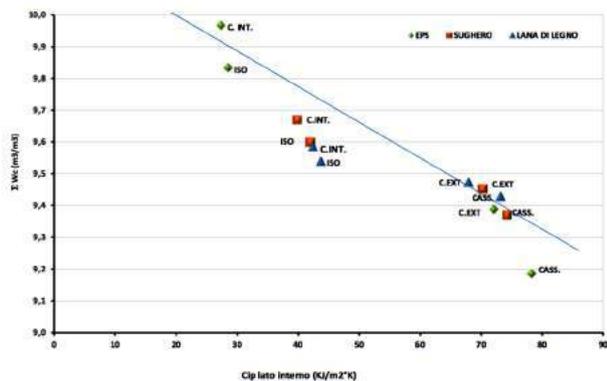
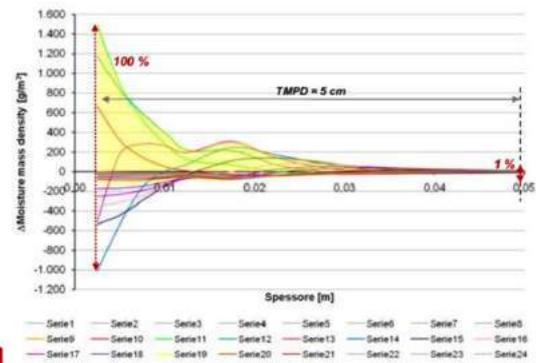
Hanno allora provato a verificare se cambiando alcuni aspetti migliorava o peggiorava la situazione a seconda del tipo di parete (posizione dell'isolamento), tipo di isolante (diffusività al vapore), presenza o meno di barriera al vapore, tipo di finitura.

Tenuto conto l'andamento di vapore prodotto dalle persone nell'ambiente in funzione del numero di occupanti e tempo di permanenza degli stessi (riferiti da normativa), i risultati dei contenuti di acqua relativi al nostro caso studio sono i seguenti:

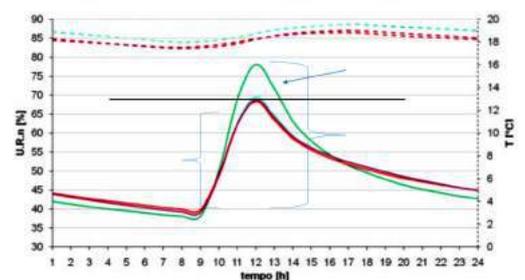
contenuto d'acqua sull'intonaco superficiale interno (funzione tipo di parete)



umidità in funzione dello spessore massivo



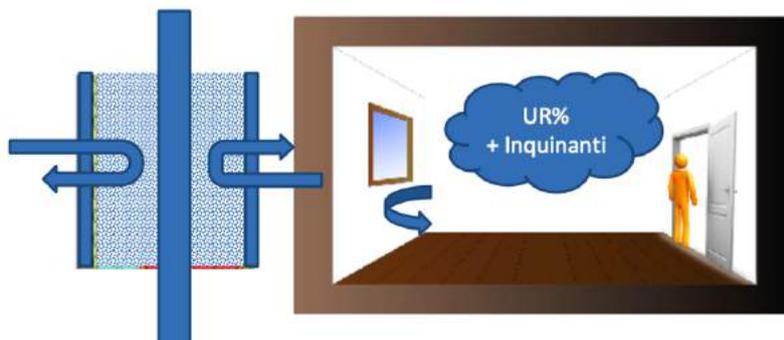
Innalzamento dei valori di picco delle UR%



Si osserva che a seconda del tipo di parete c'è un aumento del contenuto di acqua sulla superficie interna, e proprio come nel nostro caso la parete con cappotto interno risulta la più sconsigliata. **In particolare si nota che generalmente una parete con bassa massa superficiale interna è associata ad un maggior contenuto di acqua, mentre una parete ad alta massa superficiale interna favorisce minori contenuti di acqua**, di conseguenza si ha una attenuazione modesta dell'umidità in funzione dello spessore ad essa associata.

Più che la natura dell'isolante è la parte massiva della parete sul lato interno che aiuta a scaricare lo strato superficiale.

Dunque si sta introducendo un nuovo modello di funzionamento dell'involucro in cui la parte interna non interagisce con l'esterno, facendo restare l'umidità e gli inquinanti prodotti internamente all'ambiente.



Se si costruisce un edificio che non è capace di scambiare in nessun modo con l'esterno si alzano le umidità relative, di conseguenza i contenuti di acqua nelle pareti e in particolare negli strati di finitura. Inoltre, anche ciò che viene prodotto all'interno come i composti organici volatili ed altri agenti inquinanti, rimangono accumulati negli ambienti.

Il vero obiettivo di un edificio nZEB dovrebbe essere la salute e non solo il risparmio.

La conseguenza diretta dell'effetto di questo nuovo modello è la nascita delle muffe.

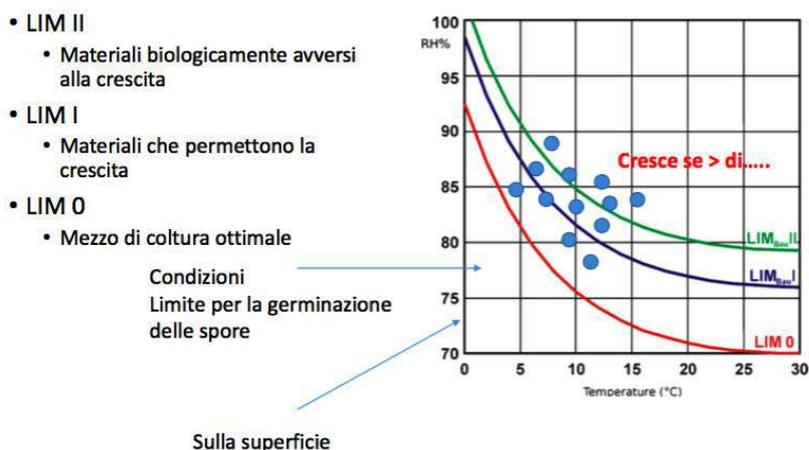
**Una volta si pensava che la crescita di microrganismi fosse legata all'incapacità di risolvere i ponti termici (connesso alle temperature delle superfici), eppure a oggi ci ritroviamo nelle stesse condizioni anche con perfetta correzione degli stessi.**

Quindi se non si agisce in maniera combinata su tutti i componenti dell'edificio, involucro, sistemi finestrati, eccetera, si rischia di spostare il problema da un'altra parte.

Il fattore preponderante per lo sviluppo di questi microrganismi (muffe) non è la temperatura, ma l'acqua, che dispone della loro crescita e vita, e i nutrienti. Di conseguenza, mancando la traspirazione dell'involucro, più i materiali che si utilizzano sul lato interno contengono nutrienti (quindi sostanze organiche) più è facile che si sviluppino microrganismi se le condizioni micro-climatiche, in particolare l'umidità relativa dell'ambiente, sono favorevoli.

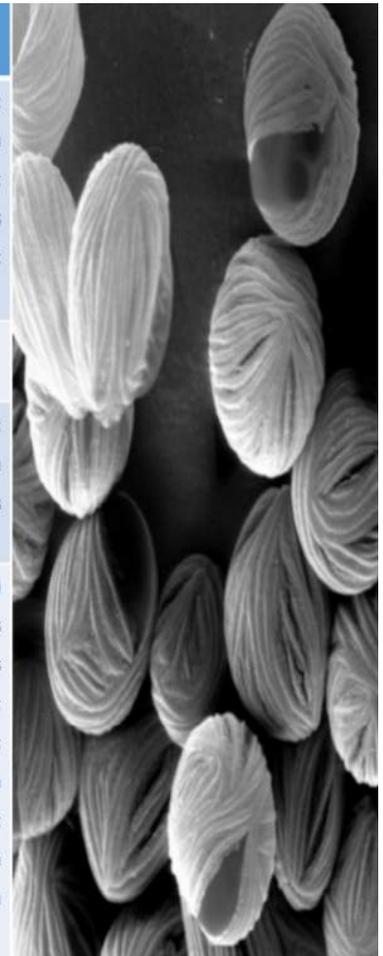
Tramite i risultati sperimentali ottenuti è possibile valutare la condizione limite di germinazione delle spore in funzione dell'umidità relativa e temperatura.

La condizione limite è rappresentata dalla curva rossa in figura (LIM 0), pertanto i valori superiori a tale curva porteranno a una maggiore germinazione. Inoltre si hanno differenti curve limite a seconda se i materiali impiegati ostacolano la loro crescita (LIM 1, LIM 2).



Nella tabella sottostante si mostrano le tipologie di microrganismi che nascono in relazione ai livelli di umidità; aw rappresenta l'attività dell'acqua o tensione di vapore, mentre ERH% è l'umidità relativa in equilibrio.

Moisture Level	Category of microorganism	
High (aw > 0.9; ERH% > 90%)	Tertiary colonizers (hydrophilic)	Alternaria alternata; Aspergillus fumigatus; epicoccum spp.; exophiala spp. fusarium moniliforme; mucr plumbeus; phoma erbarum; phialophora spp.; rhizopus spp.; stachybotrys chartarum (s. atra); trichoderma spp.; ulocladium consortiale; sporobolomyces spp.
	Actinobacteria (or Actinomycetes)	
Intermediate (aw 0.8-0.9; ERH% 80-90%)	Secondary colonizers	Aspergillus flavus; aspergillus versicolor; cladosporium cladosporioides; cladosporium sphaerospermum; mucor circinelloides; rhizopus oryzae
Low (aw < 0.8; ERH% < 80%)	Primary colonizers (xerophilic)	Alternaria citri; aspergillus (eurotium) amstelodami; aspergillus candidus; aspergillus (eurotium) glaucus; aspergillus niger; aspergillus penicilloides; aspergillus (eurotium) repens; aspergillus restrictus; aspergillus versicolor; paenicillium variatii; paenicillium aurantiogriseum; paenicillium brevicompactum; paenicillium chrysogenum; paenicillium commune; paenicillium expansum; paenicillium greseofulvum; wallembia sebi.



La pericolosità per la salute dell'Uomo viene suddivisa in 3 classi:

Classe A - funghi e loro prodotti metabolici che hanno la caratteristica di essere altamente patogeni. Per la gravità dei loro effetti sulla salute dell'Uomo, non deve essere ammessa la loro presenza all'interno degli ambienti. Possono causare problemi sul sistema nervoso e immunitario, contribuiscono a patologie tumorali (microtossine) e infezioni che causano direttamente il decesso;

Classe B (quella più frequente) - funghi e loro prodotti metabolici che diventano patogeni se l'organismo umano viene sottoposto ad una loro esposizione per lungo tempo e che possono essere causa di reazioni allergiche. Possono provocare irritazione degli occhi e della pelle, reazioni allergiche, difficoltà respiratorie, asma, bronchiti croniche;

Classe C - funghi che non sono pericolosi per la salute dell'Uomo, ma che possono comunque arrecare danni alle superfici degli ambienti.

Secondo i risultati sperimentali effettuati sempre dal *Prof. Marco D'Orazio*, si dimostra come la compresenza di acqua e sostanze organiche nei materiali di finitura eleva il rischio della formazione di microrganismi e l'adozione del criterio di iper-isolamento aumenti gli inquinanti interni.

**Si da luogo pertanto ad ambienti che presentano condizioni sia di IAQ che di comfort peggiorative rispetto al passato.**

**La scelta di compensare con sistemi impiantistici non è per niente idonea, la soluzione invece più efficace sarebbe l'utilizzo di materiali con capacità tampone di "moisture buffering": la strategia promettente è quella di vedere l'impiego di materiali massivi con funzione adsorbente in ambiente interno, con maggiori capacità di accumulo e rilascio di vapore acqueo a seconda dell'ambiente in cui si opera.**

## **(2) Gli effetti secondari sulla durata dei componenti edilizi:**

- anche la parte esterna dell'involucro soffre del disaccoppiamento termico interno/esterno;
- si verificano, rispetto al passato accumuli igroscopici maggiori a carico dei materiali esterni con maggiore velocità di crescita di organismi biologici (alghe, cianobatteri - aspetto già rilevato in Germania su sistemi ETICS ad alto spessore a metà degli anni 2000);
- in fase estiva i materiali sono costretti a lavorare a temperature maggiori.



Gli organismi biologici che proliferano sulle superfici sono autotrofi: sintetizzano quanto necessario alla loro sopravvivenza grazie all'acqua ed alla luce (sintesi clorofilliana). Pure in questo caso lo studio dimostra che l'attività di questi microrganismi dipende molto dalla natura del materiale utilizzato in superficie.

## **CONCLUSIONI**

Conseguenze del nZEB:

1. **si riducono drasticamente le permeabilità al vapore dell'involucro (parte opaca e trasparente) con conseguenze importanti per la salute dell'Uomo;**
2. **si riducono fortemente i flussi termici passanti attraverso i componenti edilizi con fenomeni di disaccoppiamento della parte interna ed esterna e peggioramento delle condizioni di esercizio termo-igrometriche sia interne che esterne.**

Possibili soluzioni:

1. occorre mantenere strategie di climatizzazione passiva piuttosto che puntare solo sull'isolamento (iper);

2. occorre garantire elementi massivi con capacità di accumulo e smorzamento sia termico che igrometrico;
3. occorre garantire ricambi d'aria accettando il concetto di NET (Netto) inteso come bilancio energetico, e ripudiando quello di NEAR (Quasi);
4. occorre modificare le proprietà dei materiali impiegati nelle superfici interne per evitare la formazione di microrganismi.

*Soffermandomi sul concetto di massivo, uno dei materiali che prenderò in esame nei prossimi capitoli della tesi sarà la terra cruda, vedremo come questa materia prima naturale possa sposarsi perfettamente con ogni clima del Pianeta, oltre ad offrire tutti i suoi benefici per la salute dell'Uomo.*

Per concludere, un altro aspetto sottolineato dal Prof. Marco D'Orazio è che la sostenibilità rappresenta il non consumo di risorse in modo che possano essere disponibili per le future generazioni. Quindi, anche in questo caso, **se si eccede in alcune azioni (iperisolamento, ermeticità, etc) si rischia di spostare il costo energetico da una parte all'altra: progettiamo edifici che dovrebbero consumare poca energia, ma per costruirli (considerando anche l'energia grigia - LCA) ne richiedono una quantità sproporzionata.**

*Quanto tempo ci vuole per recuperare l'energia che ho semplicemente spostato da una parte all'altra?*

Alcuni studi dimostrano che ci vogliono diversi anni per recuperare lo spostamento energetico che è stato fatto.

Una decina di anni fa i consumi erano 140-200 Kw/hm<sup>2</sup>a, adesso ci siamo spostati in un ordine dei 40-50, ogni ulteriore passo nel contenimento dei consumi energetici ci sposterà da 1 a 5 Kw/hm<sup>2</sup>a. Quindi, l'utilità marginale diventa via via più piccola e non permette di compensare l'energia consumata per produrre edifici tanto efficienti.

**Pertanto il risparmio si ma con attenzione, perché fino ad un certo punto fa bene, oltre è pericoloso per la salute e non ambientalmente sostenibile.**

## 6.4 Riflessioni

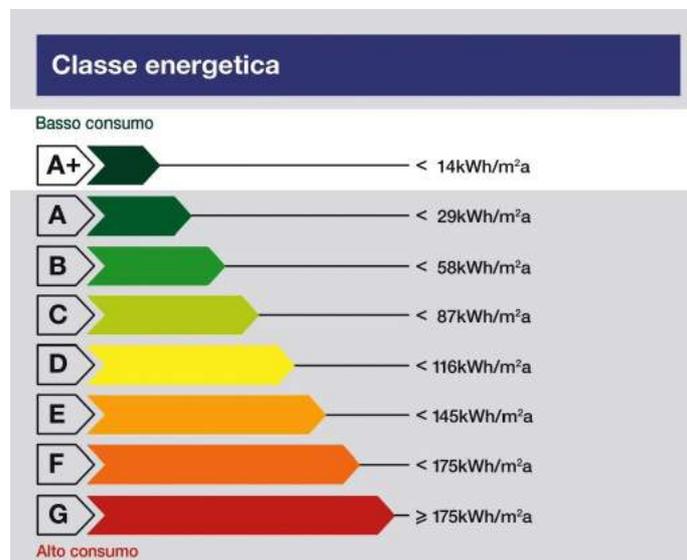
Prima del D.Lgs 311 del 2006 e successive integrazioni, si valutava la qualità di un edificio in base alla sua capacità di contenere le dispersioni termiche, nello specifico **quantificando il consumo energetico invernale, non considerando le medie stagioni e l'estate**. Minore era il consumo di energia per il riscaldamento dell'edificio, migliore era la sua classificazione energetica.

Questa veniva evidenziata tramite 7 categorie di assegnazione: dalla migliore classe A, alla peggiore classe G. La metodologia di classificazione, premiava prevalentemente strutture costruite con materiali leggeri (isolanti) a scapito dell'inerzia termica (massa), **creando situazioni di notevole discomfort abitativo e aumentando i consumi energetici nelle medie stagioni e in fase estiva**.

Dal 2006, **viene integrato il parametro di Massa superficiale (230 Kg/m<sup>2</sup>)**, come fattore determinante al contenimento energetico in fase estiva, per correggere le mancanze precedenti. Rimanevano esclusi dal rispettare questi obblighi, solo gli edifici in fascia climatica F.

Negli anni successivi, **le nuove costruzioni hanno ignorato questo vincolo normativo**, introducendo materiali isolanti a più alta densità specifica. Questo perché, adoperando le indicazioni dalla Normativa UNI EN ISO 13786 (la Trasmissione termica periodica  $Y_{ie}$  risulta il parametro più idoneo in sostituzione della verifica di Massa superficiale) si è colta l'occasione per continuare a costruire edifici a bassa inerzia termica, quantificando la loro efficienza con calcoli a regime stazionario e semi-stazionario. Rimaneva quindi invariata la metodologia di assegnazione della **classificazione energetica, legata ancora al consumo invernale** e basata sull'isolamento termico **con la priorità di raggiungere il valore U** di Trasmissione termica.

Es. Grafico classi energetiche valido fino al 31 Settembre 2015



**Nuovi passi avvengono dal 1 ottobre 2015** con l'entrata in vigore dei D.Lgs per l'adeguamento alle Direttive Europee in anticipo alla Normativa nZEB.

Parte un **sistema diverso di assegnazione delle classi energetiche** (non più riferito soltanto al consumo invernale), dove il risultato ottenuto dal dimensionamento viene confrontato con l'edificio di riferimento, l'indice di prestazione energetica globale e altri elementi di valutazione.

L'edificio di riferimento rappresenta l'identica copia architettonica (geometrie, volumi, superfici trasparenti, ecc) dell'edificio di progetto, ma sviluppato secondo i parametri limite della Normativa.

L'indice di prestazione energetica globale considera i servizi di riscaldamento, raffreddamento, ACS (acqua calda sanitaria), ventilazione meccanica e illuminazione.

La progettazione di un edificio nZEB richiede un equilibrio completo: potrebbe essere necessario ad esempio, sacrificare un livello di prestazione in fase invernale per favorire l'allontanamento di calore in estate, oppure, perdere una fetta di guadagno solare gratuito dalle aperture trasparenti per evitare il surriscaldamento estivo dell'edificio. Inoltre, diventa obbligatorio superare le seguenti verifiche sull'involucro e gli impianti.

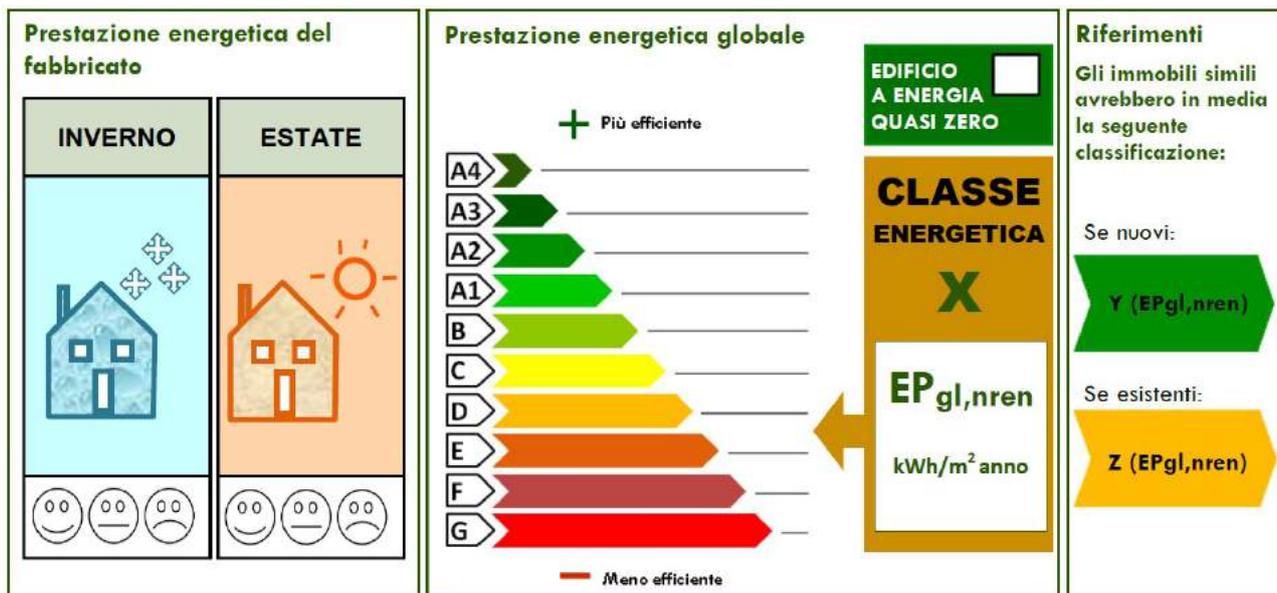
## Involucro

- **Verifica termoigrometrica della singola struttura e calcolo del parametro H'T dell'intero edificio:** oltre alle classiche verifiche relative alla formazione di muffe e condense, si richiede di contenere le dispersioni globali dell'edificio valutando il parametro H'T (rappresenta lo scambio termico medio dell'edificio), che si ottiene dal rapporto tra la somma di tutti gli scambi termici verso l'esterno (terreno, zone non climatizzate o ambienti adiacenti e la superficie disperdente dell'edificio). L'esito positivo della verifica dipende dalle trasmittanze che raggiungono le singole strutture, opache e trasparenti. Questo parametro punta l'attenzione sul contenimento dello scambio termico ovvero, sulla risposta dell'edificio alla fuoriuscita di calore durante il periodo di riscaldamento.
- **Verifica di Trasmittanza termica periodica o massa delle strutture opache (verticali ed orizzontali), verifica di schermatura delle aperture e calcolo dell'area solare equivalente estiva:** questo gruppo di verifiche si concentra sulla necessità di progettare un edificio che impedisca l'ingresso di calore durante la stagione di raffrescamento, con valori di  $Y_{ie}$  uguale a 0,10 per pareti verticali e inspiegabilmente un valore più alto pari a 0,18 per il tetto, dove in realtà l'irradianza solare è maggiore rispetto a quella sulla parete. La verifica dell'efficacia dei sistemi schermanti prevede la valutazione oraria dell'area ombreggiata dalla schermatura, in funzione della posizione del sole e dell'orientamento dell'edificio: la verifica dell'area solare equivalente estiva prevede il calcolo del parametro  $A_{SOL}$  che è influenzato dal bilancio tra la superficie utile dell'edificio e l'area delle aperture, la schermatura e l'irradiazione solare sull'edificio. Di conseguenza, sono giustamente premiati gli edifici con aperture contenute o adeguatamente schermate ed in ogni caso correttamente orientate.

## Impianto

- **Verifica della quota minima di produzione di energia da fonte rinnovabile per ACS, riscaldamento e raffrescamento già richieste dal Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/2011):** dai testi dei Decreti nazionali-regionale e da quanto indicato dalla Direttiva Europea, l'edificio nZEB deve prevedere una buona fetta di energia rinnovabile prodotta in situ: il progettista non può prescindere dall'integrazione architettonica di queste tecnologie, ma deve accompagnare lo studio di fattibilità con un'analisi economica delle tecnologie presenti.
- **Verifica delle efficienze globali minime per i servizi di ACS, riscaldamento e raffrescamento, ecc:** l'edificio di progetto deve avere rendimenti maggiori dell'edificio di riferimento nZEB, valutato con efficienze di impianto standard definite dal Decreto.
- **Verifica degli indici di prestazione globale dell'edificio o del singolo servizio per il fabbisogno primario di energia totale, rinnovabile e non rinnovabile:** la prestazione dell'edificio e di ogni suo specifico servizio deve essere inferiore a quella dell'edificio di riferimento nZEB.

Grafico classi energetiche valido dal 1 ottobre 2015



La Normativa nZEB rivede anche l'Attestato di Prestazione Energetica (APE). Ad una prima osservazione, sembra consegnare un grafico capace di trasmettere rapidamente il rapporto qualità/efficienza dell'edificio, ed in parte è così, perché l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio viene calcolato sostituendo gli impianti presenti in progetto con quelli standard dell'edificio di riferimento, tale da avere la classificazione legata alle performance dell'involucro ed alle scelte progettuali.

Ma se approfondiamo, tenuto conto che la classe di assegnazione è legata all'edificio di riferimento, **non ci sono parametri univoci di confronto** a distinzione tra le varie classi, cosa che invece avveniva con il precedente certificato APE. Dunque, questo **può creare una situazione poco chiara** in cui nella "realtà dei fatti" **non è scontato che un edificio certificato ad esempio in classe A2 consumi meno di quello in classe A1, con discorso analogo per le altre classi.**

Sicuramente l'ultimo decreto è più completo rispetto ai precedenti, perché inserisce consigli progettuali e parametri per limitare gli apporti gratuiti solari in estate, **consegnandoci però un'altra volta un edificio "efficiente solo se non ci vive nessuno"**.

Ancora un edificio mancante della giusta inerzia termica e soprattutto Capacità termica areica interna periodica, Effusività termica e gestione dell'umidità, tutti parametri che fanno la vera differenza per vivere in un ambiente confortevole e salubre.

La conclusione di questa riflessione ci porta a dare le dovute attenzioni sul modo di costruire negli anni avvenire, come anche anticipato dallo studio del **Prof. D'Orazio**.

**Bisogna trovare metodi opportuni alle specifiche carenze Normative potendo sfruttare canoni di progettazione più avanzata (come la simulazione energetica dinamica), ma anche evitare materiali incapaci di assorbire o cedere umidità e calore, quali a base di legno, gesso, cemento, ecc. Il loro impiego comporta il bisogno di compensare le variazioni igro-termiche degli ambienti con impianti di umidificazione e de-umidificazione sempre più importanti, facendo così lievitare i costi energetici per farli funzionare, nonché la necessità di sovradimensionare i sistemi fotovoltaici, eolici, ecc.**

## 7. Sapere è un Dovero

### 7.1 Materiali da costruzione e composti chimici

Negli ultimi tempi i concetti di “eco”, “bio”, “sostenibilità”, sono inflazionati (anche troppo!) e per niente rispettati: **si continua a costruire in maniera poco etica**, senza tener conto dei materiali utilizzati...

Sono molti i materiali e sostanze che le Agenzie governative, come la United States Environmental Protection Agency (EPA) e la Commissione per l'Ambiente dell'Unione Europea (European Commissioner for the Environment), hanno dichiarato come nocivi per gli esseri viventi, compreso l'Uomo.

Infatti, ci sono protocolli di certificazione degli edifici (International Living Future Institute per Living Building Challenge), industrie private e pubbliche agenzie (Los Angeles Community College District ) che già ne vietano l'uso. L'inserimento dei prodotti chimici nella lista rossa mira a eliminarne gradualmente la produzione e l'uso. I materiali o sostanze chimiche nella lista sono i seguenti:

- Alchilfenoli;
- Amianto;
- il Bisfenolo A (BPA);
- Cadmio;
- Polietilene Clorurato e il Polietilene di Chlorosulfonated;
- Clorobenzeni;
- i Clorofluorocarburi (CFC) e gli Idroclorofluorocarburi (HCFC);
- Cloroprene (Neoprene);
- Cromo VI;
- Cloruro di Polivinile Clorurato (CPVC);
- Formaldeide (aggiunto);
- Alogenati ritardanti di fiamma (HFRS);
- Piombo (aggiunto);
- Mercurio;
- Bifenili Policlorurati (PCB);
- Perfluorurati Composti (PFC);
- gli Ftalati;
- Cloruro di Polivinile (PVC);
- Cloruro di Polivinilidene (PVDC);
- Paraffine clorurate a catena corta;
- trattamenti del legno contenenti Creosoto, Arsenico o Pentaclorofenolo;
- Composti Organici Volatili (COV) in prodotti umidi-applicati.



Oltre a questi prodotti dagli associati danni per la salute, ce ne sono altri in continua scoperta e studio che trasformano le abitazioni in vere e proprie "camere a gas".

I materiali nel loro insieme possono essere di varie origini: vegetale, minerale, animale, sintetica e composita. Di seguito ho voluto approfondire i materiali e composti chimici più comunemente usati.

Successivamente parlerò dell'inquinamento indoor, un' estensione di questo importante argomento, sempre più discusso.

### 7.1.1 Cartongesso e i suoi derivati



E' vergognoso trovare installati all'interno delle strutture scolastiche educative, ospedaliere medico-sanitarie ambulatoriali e per le lavorazioni alimentari, vari sistemi di controsoffittatura-pareti realizzati con materiali assolutamente non conformi, non idonei e non corrispondenti alla minima garanzia di affidabilità di un prodotto sano e durabile.

**L'utilizzo del cartongesso e dei suoi derivati, gessi alleggeriti, silicati di calcio, fibre minerali, lane di roccia, materiali fibrosi e vetrosi mettono a repentaglio quotidianamente l'igiene dell'ambiente e la salute** dei bambini, studenti, personale docente, ammalati e personale preposto, in quanto tutto il giorno, si trovano a contatto con tali materiali che nel tempo rilasciano sostanze pericolose.

Lo stato poroso di tali prodotti li fa impregnare di tutto quanto circola nell'aria e non può più essere rimosso, lavato o ben disinfettato; le microfibre dannose volatili rilasciate nell'aria vengono inalate.

Negli Stati Uniti da anni vige la Legge del "danno biologico". Dopo l'obbligo alle multinazionali del tabacco di ammonire sui pacchetti di sigarette i danni provocati dal fumo, subito seguito anche qui in Italia grazie al tribunale di tutela del malato, ora gli americani primi realizzatori al mondo di controsoffitti con pannelli in fibre minerali sono stati costretti a riportare sulle loro confezioni, come nelle sigarette, **i danni irreparabili causati dall'inalazione dello spolvero di queste microfibre.** Attualmente anche in Italia vige il reato di danno biologico, ma per disinformazione o negligenza si continua l'uso di questi materiali anche nelle nuove strutture.

Bisogna stare attenti, dunque, a quei produttori che nell'obiettivo dei loro interessi economici, trascurano la tutela dell'individuo. Il caso ETERNIT negli anni ne è stato la conferma, in quanto nessuno credeva a chi metteva in guardia verso i rischi che lo stesso causava.

Oggi tutti gli individui, **a partire dai progettisti fino agli operatori di cantiere, dovrebbero essere responsabili** degli effetti che tali materiali (ai limiti della legalità) hanno nel ciclo ambientale, e soprattutto di quelli nocivi causati alla salute.

Se pur in Italia ci sono parecchi dibattiti in merito ai danni per la salute che può provocare il cartongesso e i suoi derivati, risulta invece certo che è composto da rifiuti speciali, come affermato dall'Enel nel suo bilancio di sostenibilità 2010, in cui mostra tutto il percorso del gesso da desolforazione:



## Bilancio di sostenibilità 2010

### Rifiuti prodotti

Totale rifiuti prodotti  
(migliaia di t)

11.482 nel 2010

11.322 nel 2009

Rifiuti non pericolosi (migliaia di t)

11.407 nel 2010

11.250 nel 2009

Rifiuti pericolosi (migliaia di t)

75 nel 2010

72 nel 2009

I rifiuti speciali sono i residui delle attività di Enel disciplinati dalle leggi vigenti nei diversi ambiti nazionali in cui il Gruppo è presente (in ambito comunitario la fonte legislativa di riferimento è la **direttiva 2008/98/CE**). Per la classificazione dei rifiuti in non pericolosi e pericolosi Enel fa riferimento alla normativa comunitaria.

I metodi di smaltimento o recupero dei rifiuti si differenziano a seconda della tipologia di rifiuto prodotta. **Alcuni di questi vengono recuperati da aziende specializzate, come nel caso del gesso e delle ceneri da combustione (riutilizzati per la realizzazione di materiali edili)**, degli oli e delle batterie (che vengono rigenerati) e della carta, della plastica, del vetro e del legno (che sono soggetti a processi di trattamento e di recupero specifici).

**Nel 2010 il peso complessivo dei rifiuti prodotti dal Gruppo è stato di circa 11,5 Mt, di cui la maggior parte (rifiuti non pericolosi) è costituita prevalentemente da ceneri e gessi (10,6 Mt).**

Gli unici rifiuti per i quali esiste una relazione significativa con il volume di attività sono le ceneri e i gessi da desolforazione relativi alla produzione termoelettrica semplice e combinata; per tutte le altre tipologie di rifiuti (pericolosi e non pericolosi) la produzione è funzione di molti fattori concorrenti che rendono impossibile la previsione delle quantità e difficile l'interpretazione degli andamenti.

Le politiche del Gruppo si orientano all'incremento nel tempo delle percentuali di recupero dei rifiuti indipendentemente dalla loro pericolosità. La quota complessiva di rifiuti recuperati per il 2010 è pari a 23,4%, mentre la percentuale di recupero delle ceneri di carbone e lignite prodotte dal Gruppo Enel nel corso del 2010 ammonta a circa il 21% (-7%), quella dei gessi da desolforazione a circa il 37% (+18%).

Le metodologie di smaltimento o di recupero dei rifiuti variano a seconda della tipologia di materiale. Per gli smaltimenti le tipologie più importanti riguardano le ceneri e i gessi non recuperati, che vengono destinati a discariche specialmente allestite, e i rifiuti biologici che sono smaltiti tramite incenerimento a terra.

Il recupero riguarda principalmente quei materiali che possono essere riutilizzati come combustibile o come altro mezzo per produrre energia (a esempio ceneri da olio), che possono essere rigenerati o recuperati (è il caso dei solventi e dei rifiuti da laboratori chimici o delle batterie), o che possono essere riciclati (come alcune tipologie di metalli, ceneri e gessi recuperati).

**Per approfondimenti sui rifiuti speciali si rimanda al paragrafo "I rifiuti speciali" e ai relativi indicatori di performance all'interno del Rapporto ambientale 2010.**

## 7.1.2 Polistirene e derivati



Anche su questo materiale se ne sentono di tutti i colori, molti sono gli scenari di dibattito sulla sua salubrità e spesso questi provocano confusione nell'opinione pubblica, non portando alla luce il bisogno o meno dell'impiego nelle costruzioni edili.

Le risposte in difesa di questo materiale sono tante e parecchie di esse, se non tutte, sono formulate dai grandi leader nella produzione, lavorazione e vendita del polistirene, polistirolo espanso e suoi derivati. Rimanendo al di fuori di tutte queste discussioni, lo studio che ha svolto il WWF è sicuramente improntato a far conoscere il reale pericolo per l'Uomo.

Il loro lavoro è raccolto nel dossier che si intitola "L'uso del polistirene espanso in edilizia".

Le considerazioni finali dello studio sono le seguenti riportate:

*Lo studio del "polistirene espanso sinterizzato" (EPS) è partito dalle sue origini che sono da ricercarsi nello stirene (o stirola), un monomero ricavato dal petrolio. Lo stirene si caratterizza per la sua pericolosità nei confronti della salute dell'Uomo, essendo fonte di diverse patologie delle vie respiratorie, nonché probabile agente cancerogeno secondo la classificazione dell'Agenzia per la ricerca del cancro (IARC). Seguono consequenziali le difficoltà nello stoccaggio e trasporto della materia prima. Inoltre, **la produzione di polistirene espanso presenta processi energivori, inquinanti e produttori di gas serra.** In relazione agli aspetti legati alla salute, è un materiale che utilizza catalizzatori ed additivi pericolosi (in particolare i ritardanti di fiamma bromurati, HBCD) per raggiungere determinate prestazioni. Anche per questo, è un materiale difficile da smaltire, da riciclare e quindi non può essere considerato un materiale ambientalmente sostenibile.*

*Perseguire obiettivi di sostenibilità nel settore edilizio significa ripensare completamente e rinnovare le attuali prassi che conducono alla realizzazione dell'edificio, riconoscendo che le scelte operate investono l'intero ambito del processo edilizio, dalla produzione dei materiali utilizzati fino alla demolizione a fine vita dello stesso. Per poter restituire al concetto di sostenibilità il suo significato originario ("soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri"), oggi purtroppo abusato e ridotto molto spesso a funzione di mera copertura, è indispensabile fornire un'informazione completa che sia capace di allontanare quelle tecniche, legate fondamentalmente alle politiche di marketing, che ostentano falsi interessi per le responsabilità ambientali (fenomeno del greenwashing, neologismo coniato ispirandosi al white-washing che vuol dire imbiancare, nascondere, coprire). Molto spesso l'informazione parziale tende ad evidenziare solo alcune caratteristiche ritenendole sufficienti per individuare la sostenibilità del prodotto, trascurando completamente altri aspetti che spesso rappresentano forti criticità. Con il presente lavoro, si è voluto proporre un'articolata e profonda riflessione sul ruolo e sull'appropriatezza dei materiali da costruzione, analizzando per il polistirene espanso tutto ciò che attiene alla sua efficienza energetica, ma soprattutto al suo significativo impatto ambientale complessivo.*

<b>Profilo ambientale del polistirene espanso (EPS) in edilizia</b>		 
Isolamento termico	Bassi valori di conducibilità termica, buon isolamento termico	
Idrorepellenza e permeabilità al vapore	Elevata capacità di permeabilità al vapore ed idrorepellenza	
Capacità inerziale Accumulatore termico	Scarsa capacità termica massica	
Energia grigia	Elevato contenuto di energia grigia	
Produzione di emissioni inquinanti (aria, acqua, terra)	Emissione di CO <sub>2</sub> in fase di produzione ed emissioni diffuse (stirene, additivi e catalizzatori) durante la fase di utilizzo e dismissione	
Analisi Ciclo Vita (LCA)	Elevato impatto ambientale	
Comprimibilità	Incomprimibile per il trasporto	
Salute	Contiene componenti che possono nuocere alla salute	
Reazione al fuoco	Utilizza additivi antifiamma pericolosi; in caso di incendio produce emissioni nocive e fumi densi	
Riciclabilità e riuso	Scarsa riciclabilità e riuso	
Frazione riciclata (proporzione di contenuto riciclato)	Basso utilizzo di materia prima "secondaria"	
Disponibilità materie prime (rinnovabile/abbondante)	È un derivato del petrolio	
Ciclicità (facilità di riciclaggio del prodotto)	Scarsa ciclicità del prodotto perché impuro (additivato)	
Produzione di rifiuti e scarti di produzione	Elevata biopersistenza nell'ambiente	
Sostenibilità del materiale	Materiale non ambientalmente sostenibile	

In conclusione, dunque, anche **questo materiale è nemico per la salute dell'Uomo e dell'Ambiente, ma ancora oggi si continua a farne largo uso.**

### 7.1.3 PVC



Il PVC (Cloruro di Polivinile) è uno dei più versatili materiali plastici in uso nelle società moderne. **E' anche uno dei più pericolosi.** Il PVC viene utilizzato in applicazioni così diverse tra loro che risulta molto difficile parlarne come se si trattasse di un singolo materiale: è usato per esempio per l'imbottigliamento delle acque minerali, per la fabbricazione di tubi, scatole e pellicole, carte di credito, dischi e giocattoli, per la costruzione di finestre, porte, muri, pannelli, grondaie, e poi per la pavimentazione di interni, per la carta da parati, le tende veneziane e le tende per doccia, per le guarnizioni delle automobili, per molte attrezzature sanitarie, per cavi e isolamento di fili metallici, per similpelle, per mobili da giardino. La Greenpeace ci fornisce un dato allarmante: il 58% della produzione di PVC è assorbito, in un Paese mediamente industrializzato, dal settore edile. In pratica, il PVC è diventato parte integrante della nostra vita. Un innocuo pezzo di tubo o un morbido giocattolo in PVC sono il prodotto di **un'industria altamente pericolosa ed inquinante, perché la produzione di PVC si basa sull'industria del cloro.**

Il cloro, prodotto di scarto degli impianti di produzione di soda caustica, è un elemento chimico altamente reattivo che può combinarsi con altri elementi. Anche se composti a base di cloro si trovano in Natura (l'esempio più banale è il cloruro di sodio, il comune sale da cucina), il cloro originato dagli impianti di cloro-alcali ha caratteristiche particolari: si presenta infatti in forma gassosa e reagisce preferibilmente con composti organici (contenenti carbonio), dando vita agli organocloruri, elementi molto rari in Natura e verso i quali gli organismi viventi non hanno sviluppato protezioni adeguate.

In pochi decenni, la moderna industria chimica ha immesso nell'Ambiente milioni di tonnellate di organocloruri, dando il via ad una catena di gravi ripercussioni ambientali. I nomi di alcuni organocloruri, legati a famosi disastri ambientali, ci sono ormai familiari: si tratta dei PCB, noti inibitori della capacità riproduttiva che, nonostante siano stati banditi alla fine degli anni '70, sono ancora per larga parte presenti nell'Ambiente; degli aloni e dei CFC, che continueranno a distruggere l'ozonosfera nei secoli a venire, anche se si arrivasse ad un immediato bando della loro produzione; dei pesticidi, quali il DDT e il lindano, ancora in produzione. Gli organocloruri sono responsabili di alcuni tra i più gravi disastri ambientali tra cui Seveso. **La loro nocività è talmente nota che ormai molti Paesi stanno prendendo misure per la loro eliminazione.**

Il PVC è ambientalmente pericoloso in tutte le fasi del suo ciclo vitale. La produzione della polvere di PVC richiede infatti il trasporto di materiale esplosivo e genera rifiuti tossici. Inoltre, per quasi tutti gli usi finali, il PVC deve essere combinato con additivi (fungicidi, coloranti, additivi che lo rendano flessibile e maneggevole o metalli pesanti che ne aumentino la durezza). Così, la produzione di PVC alimenta anche altre industrie tossiche secondarie.

Lo stesso prodotto finito, poi, una volta acquistato dal consumatore, può essere fonte di rischio. Alcuni additivi, per esempio quelli utilizzati nella pavimentazione, tendono ad evaporare in aria. Il più comune plastificante è ritenuto cancerogeno.

Ulteriori problemi ambientali nascono nella fase di smaltimento. Se incenerito, il PVC rilascia non solo un pericoloso gas acido, ma anche diossine ed altri organocloruri. Se messo in discarica, il

lento rilascio di sostanze tossiche contenute negli additivi finirà col contaminare le acque di falda. Non essendo un materiale naturale, non è biodegradabile.

Tutte queste esternazioni sono estratte da prove scientifiche effettuate dall'OMS, CHEJ, Greenpeace, dalla Lega italiana della lotta contro i tumori di Lecce e molte altre.

Il fatto che moltissime aziende nel corso degli anni abbiano valutato l'opportunità o scelto di togliere dai processi produttivi l'impiego del Cloruro di Polivinile ne rappresenterebbe una prova inconfutabile, fonte estratto da CHEJ:

## **PVC Corporate Policies**

The following companies have made commitments to the eventual phase-out of PVC plastic.

### **Athletic Shoemakers**

Adidas  
Asics  
Nike  
Puma

### **Automobile Interiors**

Daimler Benz  
Ford  
General Motors  
Honda  
Toyota  
Volkswagen  
Volvo

### **Building Materials & Furnishings**

Carnegie Fabrics (wall covering, upholstery)  
Firestone Building Products (roofing membranes)  
Herman Miller (office furniture)  
Milliken (carpet)  
Shaw (carpet)

### **Consumer Products & Packaging**

Aveda  
Body Shop  
Bristol Myers  
Crabtree & Evelyn  
Helene Curtis  
Hennes & Mauritz (H&M)  
Honest Teas  
IKEA  
Johnson and Johnson  
Limited Brands (Victoria's Secret, Bath & Body Works)

Microsoft  
SC Johnson  
Wal-Mart (private brands)

### **Electronics**

Apple  
Hewlett Packard  
Samsung  
Sharp  
Sony

### **Food Packaging**

Dean & DeLuca (food packaging)  
Eagle Brand & Cremora Brand (food packaging)  
Federated Groups (food packaging)

### **Healthcare**

Catholic Healthcare West (I.V. Bags)  
Consorta  
Kaiser Permanente

### **Toys**

Big Toys (playgrounds)  
Brio  
Chicco  
Early Start  
First Years  
Lamaze Infant Development  
Lego Group  
Little Tykes  
Mattel

Secondo uno studio di "The Center for Health, Environment and Justice"(CHEJ), una compagnia statunitense a difesa dei consumatori, il PVC non è da considerare affatto un materiale ecologico, essi affermano:

*" Il PVC è nocivo alla salute umana ed all'intero ecosistema durante tutto il suo ciclo vitale, dalla fabbrica, all'uso, sino allo smaltimento. I nostri corpi sono contaminati dalle particelle chimiche additive, velenose quali mercurio e ftalati (ammorbidenti tossici che lo rendono flessibile ed il cui utilizzo nei giochi dei bambini è stato vietato dalla Comunità Europea nel 2005 a causa del rischio per la salute, ma che continua ad essere utilizzato in USA grazie ad un accordo tra il dipartimento del commercio e i produttori di giocattoli statunitensi) che possono provocare danni irreversibili per la nostra vita. Quando viene prodotto o bruciato, il PVC rilascia diossine, un gruppo*

*fra le sostanze chimiche più potenti mai testate, che può causare il cancro nonché attaccare le difese immunitarie e il sistema riproduttivo.”*

E ancora a proposito del suo riciclaggio, il CHEJ sostiene: *”Il PVC non può essere effettivamente riciclato a causa degli additivi usati nel processo di lavorazione per renderlo resistente e flessibile, in quanto questi contaminano l’intero processo. Molti consumatori non sanno che il simbolo 3 apposto sulla plastica significa PVC, e quindi riciclare questi prodotti ha ben poco senso in quanto si otterrebbero contenitori inutilizzabili. Infatti una sola bottiglia di PVC riesce a contaminare un processo di riciclaggio di 100.000 bottiglie PET.”*

Pertanto emerge con chiarezza che il PVC sarebbe tecnicamente semplice da riciclare come la comune plastica, ma ciò che produce i problemi maggiori sono gli additivi utilizzati nella lavorazione per renderlo più malleabile e lavorabile, mettendo a rischio l’intero processo di riciclaggio.

Un altro elemento di riflessione è rappresentato dalla scelta dei luoghi per la produzione del Cloruro di Polivinile. Infatti, gli stabilimenti per la produzione di PVC sono situati presso concentrazioni di comunità a basso reddito e in quelle di colore; da test scientifici in tali aree sembrerebbe vi sia un’evidente correlazione tra salute e inquinamento da additivi del PVC. Il CHEJ sostiene, tra l’altro: *“...Nel 1999, il Governo federale ha misurato la quantità di diossine presenti nel sangue di 28 individui residenti vicino ad uno di questi stabilimenti in Louisiana. Il test ha rivelato che il loro sangue ne conteneva un livello pari a tre volte quello della media dei cittadini statunitensi. I lavoratori di questi stabilimenti rischiano danni alla salute derivanti dall’esposizione al Polivinilcloruro e agli altri additivi utilizzati nel processo di lavorazione. Tali rischi per la salute includono angiosarcoma del fegato, cancro ai polmoni, cancro al cervello, linfomi, leucemie, e cirrosi epatica.”*

Questo materiale in pochi anni è divenuto la principale causa della “malattia da costruzione”.

In molti Paesi si è cercato di risolvere la difficile situazione.

A seguito delle accertate conseguenze ambientali e sanitarie, molti Paesi esteri hanno effettuato dei piani di azione già da molti anni, come si menziona nel Disegno di Legge n 2831 del 1997:

- “Danimarca- il Grena Hospital ha iniziato la sostituzione dei prodotti in PVC sin dal 1986 ed ha finora ridotto il suo consumo più del 70 per cento”;
- “Germania- allo stato attuale, tre Länder e ottanta Comuni hanno avviato il processo di divieto nell’uso di PVC”;
- “Austria- deliberata l’eliminazione del PVC come materiale per la costruzione di infissi”;
- “Norvegia- il Comune di Bergen ha deciso di eliminare progressivamente l’uso del PVC dagli edifici pubblici”;
- “Svezia- il progetto di Legge sullo sviluppo sostenibile, votato dal Governo svedese nel 1993, pone in rilievo la necessità di eliminare il PVC nei prodotti a breve ciclo vitale, a seguito dei problemi ambientali connessi al suo uso”.

A oggi questi e altrettanti Paesi sono prossimi alla completa bonifica di questo materiale.

**In Italia invece il PVC viene distribuito senza nessun tipo di controllo**, per di più in Senato giace un Disegno di Legge del 1999 che ne limiterebbe in modo drastico l’uso.

Il problema è che questo Disegno di Legge giace dormiente in un cassetto di qualche scrivania, come accade purtroppo molto spesso nel nostro Paese.

## 7.1.4 Lane minerali

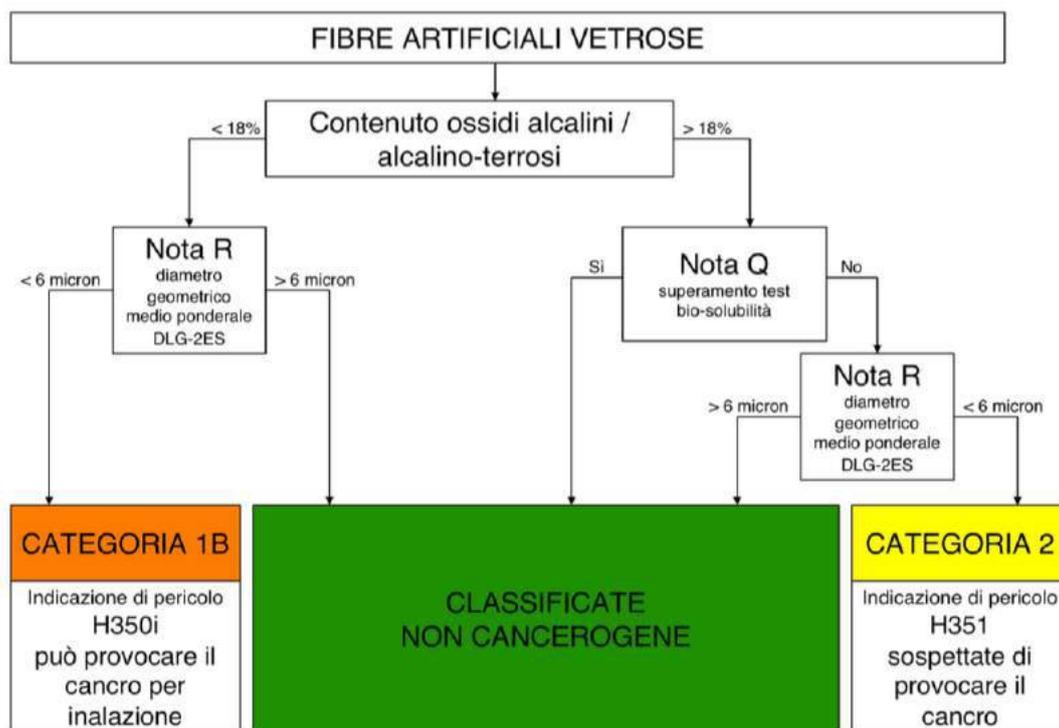


La lana di vetro e la lana di roccia, comunemente chiamate Lane minerali, sono tra i materiali più utilizzati al mondo per l'isolamento termico e acustico.

In considerazione del largo impiego in edilizia e dei possibili effetti anche gravi che possono provocare alla salute (effetti irritativi, all'apparato respiratorio, ecc.), la *Conferenza permanente per i rapporti tra Stato e Regioni* ha approvato le linee guida finalizzate alla riduzione del rischio da esposizione a fibre artificiali vetrose (FAV).

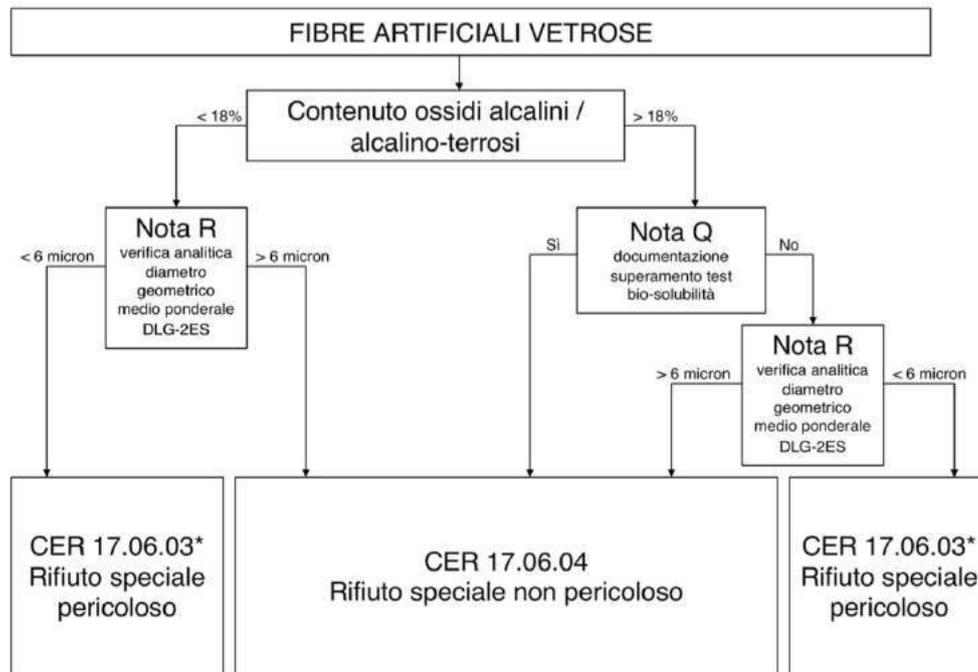
Il documento fornisce le procedure utili a consentire una corretta valutazione dei rischi e l'individuazione delle misure di prevenzione da adottare al fine di tutelare la salute della popolazione e dei lavoratori, sia in ambienti di lavoro che di vita domestica. L'attribuzione della classificazione "cancerogeno" è strettamente collegata al diametro medio geometrico delle fibra e alla presenza degli ossidi alcalini e alcalino-terrosi.

I casi possibili di classificazione di cancerogenicità delle FAV ai sensi del regolamento CLP aggiornati al 10 novembre 2016 sono raffigurati nello schema seguente:



I maggiori rischi di inalazione di queste microfibre li hanno sicuramente tutti gli operatori che maneggiano il materiale, ma altrettanti rischi sono quelli da esposizione come inquinante indoor. Inoltre, il produttore deve procedere alla classificazione del rifiuto (ovvero attribuire un codice CER) sulla base della concentrazione delle eventuali sostanze pericolose in esso contenute.

Per l'attribuzione del codice CER, i rifiuti costituiti da FAV sono da analizzare secondo il seguente schema:



## 7.1.5 Fibre di legno

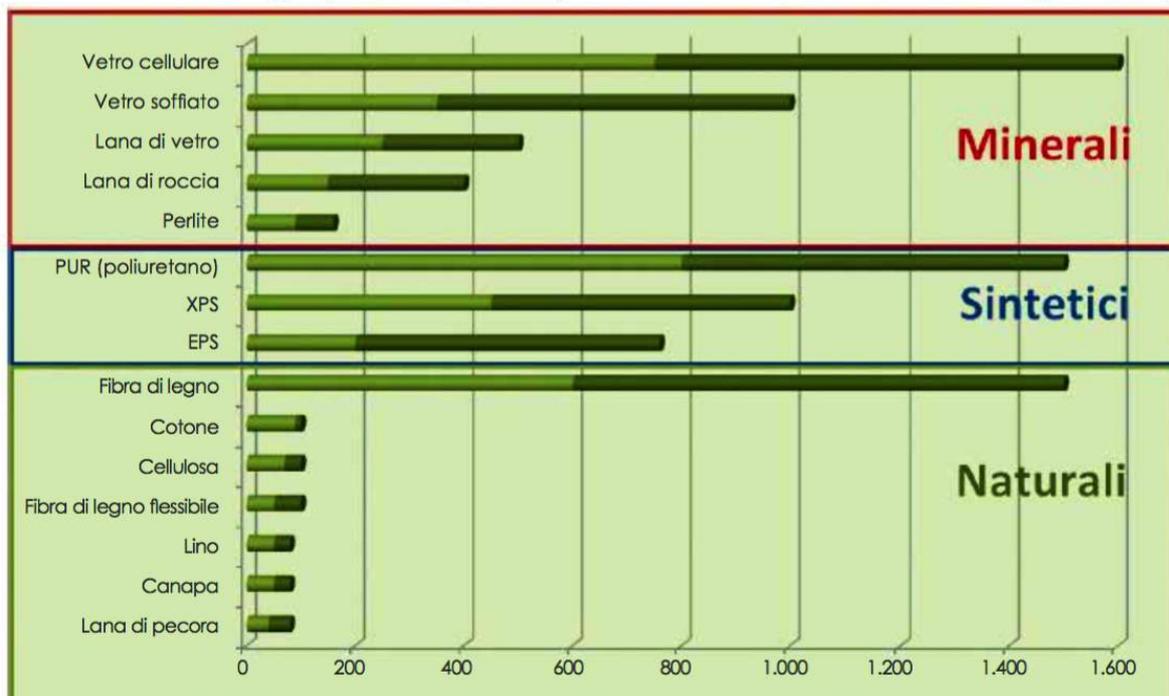


Un discorso analogo a quello delle lane minerali può valere anche per le Fibre di legno. Queste vengono realizzate utilizzando residui di segheria. Il legno viene frantumato e scomposto in fibre che vengono in seguito compattate.

I pannelli in Fibra di legno hanno buone caratteristiche di isolamento termoacustico ed una discreta capacità di accumulo del calore, che in estate si traduce in un accettabile livello di ritardo nel passaggio del calore dall'esterno verso l'interno. Tali pannelli vengono utilizzati in edilizia per l'isolamento di intercapedini di strutture in legno e muratura, cappotti, rivestimenti interni, coperture inclinate-piane e solai.

Le proprietà naturali del materiale in origine vengono a mancare quando si vuole migliorare la caratteristica del materiale stesso. Infatti, per rendere i pannelli resistenti all'umidità, **vengono utilizzate alcune sostanze idrofobizzanti**, e per stabilizzarli si adoperano particolari colle. Ancora peggio è il **trattamento con i biocidi**, utilizzati per evitare l'attacco degli insetti e roditori. I biocidi **sono altamente tossici e nocivi**, per questo motivo è importante conoscere i reali rischi per la salute. A tal proposito l'INAIL ha redatto nel 2014 i quaderni per la salute e sicurezza riferiti all'uso improprio di questi prodotti. Inoltre, produrre la Fibra di legno richiede una grande quantità di energia, circa 1500 Kwh/mc come mostrato in tabella:

**Consumo di energia primaria per la produzione di un m<sup>3</sup> di isolante (kWh/m<sup>3</sup>)**



Il consumo di energia primaria di un isolante indica quanta energia primaria viene consumata per produrlo. Il consumo energetico per certi isolanti è notevole, da considerare anche che l'energia per il montaggio, lo smaltimento o l'eventuale riciclaggio non è compresa in questa tabella.

## 7.1.6 Sughero



Il Sughero ricavato dalla rispettiva quercia, non è altro che la spessa corteccia della pianta madre, ovvero il rivestimento protettivo. Il fondamentale elemento di salvaguardia ambientale sta nel fatto che non occorre abbattere l'albero per approvvigionarsene.

La quercia da sughero cresce nell'area mediterranea, ha un alto grado di adattabilità e riesce persino a riconvertire terreni improduttivi, per di più mitigando la fascia climatica di relativo insediamento.

Dotato di particolari proprietà fisico-chimiche, il Sughero possiede una notevolissima elasticità ed impermeabilità ai gas e ai liquidi. Si rivela un magnifico isolante termico ed un altrettanto efficace isolante acustico, non teme l'usura, è ignifugo ed in più sopporta le aggressioni di roditori e insetti. Ma il pregio in assoluto migliore è che può essere riciclato e perciò riutilizzato.

Se la Bioedilizia lo ha reso uno dei materiali maggiormente impiegati, significa che le sue proprietà non si fermano certo a quanto sopra scritto. Lavorare con il Sughero implica apprezzarne anche le doti di atossicità, asetticità ed assoluta mancanza di effetti allergici: una vera manna per gli operatori del settore edilizio i quali, per decenni, sono stati 'vittime sacrificali' essendo venuti a contatto con tante sostanze nocive. Non dobbiamo nemmeno dimenticare le patologie tumorali, sviluppatasi in chi ha abitato appartamenti la cui realizzazione ha previsto l'impiego di pericolosi composti, come quelli trattati nella tesi e tutt'oggi impiegati.

Questo materiale naturale presenta però alcune complicità. Esso è reperibile solo in alcune fasce climatiche, perciò aumentano i costi di energia grigia nell'intero ciclo di vita e oltretutto necessita di tempi lunghi per la raccolta.

Un altro aspetto negativo è che spesso deve essere addizionato con la chimica per poterlo impiegare. L'uso di biocidi (riscontrato), di colle e resine anche sintetiche, fa cadere i discorsi fatti prima.

La possibile soluzione dunque potrebbe essere quella di adottarlo ad intercapedine anziché a cappotto, ma ciò perde di senso nel momento in cui lo paragono con un altro materiale che in assoluto ha proprietà migliori, non necessita di chimica e potrebbe essere ovunque, ovvero, la canapa.

Nel corso della tesi approfondirò questa fantastica pianta dalle infinite risorse e con caratteristiche uniche, che s'inizia oggi a riutilizzare e si spera ancor di più nel futuro.

## 7.1.7 Pitture, vernici e colle



Quando si ha a che fare con vernici, colle e sostanze di questo genere, bisogna stare molto attenti alla composizione. Tutti o quasi ormai conosciamo la pericolosità della formaldeide e di alcuni elementi contenuti all'interno di prodotti di finitura per mobili e arredi. Ma in pochi, invece, sanno dell'esistenza degli isocianati, presenti all'interno di vernici poliuretatiche e di alcune colle per l'edilizia.

Gli spray poliuretatici sono stati sviluppati per una vasta gamma di vendita al dettaglio, commerciali e industriali usati per proteggere cemento, legno, vetroresina, acciaio, alluminio, compresi i rivestimenti protettivi per pianali, rimorchi, barche, fondazioni, ponti e altro.

Le sostanze chimiche sprigionate sono altamente reattive e possono provocare anche gravi patologie croniche.

Un esempio classico è il parquet, dove il rilascio di sostanze tossiche nell'ambiente domestico è molto diffuso. In questo caso lo strato di finitura in legno viene incollato sopra una base di cemento, tramite l'uso di collanti di diverso tipo. Si va dalle colle bicomponenti, alle colle silaniche, fino alle colle poliuretatiche igroindurenti, che reagiscono e induriscono grazie all'umidità presente nell'ambiente e contenuta all'interno del legno. Proprio in questo ultimo caso **gli isocianati entrano in azione e vengono rilasciati durante il processo di indurimento ed esercizio.**

Nella trattazione dei sistemi costruttivi in legno ho accennato come questo subisce molti trattamenti. Dato il crescente impiego, ho voluto prendere come esempio applicativo questo materiale.

Le precise indicazioni sui rischi chimici e cancerogeni nel comparto della lavorazione del legno si possono ricavare da "Impresa Sicura", un progetto multimediale – *elaborato da EBER, EBAM, Regione Marche, Regione Emilia-Romagna e Inail* – che è stato validato dalla Commissione Consultiva Permanente per la salute e la sicurezza come buona prassi nella seduta del 27 novembre 2013. E con particolare riferimento ai contenuti del documento "Impresa Sicura-Lavorazione del Legno", possiamo fare una breve sintesi sui materiali utilizzati nel comparto e nelle varie attività, sulle conseguenze per la salute e sulle possibili politiche di prevenzione. Il documento riporta anche le principali sostanze pericolose presenti nelle fasi di lavorazione, qui riporto solo la fase di verniciatura:

*vapori derivanti da solventi e diluenti, aerosol contenenti resine (alchiliche, poliesteri, poliuretatiche, acriliche, ecc.), pigmenti, additivi (catalizzatori, plastificanti, ecc.). In genere, "i rischi per la salute nelle operazioni di verniciatura, principalmente riconducibili all'esposizione a solventi e diluenti, dipendono in primo luogo dalla natura del prodotto verniciante utilizzato". Dal punto di vista tossicologico "l'esposizione a questi solventi può comportare rischi irritativi e allergici (dermatiti allergiche, disturbi alle vie respiratorie superiori, asma, bronchite cronica, ecc). Alcuni di essi, in particolare stirene, toluene, ed etilbenzene sono classificati come neurotossici con rischi di effetti sul sistema nervoso centrale (narcosi, cefalea, depressione, ecc). Da evidenziare che l'utilizzo di vernici poliuretatiche può comportare il rischio di esposizione, prevalentemente per inalazione, ad isocianati, quali ad esempio TDI (toluendiisocianato), MDI (difenilmetanodiisocianato) e HDI (esametilendiisocianato). L'applicazione di tali prodotti richiede*

*sempre particolare attenzione e l'impiego di adeguate misure di prevenzione e protezione, a causa della pericolosità di questi prodotti, peraltro confermata dai valori limite di esposizione (TLV – TWA) dell'ACGIH estremamente ridotti". "Si segnala, per la loro importanza dal punto di vista tossicologico, la presenza di pigmenti come componenti dei prodotti vernicianti (con funzione di impartire colorazione alla pittura), i quali possono essere di natura organica (coloranti azoici, ftalocianine, toluidine, ecc.) o di natura inorganica (ossidi e sali insolubili di metalli pesanti come ferro, bario, cromo, ecc.). Studi di letteratura riconoscono per alcuni di questi composti un rischio di cancerogenicità"*

Come si può notare l'isocianato è uno dei numerosi composti chimici presenti in tutto il mondo edilizio, dai materiali da costruzione ai rivestimenti e arredi. **Questi sono responsabili del 40% dell'inquinamento interno** perchè emettono VOC (Composti Organici Volatili): adesivi, colle, smalti, vernici, lacche, impregnanti, truciolati, carta, rivestimenti, pesticidi, schiume poliuretatiche, insetticidi.

Le prevenzioni in questo ambito non mancano e molti Paesi ne limitano l'emissioni. Anche l'OSHA (Occupational Safety and Health Administration) riporta una sintesi di questa testimonianza nei principali rischi chimici emergenti nei luoghi di lavoro.

È importante dunque non solo prendere le accurate precauzioni ma affidarsi a professionisti aggiornati in materia di inquinamento indoor, in modo da evitare l'uso di questi prodotti nocivi e adottare le soluzioni migliori.

## 7.2 Salute e Abitare

### 7.2.1 Inquinamento indoor

Quando si parla di inquinamento dell'aria, spesso lo si tende ad associare soltanto alle sostanze nocive che produciamo ed emettiamo nell'atmosfera, o allo smog che opprime le nostre città. In realtà esiste una forma di inquinamento, i cui rischi possono essere ben più gravi: si tratta dell'Inquinamento indoor, che riguarda gli ambienti confinati in cui svolgiamo attività di diverso tipo. Abitazioni, scuole, uffici, edifici pubblici, mezzi di trasporto (sono esclusi gli ambienti industriali) sono luoghi in cui trascorriamo gran parte delle nostre giornate (il 90% in Europa secondo l'EPA, *L'Environmental Protection Agency*) ed in cui, come hanno dimostrato diverse ricerche e pubblicazioni, l'esposizione ad inquinanti di varia natura interna compreso **tecniche costruttive sbagliate e materiali insalubri è addirittura superiore rispetto a quella presente all'esterno (10 volte maggiore secondo l'EPA).**

Un problema importante, soprattutto per alcune fasce di popolazione particolarmente sensibili (gli anziani, i bambini, le persone con patologie respiratorie).

I dati raccolti dall'O.M.S. classificano l'Inquinamento indoor addirittura come la principale causa di decesso e stimano che nel 2015 esso abbia determinato un numero di morti di circa 4,3 milioni. **Inoltre circa la metà dei decessi di bambini di età inferiore ai 5 anni sarebbe riconducibile ad infezioni respiratorie acute collegate all'inalazione di aria domestica inquinata.**

Le principali patologie a cui l'esposizione ad Inquinamento indoor può portare, sono quelle riguardanti gli apparati cardio-circolatorio e respiratorio, a partire da disturbi leggeri come tosse, irritazioni e forme allergiche per arrivare a problemi più gravi, come bronchiti, polmoniti, asma, cardiopatie, cancro. Da qualche anno si è iniziato a parlare anche di Sick Building Syndrome (S.B.S.), tradotto in italiano come "sindrome da edificio malato", con cui si indicano i sintomi, manifestati da una o più persone, riconducibili al tempo trascorso all'interno di un edificio ma non identificabili come malattie specifiche.

Occorre dunque avere una cultura ed una informazione nuova, servono misure di prevenzione che riguardino la sicurezza a tutto tondo in edilizia.

Oggi in Italia non esiste ancora una specifica regolamentazione sull'Inquinamento indoor per la progettazione di edifici ad uso privato, ma si fa riferimento a linee guida nazionali del Ministero della Salute del 27/09/2001 o altri standard dichiarati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, normative dei Paesi europei e letteratura scientifica.

Uno dei massimi esperti in Italia di questo tema è il **Prof. Dott. Nicola Fiotti** del Dipartimento di Scienze Mediche, Chirurgiche e della Salute, dell'Università di Trieste, già Assistant Professor presso la University of Nebraska Medical Center (USA), e direttore scientifico del progetto "Esperto in Edificio Salubre dei Geometri Italiani", curato dall'Associazione Nazionale "Donne Geometra". Nel suo progetto (2016) mette chiaramente alla luce con bilanci finali e statistiche gli enormi danni alla salute che provoca l'Inquinamento indoor, giusto per citarne una, afferma che **- l'Inquinamento indoor ogni anno in Italia uccide più persone di un terremoto -:**

*"dall'inizio del secolo scorso, i vari terremoti che hanno colpito questo Paese hanno ucciso complessivamente circa 57mila persone, in media 570 ogni anno. Sono dati che in effetti preoccupano e che hanno portato il legislatore ad intervenire in merito alla qualità antisismica, che comporta misure di intervento o soluzioni progettuali piuttosto onerose, nel tentativo di prevenire questi drammi. Tuttavia, sempre in Italia, 3500 persone all'anno muoiono per cancro del polmone attribuibile agli effetti del Radon, con un rapporto di sei decessi per Radon rispetto ad uno per il terremoto."*

E' quindi importante prendersi cura dell'aria che si respira perché un'intossicazione a bassa dose costante per anni può portare allo sviluppo e al peggioramento di disturbi di salute anche gravi.

Le sostanze inquinanti possono essere classificate come: agenti chimici, fisici e biologici. Focalizzando l'attenzione sulla Qualità dell'Aria Indoor (IAQ, Indoor Air Quality), si riscontrano e si analizzano solo gli inquinanti di tipo chimico e biologico.

In tabella sono riportati i principali agenti indoor e le potenziali fonti interne:

FONTI	INQUINANTI
processi di combustione a gas o carbone per riscaldare e/o cucinare, camini e stufe a legna, gas di scarico veicoli	Prodotti di combustione (CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , particolato)
Materiali da costruzione e isolanti	amianto, fibre vetrose artificiali, particolato, Radon; Agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere)
Materiali di rivestimento moquette	formaldeide, acilati, COV e Agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere)
Arredi	formaldeide, COV e Agenti biologici (per presenza di umidità e/o polvere)
Liquidi e prodotti per la pulizia	calcoli, fenoli, COV
Fotocopiatrici	ozono(O <sub>3</sub> ), polvere di toner, idrocarburi volatili (COV)
Fumo di sigaretta	idrocarburi policiclici, COV formaldeide, CO, particolato fine
Impianto di condizionamento	CO <sub>2</sub> e COV (per scarso numero di ricambi orari o eccesso di riciclo); Agenti biologici (per mancanza di pulizia/manutenzione)
Polvere	Agenti biologici (Allergeni indoor, acari)
Individui	CO <sub>2</sub> e Agenti biologici (batteri, virus, ecc.)
Animali	Allergeni indoor (peli ecc.)
Sorgenti Naturali (lave, tufi, graniti, ecc.)	Radon

## AGENTI CHIMICI

Gli inquinanti chimici comprendono una serie di sostanze naturali o artificiali che, presenti nell'aria in forma liquida, solida o gassosa, ne peggiorano la qualità. Possono originarsi da fonti situate negli ambienti stessi o provenire dall'aria esterna, soprattutto in condizioni di elevato inquinamento ambientale.

I principali contaminanti di natura chimica sono:

- fumo di tabacco ambientale (ETS)
- ossido e biossido di azoto (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>)
- ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>)
- monossido di carbonio (CO)
- ozono(O<sub>3</sub>)
- particolato aerodisperso (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)
- benzene(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

- composti organici volatili (COV)
- formaldeide(CH<sub>2</sub>O)
- idrocarburi aromatici policiclici(IPA)
- amianto e fibre minerali sintetiche.

Ma anche prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa, pesticidi, antiparassitari, l'uso di colle, adesivi, solventi e le emissioni dei materiali utilizzati per la costruzione (es. isolanti contenenti amianto) e l'arredamento (es. mobili fabbricati con legno truciolato, con compensato o con pannelli di fibre di legno di media densità, oppure trattati con antiparassitari, ma anche moquette e rivestimenti) possono contribuire alla miscela di inquinanti presenti.

Nel dettaglio:

#### - OSSIDI DI AZOTO (NO<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>)

Le principali fonti indoor di ossidi di azoto sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico esterno e dal fumo di tabacco. I valori più elevati vengono generalmente rilevati nelle cucine. I livelli di NO<sub>2</sub> durante la cottura di cibi con stufe e fornelli a gas o l'impiego di stufe a cherosene possono essere superiori a 1.000 µg/m<sup>3</sup>.

In presenza di stufe e fornelli a gas il valore più frequente del rapporto tra concentrazione indoor e outdoor è tra 2 e 3 e raggiunge circa 5 nel caso di sistemi riscaldamento e fornelli a gas con ventilazione e scarico all'esterno inefficienti. *(limiti 200 µg/m<sup>3</sup> come media oraria da linee guida)*

#### - OSSIDI DI ZOLFO (SO<sub>2</sub>)

Le principali fonti di SO<sub>2</sub> negli ambienti indoor sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco: valori elevati superiori a 250 µg/m<sup>3</sup> si riscontrano nelle abitazioni riscaldate con stufe a cherosene. Le stufe a cherosene possono emettere anche grandi quantità di aerosol acidi. *(limiti 80 µg/m<sup>3</sup> in un anno indicato dall'U.S. National Ambient Air Quality Standards)*

#### - MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

I livelli di CO sono significativamente influenzati dalla presenza di processi di combustione, quali sistemi di riscaldamento e cottura senza ventilazione o con scarsa ventilazione e fumo di tabacco; in questi casi le concentrazioni interne possono superare quelle esterne. La vicinanza di sorgenti outdoor (ad esempio, strade ad elevato traffico, garage e parcheggi) possono avere un impatto significativo sulle concentrazioni all'interno di edifici. *(L'OMS [WHO, 2010] ritiene validi per l'indoor i valori guida outdoor presentati in "Air quality guidelines for Europe" [WHO, 2000], aggiungendo il limite delle 24 ore pari a 7 mg/m<sup>3</sup> e aumentando il limite orario a 35 mg/m<sup>3</sup>)*

#### - OZONO (O<sub>3</sub>)

La quota proveniente dall'esterno rappresenta generalmente la maggior parte dell'ozono presente nell'aria interna, tuttavia, in un ambiente confinato può essere emesso in maniera significativa da strumenti elettrici ad alto voltaggio, quali motori elettrici, stampanti laser e fax, da apparecchi che producono raggi ultravioletti, da filtri elettronici per pulire l'aria non correttamente installati o senza adeguata manutenzione. *-L'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) ha proposto il valore guida per ambienti interni pari a 100 µg/m<sup>3</sup> come media di 8 ore-*

#### - PARTICOLATO AERODISPERSO (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>)

Negli ambienti indoor il particolato è prodotto principalmente dal fumo di sigaretta, dalle fonti di combustione e dalle attività degli occupanti. La composizione del particolato da combustione varia in base al tipo di combustibile impiegato e alle condizioni in cui essa avviene. L'esame di particolato fine raccolto all'interno ed all'esterno di abitazioni ed edifici ha consentito di verificare la presenza di n-alcani, acidi grassi (palmitico e stearico), esteri ftalati.

*(Con riferimento all'area esterna L'OMS ha indicato i seguenti valori guida ("Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide", WHO, 2006): PM<sub>2.5</sub>: 10 µg/m<sup>3</sup>*

come media annuale e  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera; PM10:  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale e  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera)

#### - COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (VOC)

Negli uffici importanti fattori di emissione sono il fumo di sigaretta e gli strumenti di lavoro quali stampanti e fotocopiatrici. Altre notevoli fonti di inquinamento sono i materiali da costruzione e gli arredi (es. mobili, moquettes, rivestimenti) che possono determinare emissioni continue e durature nel tempo (settimane o mesi): gravi concentrazioni di VOC sono riscontrabili in particolare nei periodi immediatamente successivi alla posa dei vari materiali o alla collocazione degli arredi. Possono determinare una emissione importante, anche se di breve durata nel tempo, il funzionamento di dispositivi di riscaldamento e l'uso di materiali di pulizia e di prodotti vari (es. colle, adesivi, solventi). Un'errata disposizione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina) possono determinare una importante penetrazione di VOC dall'esterno.

*(Non ci sono valori limiti standard, ma la legislazione europea ed italiana mostrano un'attenzione crescente come dimostrato dalla Dir. 2004/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune pitture e vernici e in taluni prodotti per carrozzeria, con la modifica della direttiva 1999/13/CE. La direttiva è stata recepita in Italia con il D.Lgs. n. 161 del 27/3/2006 (Attuazione della direttiva 2004/42/CE per la limitazione delle emissioni di composti organici volatili conseguenti all'uso di solventi in talune pitture e vernici, nonché in prodotti per la carrozzeria)*

#### - BENZENE

Per quanto concerne specificamente gli ambienti interni degli edifici (indoor), le sorgenti di maggior rilievo sono i prodotti di consumo, come adesivi, materiali di costruzione e vernici. Il fumo di una sigaretta contiene un quantitativo di benzene significativo e considerevolmente variabile, misurato nell'intervallo da  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Numerosi studi indicano che il contributo di sorgenti indoor di benzene, non ultimo il fumo di tabacco, ma anche il rilascio da materiali, da prodotti di consumo e l'impatto di parcheggi interni agli edifici può essere rilevante, e nei termini da alcuni  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sino alla decina e più di  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con i valori più elevati attribuibili in linea di massima ad elevate quantità di fumo di tabacco.

*(L'OMS sostiene che non può essere raccomandato nessun livello sicuro di esposizione al benzene [WHO, 2010]; fa presente che l'unità di rischio di leucemia per la concentrazione in aria di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è  $6 \cdot 10^{-6}$  e riprende per l'indoor le concentrazioni dell'inquinante nell'aria associate al rischio per la sopravvivenza così come presentate in "Air quality guidelines for Europe" [WHO, 2000])*

#### - FORMALDEIDE

La formaldeide è un composto organico gassoso che oltre ad essere un prodotto della combustione è anche emesso da resine a base di urea-formaldeide usate per l'isolamento (cosiddette UFFI), da resine usate per truciolato e compensato di legno, per tappezzerie, moquette o parquet e per altro materiale da arredamento. Negli ambienti indoor i livelli sono generalmente compresi tra 10 e  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Concentrazioni particolarmente elevate sono state osservate in certe situazioni, quali in case prefabbricate ed in locali con recente posa di mobili in truciolato o moquette.

*(L'OMS indica come valore guida per l'aria indoor  $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$  come concentrazione media di 30 minuti [WHO, 2010], ci sono molti altri riferimenti normativi)*

#### - IDROCARBURI AROMATICI POLICICLICI (IPA)

Le sorgenti principali sono le fonti di combustione (es. caldaie a cherosene) ed il fumo di sigaretta. I dati di letteratura disponibili sull'esposizione indoor ad IPA sono piuttosto scarsi e, in maggioranza, si riferiscono a situazioni ambientali non confrontabili con quelle italiane per le differenze nei combustibili per il riscaldamento e la cucina.

L'esposizione conseguente all'uso delle stufe a legna è stata valutata in due piccoli centri urbani nelle province di Pavia e Genova (Valerio et al., 1996): tale forma di riscaldamento ha comportato livelli indoor di BaP superiori a quelli esterni, con concentrazioni indoor fino a  $23 \text{ ng}/\text{m}^3$  misurati in condizioni di cattiva manutenzione della canna fumaria. (L'OMS sostiene che non può essere

determinato un valore limite e che tutte le esposizioni indoor devono essere considerate rilevanti per la salute [WHO, 2010]; fa presente che l'unità di rischio per il cancro al polmone è pari a  $8,7 \cdot 10^{-5}$  per ng/m<sup>3</sup> di benzo[a]pirene e riprende per l'indoor le concentrazioni dell'inquinante nell'aria associate al rischio per tumore così come presentate in "Air quality guidelines for Europe" [WHO, 2000])

#### - FUMO DI TABACCO AMBIENTALE (ETS)

Il fumo presente nell'ambiente risulta costituito da una componente detta "mainstream smoke-MS" e da una detta "sidestream smoke-SS". Il mainstream è il fumo inalato dai fumatori. Il sidestream è invece l'aerosol derivato direttamente dalla combustione della sigaretta; il sidestream è il più importante dei due, perché rappresenta il principale costituente dell'aerosol e di circa la metà della porzione corpuscolata dell'ETS.

Le principali sostanze tossiche del fumo liberate nell'ambiente sono: il monossido di carbonio (CO), gli idrocarburi aromatici policiclici (come il benzoapirene), numerosi VOC, l'ammoniaca e le ammine volatili, l'acido cianidrico e gli alcaloidi del tabacco. Nel fumo di sigaretta si trova anche una frazione particolata, costituita da sostanze presenti in fase solida, tra le quali il catrame e diversi composti poliaromatici.

Circa 300-400 dei 3800 composti presenti nel fumo, sono stati isolati dal sidestream; tra questi alcuni riconosciuti cancerogeni sono presenti in concentrazioni superiori rispetto al mainstream (N-nitrosoammine concentrate nel sidestream da 6 a 100 volte di più rispetto al mainstream).

Il fumo, inoltre, agisce come elemento potenziante la nocività di altre sostanze cancerogene, come l'amianto ed il Radon.

*(Non ci sono restrizioni per il fumo in casa, mentre per i luoghi pubblici e i posti di lavoro esistono dei riferimenti e normative)*

#### - FUMO DI LEGNA

In alcune regioni del nostro Paese è diffuso l'uso di caminetti: il loro non ottimale utilizzo può incrementare notevolmente i livelli di particelle respirabili all'interno del microambiente durante la stagione invernale.

#### - ANTIPARASSITARI

Sono presenti in prodotti usati per eliminare zanzare, mosche, blatte ed altri insetti. Gli antiparassitari penetrano all'interno degli edifici, anche quando vengono applicati all'esterno, tramite soluzioni di continuità, fessure presenti nelle fondazioni e negli scantinati. Un settore particolare di applicazione di questi composti è il trattamento antimuffa del legno. Una rilevante esposizione cronica ad antiparassitari (in particolare pentaclorofenolo) è stata documentata in soggetti che abitano ambienti ove vi è presenza di superfici di legno trattate, che rilasciano lentamente e per anni tali composti nell'aria ambientale.

*(Mentre l'utilizzo in agricoltura è strettamente regolato, negli ambienti indoor non vi è nessun tipo di regolamentazione)*

#### - AMIANTO

Nei decenni passati l'amianto è stato ampiamente usato nell'industria meccanica, edile e navale per le sue notevoli qualità di isolamento termico, di resistenza alle alte temperature e alla frizione. Con la legge 257 del 22/3/1992 l'Italia ha dichiarato fuori legge l'amianto; esso, infatti non può essere più estratto né utilizzato per produrre manufatti.

La liberazione di fibre di amianto all'interno degli edifici può avvenire per lento deterioramento dei materiali costruttivi, per danneggiamento diretto degli stessi da parte degli occupanti o per interventi di manutenzione.

*(Molti riferimenti normativi tra cui Legge 27 marzo 1992 n.257, Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto ed i DM negli anni successivi)*

#### - FIBRE MINERALI SINTETICHE (MMMF)

Sono fibre minerali prodotte artificialmente: fibre vetrose (lana di vetro e di roccia), fibre ceramiche, fibre di carbonio e numerose altre che sono andate nel tempo a sostituire le fibre di amianto. In particolare i diversi tipi di materiali fibrosi naturali ed artificiali sono suddivisi in fibre artificiali

minerali (man made mineral fibers, MMMF) e in fibre artificiali organiche (man made organic fibers, MMOF). Le MMMF comprendono a loro volta diversi tipi di materiali fibrosi, tra cui in particolare le fibre vetrose artificiali (man made vitreous fibers, MMVF) e le fibre ceramiche.  
(Alcune linee guida sono presenti nelle singole sezioni dei materiali)

**- Approfondimento Formaldeide: il killer in casa —————  
(tratto dall'articolo di Riccardo Lautizi)**

La formaldeide è una sostanza altamente cancerogena con cui abbiamo a che fare quotidianamente, è una delle principali cause di asma e di altri sintomi.

Legambiente e l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (AIRC) lanciano l'allarme: la formaldeide è uno dei cancerogeni più letali per l'Uomo!

Dopo vari studi condotti, la AIRC sin dal 2004 **ha inserito la formaldeide nell'elenco delle sostanze considerate con certezza cancerogene per la specie umana, sia per inalazione che ingestione.**

La cancerogenicità è stata accertata anche sui roditori, dove questa, provoca un tasso di incidenza di cancro al naso ed alla gola superiori al normale; la formaleide è in grado di interferire con i legami tra DNA e proteine.

*Ma cos'è la formaldeide?*

E' un composto organico appartenente alla vasta famiglia degli aldeidi, presente sia in forma gassosa (a temperatura ambiente) che liquida (con trattamenti chimici). Molto utilizzata nell'industria (anche alimentare), all'olfatto si presenta con odore forte e pungente, a volte irritante per occhi, naso, gola e polmoni. Nonostante la nocività, tuttavia, il legislatore italiano tarda a riformare la normativa che, tranne per alcune sporadiche norme per pochi prodotti, continua ad ammetterne l'uso indiscriminato nella produzione di svariati beni.

A preoccupare oggi gli studiosi è il fatto che mentre la scienza scopriva gli effetti dannosi sulla salute dell'Uomo, la formaldeide viveva il suo massimo "periodo di diffusione" proprio grazie all'assenza di disposizioni che ne hanno consentito l'uso in molti prodotti.

*Dove si trova?*

La sua eccezionale caratteristica battericida, la sua solubilità e la capacità reattiva con altre sostanze, hanno sicuramente favorito la diffusione dell'utilizzo della formaldeide nell'industria: da anni è adoperata con larghissimo impiego nella fabbricazione di resine sintetiche, colle, solventi, conservanti, disinfettanti, deodoranti, detergenti, cosmetici, tessuti, etc.

Ma è soprattutto il suo utilizzo per la conservazione degli alimenti che desta maggiore allarme. Percentuali di formaldeide si possono trovare negli alimenti che subiscono processi di conservazione o disinfezione: il suo uso viene consentito anche come conservante alimentare in alcuni cibi, dove viene immesso come "additivo" con la sigla di "conservante E240" (occhi all'etichetta) ed anche E239 (ottenuto dalla sintesi della formaldeide ed ammonio).

L'E239 si usa come conservante contro i funghi nel caviale, formaggio (sempre nel formaggio provolone), acciughe, conserve di pesce, etc.

La formaldeide, insieme all'urea, è impiegata come vernice collante di pannelli in legno di truciolato, nobilitato o Medium-density fibreboard, è contenuta nei pannelli fonoassorbenti dei controsoffitti, nelle pareti divisorie degli uffici open space. Negli anni tende a volatilizzarsi nell'ambiente circostante.

La formaldeide è presente in molti prodotti casalinghi. L'industria ne fa largo uso per la fabbricazione di colle, resine, solventi, vernici, tessuti, per la produzione di detergenti, saponi, detersivi per piatti e indumenti, per la produzione dei cosmetici (prodotti per le unghie, lozioni per capelli, fondo tinta, creme, mascara, colluttori), per la produzione di deodoranti e disinfettanti.

E' spesso presente negli imballaggi, nella colla usata nel cartone pressato o nel cartone utilizzato per il rivestimento di libri, riviste, giornali; negli inchiostri e in alcune confezioni per alimenti (in genere, carta, cartone e imballaggi provenienti da legno riciclato, in taluni casi anche lattine).

Una delle principali cause di produzione di inquinamento da formaldeide casalinga è

tuttavia legata alle suppellettili: questo pericoloso composto viene infatti rilasciato in generale dagli arredi (soprattutto quando nuovi di zecca) in legno pressato, dai mobili in truciolato, compensato o comunque multistrato, da quelli in materiale composito a media densità di fibra (MDF) ed comunque da tutti i mobili sui quali vengono utilizzate colle e solventi con formaldeide.

Anche molti tipi di parquet sono causa di rilascio nell'aria di formaldeide. Essa è usata altresì per l'isolamento di materiali, sotto forma di schiuma isolante (UFFI).

### *Come Difendersi?*

Anche se nelle nostre case e negli oggetti di uso comune la formaldeide è presente spesso a basse concentrazioni, ciò non significa che circondati da una moltitudine di prodotti contenenti questo composto cancerogeno, con il tempo possano svilupparsi danni irreparabili. I primi sintomi sono tosse, nausea, difficoltà respiratorie, asma, reazioni cutanee e reazioni allergiche.

Più che essere allarmisti, però, dobbiamo essere attenti e previdenti.

Considerata la normativa italiana, eccessivamente permissiva sull'uso industriale della formaldeide (si registra solo una più restrittiva misura per l'uso nel legno truciolare, che non può superare determinate dosi), l'unica difesa per l'Uomo è la giusta informazione.

Legambiente da tempo promuove una campagna informativa per evitare il contatto con questo pericolosissimo inquinante, soprattutto in casa. Ecco i principali consigli:

- Ventilare spesso i locali di casa per evitare l'accumulo nelle stanze di formaldeide sprigionata dal fumo di sigarette, dall'uso di detersivi, solventi, colle, mobili, ecc;
- Chiudere bene i flaconi dei prodotti per la pulizia e la manutenzione e confinarli in armadi ben chiusi e lontani dalle scorte alimentari;
- Adornare la propria abitazione con piante d'appartamento: la loro presenza riduce la quantità di inquinamento;
- Preferire mobili, parquet, vernici, solventi e colle per tappezzerie e mobili con l'etichetta Ecolabel (marchio convenzionale ecologico). Da evitare mobili di cartone pressato, in truciolare o con materiale multistrato e composito: se per necessità siete costretti ad acquistarli, esponeteli almeno per qualche giorno all'aria aperta, prima di introdurli e sistemarli in casa;
- Preferire sempre mobili in legno massiccio (costano di più) o in generale mobili contrassegnati con la classificazione E1 (a bassa emissione di formaldeide) o FF (senza formaldeide);
- Se andate ad abitare in una casa mobiliata con suppellettili trattate con formaldeide, arieggiate per qualche giorno i locali oppure arieggiate la mobilia lasciandola per qualche giorno all'aperto, se possibile: il rilascio di formaldeide nell'aria è progressivo (in altissime percentuali quando i mobili sono nuovi), andando via via diminuendo col tempo (dopo due anni gran parte delle sostanze nocive sono state già rilasciate: ecco perché se dovete acquistare mobili in cartone pressato, truciolare o multistrato, preferite quelli usati);
- Occhio ai cosmetici e ai deodoranti, soprattutto quelli per ambienti: la maggior parte contengono terpeni, sostanze che combinandosi con l'aria danno origine a formaldeide. Per l'igiene personale preferibile usare cosmetici con l'etichetta di garanzia europea Ecolabel;
- Nella costruzione o nella ristrutturazione delle case, utilizzate sempre materiali naturali. Preferire sempre tessuti naturali per l'arredamento. Posare le moquette "tirate" piuttosto che con l'uso di colle.

----- —fine approfondimento

## **AGENTI BIOLOGICI**

La qualità dell'ambiente indoor può essere compromessa anche da contaminanti biologici, sostanze di origine biologica (come batteri, virus, pollini, funghi, muffe, acari, allergeni ecc) che possono derivare dagli occupanti (Uomo, animali, piante), dalla polvere (ottimo ricettacolo per i microrganismi), dalle strutture e dai servizi degli edifici.

Anche il malfunzionamento del sistema di ventilazione o una errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina, ecc.) possono determinare un'importante penetrazione di inquinanti dall'esterno. **I sistemi di condizionamento dell'aria possono, senza un'adeguata manutenzione dei filtri, diventare terreno di coltura per muffe e altri contaminanti biologici e diffondere tali agenti in tutto l'edificio.**

*(Non esistono riferimenti normativi)*

## - Approfondimento FILTRI: ventilazione artificiale-----

Un elevato numero di studi dimostra che i filtri possono diventare sorgenti inquinanti. Negli anni Ottanta una serie di studi epidemiologici ha comparato gli edifici ventilati naturalmente con quelli ventilati meccanicamente. I risultati hanno mostrato che le persone preferiscono quelli ventilati naturalmente a quelli ventilati meccanicamente, senza umidificatori o batterie per il raffrescamento. Alcuni studi successivi hanno dimostrato che il sistema di ventilazione era la principale sorgente di inquinanti dell'aria interna. Tra i vari componenti del sistema di ventilazione i filtri erano la sorgente principale (Pejtersen et al., 1989). Negli anni Novanta **è stato dimostrato che non è il filtro in sè (cioè il filtro nuovo) che inquina, ma è la materia che si accumula sulla sua superficie.**

I filtri possono generare un odore intenso dopo essere stati utilizzati anche solo per un periodo di tempo relativamente breve. Già dopo sei settimane di utilizzo il 20% delle persone che valutano la qualità dell'aria percepita [(*Perceived Air Quality, PAQ*) è la qualità dell'aria interna dal punto di vista della percezione umana] considera l'aria che esce dal filtro non accettabile. Alcuni studi mostrano che non è possibile fornire agli occupanti una qualità dell'aria elevata se il filtro è stato utilizzato per più di sei mesi. Il filtro viene sostituito quando viene raggiunto un valore di perdita di pressione prefissato. Ancora prima di raggiungere tale valore il filtro inquina significativamente l'aria. **È stato dimostrato che non è possibile migliorare la qualità dell'aria a valle del filtro aumentando la portata, infatti l'intensità di emissione degli inquinanti da parte del filtro cresce in modo proporzionale con la portata.**

Clausen et al. (2002) hanno mostrato gli effetti negativi sulla qualità dell'aria percepita e sui sintomi della S.B.S. causati da filtri usati presenti nell'aria di ricircolo. Due recenti studi hanno mostrato l'influenza dei filtri usati sulle prestazioni lavorative:

- Wyon et al. (2000) hanno mostrato che la sostituzione di un filtro usato con uno nuovo ha portato ad un aumento della produttività del 5,7%;
- Wargocki et al. (2004) hanno mostrato che sostituire un filtro usato per sei mesi con uno nuovo ha implicato, in un call-centre, un aumento della produttività del 10%.

Le relazioni tra produttività e ambiente interno, quelle tra i costi energetici e quelli legati alla produttività sono state recentemente trattate in un libro rivolto ai liberi professionisti (Wargocki et al. 2006). Gli studi sopra riportati suggeriscono che i filtri dovrebbero essere sostituiti con una maggiore frequenza in modo da evitare un peggioramento della qualità dell'aria. Tuttavia non è ancora chiaro per quale ragione i filtri siano delle sorgenti inquinanti. Alcune ricerche hanno mostrato che è improbabile che siano solo i microrganismi che si accumulano e si sviluppano sui filtri la principale causa degli odori generati. Altre possibili spiegazioni sono dovute ad alcuni processi chimici sulla superficie del filtro.

L'odore rilasciato dal filtro usato è probabilmente causato dai composti organici volatili e più probabilmente da quelli semi-volatili (VOC-SVOC) generati dalle particelle che si sono accumulate sulla superficie del filtro. L'intensità di emissione del filtro dipende dalla quantità e dalla qualità della polvere che si è accumulata sul filtro. La materia che si è accumulata è composta da una parte organica e da una inorganica. Tipicamente la polvere è composta da particelle biologiche (pollini, microbi, particelle generate dal terreno, sali inorganici) e particelle formate dai processi di combustione. È possibile che avvengano delle reazioni e/o delle emissioni dalla materia che si è accumulata sul filtro e che queste influiscano sulla qualità dell'aria interna. Tale processo che può causare la degradazione della qualità dell'aria percepita è definita da una particolare reazione tra l'ozono e i VOC.

-----fine approfondimento

## AGENTI FISICI

Per completezza si riportano anche gli agenti fisici responsabili di una cattiva qualità dell'ambiente indoor:

- Elettromagnetici (c.e.m.)
- Rumore
- Radon

Il Radon è un gas radioattivo classificato, insieme ai suoi prodotti di decadimento, come agente cancerogeno di gruppo 1 (massima evidenza di cancerogenicità) dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (OMS): **l'esposizione al Radon è considerata la seconda causa per cancro polmonare dopo il fumo di sigaretta.**

Come rilevato in precedenza, si stima che l'esposizione domestica al Radon sia responsabile in Italia del 5-20% dei tumori polmonari, molti dei quali tra i fumatori a causa di un probabile effetto sinergico tra Radon e fumo. Le principali sorgenti di provenienza del Radon indoor sono il suolo sottostante l'edificio ed i materiali da costruzione.

In Italia, l'esposizione della popolazione è stata valutata tramite un'indagine nazionale, promossa e coordinata dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'ANPA, realizzata negli anni 1989-1996 in collaborazione con le Regioni su un campione di oltre 5000 abitazioni. L'indagine ha permesso di stimare la distribuzione della concentrazione di Radon nelle abitazioni: il valore medio è risultato di 70-75 Bq/m<sup>3</sup>, a cui corrisponde, secondo una stima preliminare, un rischio individuale sull'intera vita dell'ordine di 0.5%. In circa l'1% di abitazioni è stata misurata una concentrazione di Radon superiore a 400 Bq/m<sup>3</sup> e in circa il 4% di esse (800 mila) la concentrazione è risultata superiore a 200 Bq/m<sup>3</sup>.

*(In Italia, non essendoci ancora una normativa nazionale -prevista tra le azioni del Piano nazionale Radon-, si può per ora far riferimento alla citata Raccomandazione CEC 90/143, limite concesso a una concentrazione media annua di gas Radon di 200 Bq/m<sup>3</sup>)*

### - **Approfondimento Elettrosmog: la morte invisibile che sta uccidendo le nuove generazioni (Tratto dall'articolo di Riccardo Lautizi)** —————

L'Elettrosmog è un problema quasi sconosciuto che però è causa di notevoli disturbi fisici e mentali. Lo sa bene chi è vicino ad un ripetitore della telefonia mobile, ad un elettrodotto, alle basi militari o ai ripetitori radiofonici: **i tassi di malattie tumorali e disturbi in generale aumentano esponenzialmente** e i farmaci possono fare ben poco. Nel corso degli anni sono state fatte molte inchieste sull'argomento anche con numerosi risarcimenti alla popolazione.

L'umanità è sempre stata immersa in un campo elettromagnetico naturale prodotto dalle onde elettromagnetiche del sole, delle stelle, dai fenomeni meteorologici ed anche dal sottosuolo. La Terra stessa genera un campo elettromagnetico che interagisce con il cielo (ionosfera) pari a 130 V/m costanti da milioni di anni, motore di tutti i processi cellulari e molecolari dell'Uomo. Tuttavia negli ultimi anni si sono aggiunte le fonti di elettromagnetismo artificiale, prodotto dagli strumenti e dagli impianti che funzionano a corrente elettrica o a batteria tra cui:

- ~ elettrodotti;
- ~ antenne TV;
- ~ ripetitori telefonici e radiofonici;
- ~ reti wireless;
- ~ televisori;
- ~ cellulari, cordless e ricetrasmittenti;
- ~ computer, stampanti, scanner, fax, ecc....;
- ~ lavatrici;
- ~ lavastoviglie;
- ~ forni a microonde;
- ~ radiosvegli;
- ~ tutti gli altri elettrodomestici: fon, ferri da stiro, aspirapolveri, forni e rasoi elettrici, ecc....;
- ~ segnali provenienti dai satelliti.

Questi dispositivi infatti producono campi elettrici e magnetici che si propagano nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche. *Quello che c'è da chiedersi è come possa l'evoluzione umana, dopo 50.000 anni di lento percorso, adattarsi ad un nuovo campo elettromagnetico che soprattutto nelle città è aumentato in soli cinquant'anni di oltre 100.000 volte?*

Oltretutto il problema è che siamo sottoposti a frequenze di onde elettromagnetiche che il nostro corpo non ha mai subito in passato, come ad esempio quelle dei cellulari che oramai **sono arrivate ai 2200 Mhz, sempre più vicine ai fatidici 2450 Mhz (impiegati nei comuni forni a microonde...), corrispondenti al riscaldamento delle molecole d'acqua, che casualmente compongono l'80% del nostro organismo.**

Una breve rassegna sull'argomento (che non ha alcuna pretesa di essere esaustiva data l'enorme mole di informazioni reperibili) per mostrare quanto grave sia la situazione:

- I ripetitori dei cellulari cambiano la corrente nel cervello. Non solo, ma uno studio ha collegato l'insorgenza di almeno 7000 tumori alla presenza dei ripetitori cellulari (è uno studio di alcuni anni fa, quindi oggi i valori saranno molto maggiori);
- I cellulari favoriscono il cancro e sono classificati dall'OMS come cancerogeni di classe 2b;
- I produttori di smartphone nel libretto di istruzioni scrivono di tenerlo a 2,5 cm di distanza dal corpo ma nessuno lo sa;
- Una ricerca condotta dai medici del Dipartimento di oncologia dell'ospedale universitario di Örebro, in Svezia, dimostra che l'uso dei telefoni cellulari per più di 10 anni e dallo stesso lato della testa per circa mezz'ora al giorno, aumenta il rischio di tumori cerebrali maligni di quasi 3 volte;
- Una ricerca dell'Università di Tel Aviv, analizzando la saliva di coloro che usano molto il cellulare, ha osservato l'incremento di fattori di rischio legati al cancro come elevato stress ossidativo che è in grado di danneggiare il DNA e produrre tossici radicali liberi, fattori pesantemente legati all'insorgenza del cancro;
- La Corte di Cassazione ha riconosciuto che l'insorgenza del tumore al nervo trigemino di un manager era legata al fatto che è stato 5 ore al giorno al cellulare per lavoro per 12 anni ed ha ottenuto il risarcimento di invalidità. Il Professor Angelo Levis, ex-ordinario di mutagenesi ambientale a Padova, è uno di quelli che gli è stato più vicino nella sua lotta: *“È una sentenza importantissima, che fa giustizia di un certo negazionismo nella comunità scientifica e che apre le porte a un nuovo corso giudiziario”*;
- *“I cellulari nuocciono gravemente alla salute. Non ci sono dubbi del profondo impatto biologico delle radiazioni di radiofrequenza. Il telefonino è uno strumento molto inquinante e dannoso per la salute.”* Afferma Fiorenzo Marinelli, ricercatore dell'Istituto di Genetica Molecolare del CNR di Bologna;
- I cellulari distruggono le cellule cerebrali nelle aree legate alla memoria e all'apprendimento, favorendo quindi l'insorgenza dell'Alzheimer;
- Il cellulare può causare malattie croniche danneggiando il DNA;
- L'uso dei telefoni cellulari è in grado di accelerare notevolmente il rilascio di mercurio tossico dalle otturazioni dentali;
- Chi tiene il cellulare in tasca ha una minore densità minerale pelvica in corrispondenza di dove viene tenuto il cellulare, favorendo quindi osteoporosi e fratture. Secondo il Professor Lennart Hardell (Svezia) nei giovani che iniziano in tenera età ad usare telefoni cellulari aumentano di 4/5 volte le possibilità di cancro al cervello. Nelle donne in gravidanza che fanno un utilizzo minimo di due o tre volte al giorno del cellulare, si alza del 54% il rischio nei futuri bambini di iperattività e difficoltà emozionali;
- *“Il peso delle prove è chiaro: i cellulari causano il cancro al cervello”*, ha detto il Dottor Devras Davis, presidente della Environmental Health Trust in una conferenza di Pediatria a Baltimora (USA). Il rischio di tumori al cervello è 400% più alta tra coloro che hanno iniziato ad usare i telefoni prima dei 20 anni di età;
- Le api che subiscono le onde elettromagnetiche dei cellulari smettono di deporre le uova e di produrre miele.

*Perché allora non si dice che i cellulari fanno male? Perché gli studi finanziati dalle industrie affermano che i cellulari sono sicuri, mentre gli studi indipendenti ne mostrano la grave pericolosità, e quindi nel dubbio il mondo scientifico afferma di non avere abbastanza evidenze invitando semplicemente alla cautela.*

L'elettrodotta è un insieme di linee elettriche e cabine di trasformazione che generano campi elettromagnetici a bassa frequenza molto intensi. E' chiamato spesso anche "alta tensione". Gli elettrodotti scorrono nelle città e nei grandi centri urbani. E' molto dannoso per la salute infatti:

- In un palazzo di Milano situato vicino ad un elettrodotta ci sono stati negli ultimi anni almeno 36 casi di cancro. *“Due anni fa ho avuto un cancro alla gola —racconta il signor Giorgio, ex tassista —, in molti qui sono morti. Sopra di me due colleghi: tumore al cervello”*. Il calcolo è diviso tra due civici ben precisi. In uno la contabilità delle malattie conta 23 persone. Di queste sette si sono ammalate di tumore al cervello, altre nove, invece, di cancro al pancreas. E poi ci sono i casi di leucemia. E i sintomi quotidiani: mal di testa e stanchezza;
- Il brutto primato di una piccola comunità a Sud di Roma: 36 casi di cancro, 5 di leucemia, 12 disfunzioni alla tiroide, ed altre gravi patologie, tutti quanti (meno di 200 persone) vivono accanto ai fili dell'alta tensione;
- *“In soggetti residenti entro i 150 metri dalle linee elettriche dell'alta tensione —riportano Maggiolini e Di Massa — a livelli di campo magnetico superiori a 0,1 microtesla, sono stati associati all'insorgenza non solo di leucemie infantili, ma anche di tumori cutanei e di varie forme di depressione grave che hanno condotto al suicidio un numero*

elevato di soggetti. Altri studi hanno segnalato un aumento del rischio di insorgenza di malattie neurodegenerative come la sclerosi laterale amiotrofica e la malattia di Alzheimer". Marcello Maggiolini e Giuseppe Di Massa esperti dell'UNICAL incaricati dalla Procura della Repubblica di Cosenza;

- Una vecchia centralina dell'energia elettrica situata vicino ad un piccolo gruppo di famiglie ha prodotto in dieci anni dieci morti per tumore tutti sulla stessa via, troppi per essere una coincidenza.

Ripetitori radiofonici e televisivi emettono intense onde elettromagnetiche che danneggiano la salute:

- "Cinque persone che abitavano in una palazzina sul Colle della Maddalena, a Moncalieri, sono morte di tumore, e un cittadino, ammalatosi di cancro a sua volta, si è rivolto alla magistratura: il sospetto è che le patologie siano in relazione con le emissioni elettromagnetiche provocate dai numerosi ripetitori radio-televisivi installati sulla collina. Tra gli anni Ottanta e Novanta sette inquilini (non anziani) si sono ammalati, e cinque sono morti di tumore. La Procura di Torino ipotizza il reato di omicidio colposo. Il problema dell'elettrosmog è da mesi al centro di un'inchiesta del P.M. Raffaele Guariniello e dell'Agenzia regionale per l'Ambiente. Ad agosto, dopo i primi rilievi, il parco giochi vicino ai ripetitori è stato chiuso dopo che sono stati misurati livelli di inquinamento elettromagnetico superiori alla norma," I rappresentanti di 23 emittenti radiotelevisive sono stati rinviati a giudizio al termine di una maxi inchiesta condotta dal P.M. Guariniello;
- Nei pressi delle emittenti di Radio Vaticana esiste una correlazione tra l'esposizione alle onde elettromagnetiche e l'aumento di leucemie e linfomi nei bambini fino a 14 anni che abitano a ridosso degli impianti di Cesano. Sono i risultati contenuti nelle 140 pagine della perizia disposta cinque anni fa nell'ambito dell'inchiesta per omicidio colposo dopo le morti sospette nella zona.

I radar sono presenti nelle numerosissime basi militari (italiane e americane) sul nostro territorio:

- È appurata la correlazione statisticamente significativa tra l'esposizione a radar, campi elettromagnetici e l'aumento del rischio di tumore, infarto, ictus e gravidanze interrotte. Questa è la sintesi dei risultati degli esperimenti condotti dal Dott. Fiorenzo Marinelli, biologo ricercatore del CNR di Bologna, e presentati al Congresso Internazionale "Radar, radiofrequenze e rischi per la salute" tenutosi a Potenza Picena (MC).

Riferimenti raccolti da **Riccardo Lautizi**. Una delle mie più grandi passioni è proprio seguire i suoi illuminanti articoli esclusivamente a scopo informativo. Chiunque volesse approfondire questi ed altri argomenti gli suggerisco di consultare il suo sito internet.

*Come ridurre le problematiche causate dalle onde elettromagnetiche nocive?*

L'argomento è molto serio come abbiamo avuto modo di vedere da questo resoconto, che è solo una frazione di tutto quello che si potrebbe dire sul problema dell'inquinamento elettromagnetico, ma rende bene l'idea di quanto sia necessario proteggersi.

Proprio in risposta a tale problema, il *Geobiologo e Naturopata Luciano Mion* ha sviluppato dei dispositivi di protezione messi a punto dopo anni e anni di studi e sperimentazioni da parte del Centro di ricerche L.A.M., questi sono in grado di ridurre notevolmente le alterazioni causate dall'elettrosmog e di migliorare di conseguenza i parametri di vitalità ed energia dell'organismo, come dimostrato dalle diverse analisi visionabili sul suo sito.

-----fine approfondimento

## **Effetti sulla salute e stime dell'impatto sanitario in Italia**

Le patologie aventi un quadro clinico ben definito e per le quali può essere identificato uno specifico agente causale presente nell'ambiente confinato, vengono incluse nel gruppo delle cosiddette "Malattie associate agli edifici o Building-related illness (B.R.I.)". Sono comprese le patologie causate da specifici agenti biologici, chimici e fisici; nel complesso si tratta di effetti sulla salute a carico dell'apparato respiratorio, cute, mucose esposte, sistema nervoso e sistema immunologico, come malattie respiratorie, asma, febbre da umidificatori, alveolite allergica, legionellosi e altre.

Si rivolge una particolare attenzione al possibile rischio di tumori legato alla presenza negli ambienti indoor di composti con dimostrata evidenza di cancerogenicità. I principali cancerogeni che possono essere presenti negli ambienti indoor sono il fumo di sigaretta, il radon e l'amianto; è stato ipotizzato che anche l'inquinamento interno da composti organici volatili (es. formaldeide oggi

cancerogeno di tipo 1/B, benzene) **costituisce un significativo rischio cancerogeno per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti confinati** e contribuisce in modo rilevante al rischio cancerogeno complessivo della popolazione generale.

Tra le patologie determinate dall'esposizione ad agenti indoor, le forme più frequenti comprendono quadri clinici caratterizzati da effetti neurosensoriali che determinano condizioni di malessere, diminuzione del comfort degli occupanti e percezione negativa della qualità dell'aria. In questo contesto come citato precedentemente la "Sindrome dell'edificio malato" viene definita come una sindrome caratterizzata da sintomi che vengono lamentati dalla maggior parte degli occupanti di un edificio.

Un quadro patologico particolare è la "Sindrome da sensibilità chimica multipla o Multiple Chemical Sensitivity syndrome (M.C.S.)" che comprende una sindrome caratterizzata da reazioni negative dell'organismo a agenti chimici ed ambientali presenti a concentrazioni generalmente tollerate dalla maggioranza dei soggetti.

Da un Rapporto dell'Istituto Superiore di Sanità (Rapporti ISTISAN 13/39, 2013) si possono desumere "prevalenza e costi" di una limitata serie di inquinanti, riportati in tabella (*Valutazione quantitativa dell'impatto sulla salute della popolazione e dei costi diretti per l'assistenza sanitaria attribuibili ogni anno ad alcuni degli inquinanti indoor in Italia.*):

INQUINANTE	MALATTIA	PREVALENZA	COSTI DIRETTI (mln di €)
Allergeni (muffe, acari, forfore animali)	Asma bronchiale	>160.000 casi/anno	>80
Radon	Tumore del polmone	1.500-6.000 decessi/anno	25-105
Benzene	Leucemia	36-190 casi/anno	0,5-3,5
Monossido di carbonio (CO)	Intossicazione acuta da CO	>200 decessi/anno	0,5

Oltre a queste, devono essere considerate altre sostanze presenti nell'ambiente indoor di cui ho parlato precedentemente, una di esse è *l'amianto* : secondo i dati *dell'Osservatorio Nazionale Amianto*, solo in Italia sono più di 6.000 coloro che perdono la vita ogni anno in seguito all'insorgenza di patologie asbesto correlate.

Dopo più di vent'anni dal divieto di produzione ed utilizzo di questo materiale, tanto rimane ancora da fare in termini di censimenti e bonifiche, un problema ancora irrisolto.

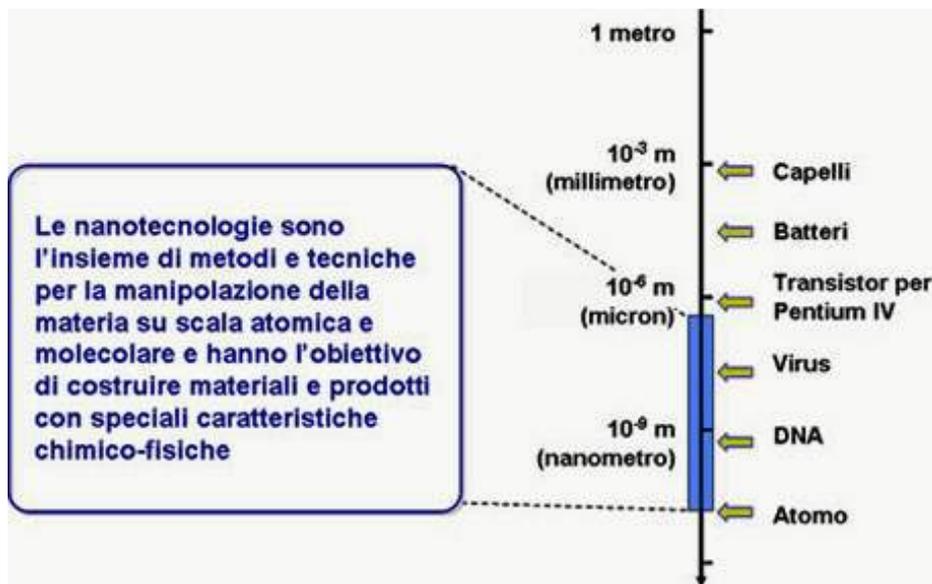
*E' tempo di cambiare aria?*

Sicuramente si! Non si tratta di rispondere alla Suprema Corte di Cassazione in merito alla tutela del diritto alla salute negli edifici, che è chiaramente a carico dei partecipanti alla filiera edilizia, perché sarebbe uno dei tanti balzelli su un settore critico per lo sviluppo del nostro Paese. Credo piuttosto nella possibilità da parte del privato di investire sul proprio "bene casa" per incrementarne il valore economico e migliorare al contempo il proprio standard di vita e di salute. Questo può avvenire quando vi sia una campagna di sensibilizzazione in merito, che renda ogni proprietario ed amministratore cosciente delle potenzialità di un Ambiente confinato. ( *cit. Nicola Fiotti* )

## 7.2.2 Nanotecnologia

Non ho mai avuto l'occasione di approfondire questo argomento e dal momento in cui l'ho fatto sono rimasto veramente colpito. Immaginate la Terra a confronto con una pallina da tennis. Ecco, ora avete il confronto tra un metro e un nano-metro, ovvero un miliardesimo di metro.

Fino a poco tempo fa, le Nanotecnologie, erano un argomento quasi di fantascienza. Oggi ormai fanno già parte della nostra vita quotidiana ed in futuro troveranno sempre più applicazioni. Possiamo dunque affermare che queste sono alla base di una terza rivoluzione industriale nel corso del XXI secolo.



Nanoscienze e Nanotecnologie comportano la capacità di vedere e controllare singoli atomi e molecole. Tutto sulla Terra è costituito da atomi, il cibo che mangiamo, gli abiti che indossiamo, i palazzi e le case in cui viviamo, e il nostro corpo. Immaginate dunque le potenzialità di queste nanoparticelle e le infinite applicazioni che possono svolgere.

Come affermò uno dei grandi del passato “temo quel giorno in cui la tecnologia andrà oltre la nostra umanità: il mondo sarà popolato allora da una generazione di idioti”, *ed è proprio questo ciò che si nasconde dietro, una meraviglia spettacolare o uno scenario inquietante?*

Il messaggio che vorrei trasmettere è che questo può sicuramente avere dei lati positivi, la possibilità di operare su questa scala permetterebbe, ad esempio, di andare a curare grosse malattie nel campo della nanomedicina o creare dei super materiali per catturare grandi quantità di energia in un piccolissimo spazio. Tutto ciò in mano all'Uomo è come una bomba atomica, avremo non solo il rischio dell'estinzione del genere umano (ecofagia) ma addirittura il totale controllo, così come da sempre accade alla luce invisibile dei giorni nostri.

Oggi tutte queste tecnologie sono prive di regole e controlli, l'etica e i valori morali diventano solo acqua passata.

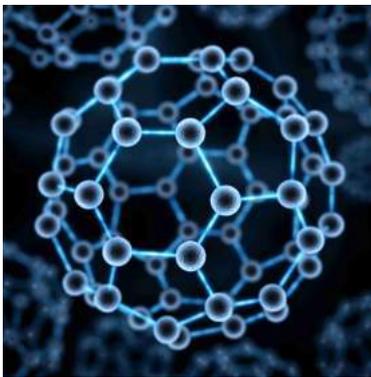
La nascita del concetto di Nanotecnologia è fatta comunemente risalire all'intuizione del fisico americano Richard Feynman, che in una ormai celebre conferenza tenuta nel dicembre del 1959 al California Institute of Technology, dal titolo “there's plenty of room at the bottom” (c'è un sacco di posto giù in fondo) ipotizzò che nel futuro si sarebbero potuti costruire dispositivi di varia natura agendo direttamente sulla disposizione degli atomi nella materia.

Famoso è il suo riferimento sulla possibilità di immagazzinare l'intero contenuto dell'enciclopedia britannica sulla punta di uno spillo e sulla possibilità fisica di farlo.

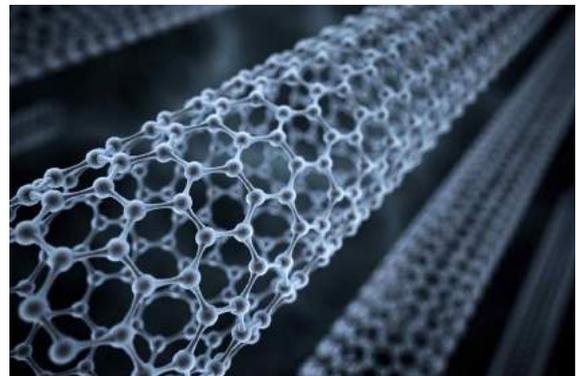
Il termine moderno di “Nanotecnologia” fu, tuttavia, coniato nel 1974 da Norio Taniguchi, ricercatore dell'Università di Tokio, per descrivere la manipolazione precisa di atomi e molecole per la produzione di nuovi materiali, e ripreso in seguito nel 1986 da Eric Drexler nel suo libro intitolato “Engines of creation: the coming era of nanotechnology”.

A partire dagli anni Sessanta sono state fatte numerose scoperte e invenzioni, rivelatesi importanti nel campo delle Nanotecnologie. In particolare, è stato inventato, da Gerard Binning e Heinrich Rohrer nel 1981, il microscopio a scansione ad effetto tunnel (STM). Questo particolare microscopio consente la ricostruzione morfologica della superficie di un campione conduttore, con altissima precisione, sfruttando la corrente dovuta al cosiddetto effetto tunnel (fenomeno della meccanica quantistica) e anche di manipolare e spostare singoli atomi in un materiale. Più tardi, furono introdotti il microscopio a forza atomica (AFM), quello a forza magnetica (MFM) e quello a forza elettrica (EFM), diventati ormai strumenti essenziali per le Nanotecnologie.

Una tappa fondamentale nella storia delle Nanotecnologie è stata la scoperta nel 1985, da parte di Robert F. Curl, Harold Kroto e Richard E. Smalley, del fullerene. Il fullerene, insieme alla grafite e al diamante, rappresenta l'unica molecola stabile composta esclusivamente da atomi di carbonio. Esso viene indicato anche come carbonio C60, in quanto costituito da sessanta atomi di carbonio. Il fullerene ha la forma di un icosaedro al quale sono stati troncati i 12 vertici. L'aspetto della molecola è del tutto simile a quello di un pallone da calcio. Nel 1991 Sumio Iijima, ricercatore della NEC Corporation, scoprì che il carbonio poteva organizzarsi, oltre che in sfere, anche in tubi dal diametro variabile di pochi nanometri. Tali strutture sono chiamate nanotubi e rappresentano i nanomateriali in assoluto più conosciuti.



Struttura Fullerene molto simile ad un pallone da calcio



I nanotubi sono composti da atomi di carbonio; possono sostituire il silicio nei chip e sono 100 volte più resistenti dell'acciaio, ma 6 volte più leggeri.

I nanomateriali (NMTs) sono comunemente definiti come quei materiali aventi almeno una dimensione inferiore ai 100 nm. Essi esibiscono peculiari proprietà chimiche, fisiche e ottiche dipendenti dalle loro dimensioni e differenti da quelle presenti nei materiali di dimensioni convenzionali.

Questi possono avere origine naturale, quali ad esempio quelli prodotti da processi tradizionali di combustione, oppure avere origine antropogenica. In questo caso, si distinguono quelli prodotti involontariamente e quelli prodotti volontariamente. A quest'ultima categoria appartengono i NMTs artificiali, o ingegnerizzati, ossia appositamente prodotti dalle Nanotecnologie per svolgere scopi tecnologici a vari livelli e in vari campi scientifici e industriali:

Naturali	Antropogeniche	
	<i>Non intenzionali</i>	<i>Intenzionali</i>
Incendi	Motori a combustione interna	Nanoparticelle ingegnerizzate:
Vulcani	Centrali elettriche	<i>Nanomateriali di carbonio</i>
	Inceneritori	<i>Nanomateriali metallici</i>
	Jet di aeroplani	<i>Dendrimeri</i>
	Fumi metallici (siderurgia)	<i>Compositi</i>
	Fumi polimerici	
	Altri fumi	
	Superfici riscaldate	
	Cottura	
	Motori elettrici	

I NMTs ingegnerizzati possono essere creati attraverso due approcci fondamentali:

- metodo *bottom up* (dal basso verso l'alto): si riferisce alla capacità di assemblare il materiale nanostrutturato a partire dalle nanoparticelle che lo costituiranno. In biologia, chimica e fisica, si utilizza per lo più questo tipo di approccio;
- metodo *top down* (dall'alto verso il basso): consiste invece nella costruzione di micro e nanostrutture a partire dal blocco massivo di materiale con tecniche di tipo litografico che riducono con metodi fisici le dimensioni delle strutture iniziali, portandole a livello micro/nanometrico. Questo metodo trova i principali impieghi nelle applicazioni elettroniche e metallurgiche.

Già molti disponibili sul mercato, il loro numero è in costante crescita. È stato stimato dal PEN (The Project on Emerging Nanotechnologies, 2017) che finora sono stati realizzati 1827 prodotti nanotecnologici impiegati nei settori più disparati. Sempre la PEN offre anche un elenco dettagliato dei nanomateriali qui riportati:

ossido di alluminio	Cromo	Iridio	Organici
Bismuto	Argilla	Ferro	Palladio
Boro	Cobalto	Condurre	Platino
Calcio	Rame	liposomi	Polimero
Carbonio	fullerene	Litio	Quantum dots
nanotubi di carbonio	Gallio	Magnesio	Retinolo
cera carnauba	Oro	Manganese	Selenio
nanofibre cellulosa	Grafene	micelle nano	Silicio
Ceramica	Grafite	Nanocellulose	Biossido di silicio
ossido di cerio	Iodio	Nichel	Argento
titanato	Diossido di titanio	zeolite	zirconia
Titanio	tungsteno disolfuro	Ossido di zinco	

Tra i settori produttivi in cui trovano impiego le nanoparticelle (NPs) si possono includere il settore della salute e fitness, elettrodomestico, automobilistico, elettronico ed informatico, alimentare, edile. Prodotti incredibili, come vetri autopulenti, tute ignifughe, nano-chips, vernici antigraffio, superfici antibatteriche, spugne mangia-petrolio, farmaci-robot, alimenti che si conservano più a lungo...

*Ma un interrogativo incombe sopra il mondo nano: le nanoparticelle sono **sicure**? Le ingeriamo, le respiriamo, le tocchiamo, ma sappiamo quali effetti provocano sugli organismi viventi?*

I rischi sono tanto più difficili da valutare quanto difficile è analizzare il comportamento delle NPs e delle applicazioni globali. Esse non rispondono alle leggi della fisica classica, ma a quella della meccanica quantistica. Costruire delle particelle, atomo per atomo, manipolare la materia a livello delle molecole, è entrare in un mondo che al momento è di incertezza assoluta. Non a caso oggi tutto questo è senza regole e certificazioni, ma fortunatamente ricercatori di tutto il mondo stanno dando alla luce risultati significativi.

Bisogna premettere che l'Uomo è sempre stato esposto a NPs stando in ambienti polverosi, tra eruzioni vulcaniche, rocce in via di erosione, incendi, sabbia e terra i cui effetti sono anch'essi in

parte deleteri per la salute. Tuttavia, l'esposizione alle NPs è cresciuta notevolmente nell'ultimo secolo a causa dello sviluppo industriale e all'introduzione di questi NMTs ingegnerizzati. Oggigiorno, costituiscono una parte importante del particolato atmosferico urbano (PM) che tutti conoscono, le polveri originate prettamente dai processi industriali a caldo. La loro composizione dipende da ciò che viene bruciato e la dimensione è tanto più piccola quanto più alta è la temperatura di formazione.

Le NPs ,invece, sono in un ordine di grandezza inferiore rispetto a quella del particolato atmosferico che appartiene ad **una fascia dell'ordine del micrometro, per cui i rischi sulla salute e sull'ambiente son ben più gravi, poichè con quelle dimensioni paragonabili a proteine di DNA, possono tranquillamente entrare nei mitocondri delle cellule o negli alveoli polmonari.**

Queste possono accumularsi in ogni tessuto del nostro corpo con impossibilità per l'organismo di espellerle, in ragione proprio delle loro nano dimensioni. Inoltre questi materiali diventeranno prima o poi rifiuti, e le particelle di cui sono composti si disperderanno nell'Ambiente inquinando aria, acqua, cibo, pesci e microorganismi più di quanto lo siano già.

E` stato dimostrato dal Professor Nemmar dell'Università Cattolica di Leuven che particelle da 100 nanometri, ovvero 0,1 micron, **se respirate, passano la barriera polmonare in 60 secondi e in un'ora giungono al fegato.** Quando parliamo di nanomateriali... parliamo sostanzialmente anche di **nanometalli**...quindi di intossicazione da metalli pesanti. Cittadini, noi, siamo sempre all'oscuro di tutto questo, basta come sempre porsi delle semplici domande, per chi è attento e si informa sa benissimo di cosa parlo. Il complesso di questi inquinanti metallici si possono ritrovare in:

- ESPLOSIONI (MILITARI)
- COMBUSTIONE
- SCIE CHIMICHE E GEO-INGEGNERIA
- MEDICINALI
- VACCINI
- ALIMENTAZIONE
- COSMETICA
- MATERIALE TECNOLOGICO E TESSUTI
- RIVESTIMENTI E PRODOTTI

In Italia i lavori svolti dai ricercatori Dottor **S.Montanari** e la moglie Dottoressa **A.Gatti** sono molto chiari su quali sono gli effetti delle nanoparticelle (nanometalli). Da molti anni si occupano di nanopatologie nel laboratorio di ricerca Nanodiagnosics srl. a Modena.

Per chi fosse interessato ad approfondire l'argomento può consultare il loro blog o il sito del laboratorio. Molte testimonianze scientifiche sono anche dichiarate dal Centro Informativo di Biotecnologia NCBI, in cui mostrano le tossicità delle NPs ai polmoni, al sistema cardio-vascolare ed a quello nervoso centrale in correlazione alle molte malattie ad esse associate.

Contenuti consultabili liberamente nel famosissimo archivio internet PubMed.

Montanari dice:

*"Per prima cosa le nanopatologie sono una scoperta nostra e, segnatamente, di mia moglie cui si deve addirittura il loro nome. Le polveri fini ed ultrafini sono un argomento spesso trattato da politici e media senza cognizione di causa, il che genera fraintendimenti e rende impossibile trovare soluzioni al problema.*

*Le nostre scoperte, da subito osteggiate dall'accademia nostrana e oggi alla ribalta della scienza, hanno dimostrato che queste polveri sono capaci di entrare, attraverso diversi meccanismi, nel nostro organismo e di innescare una lunga serie di malattie, non poche delle quali finora classificate come "di origine sconosciuta".*

*E le stesse nostre ricerche hanno dimostrato quali siano le origini di quelle polveri, come si possano rintracciare quelle origini e quali siano i fattori di pericolosità. È solo conoscendo l'origine del problema che si può porvi rimedio o, almeno, tentare di farlo."*

## NANOTECNOLOGIA IN EDILIZIA

L'edilizia è certamente un settore strategico per mostrare le nuove invenzioni, perciò in essa è inevitabile l'applicazione della Nanotecnologia.

Ad oggi le principali sperimentazioni in questo ambito riguardano le seguenti tipologie di prodotti:

- materiali cementizi autopulenti e fotocatalitici impiegati per intonaci e pavimentazioni;
- compositi fibrorinforzati nanostrutturati per strutture leggere e resistenti;
- vernici e rivestimenti nanostrutturati antiusura, anticorrosione, termici o fotocatalitici;
- materiali organici per la conversione fotovoltaica;
- isolanti trasparenti nanostrutturati;
- vetri autopulenti, fotocromici e termocromici con nanoparticelle;
- sorgenti luminose con nanotubi di carbonio;
- SURFASHIELD sospensione a base acqua di biossido di titanio prodotto con sistema sol-gel applicabile in aggregazione chimica a freddo.

Tra queste categorie, i materiali fotocatalitici (non solo malte cementizie, ma anche ceramica e alluminio) basati sul trattamento con biossido di titanio e le varie tipologie di vetri speciali, rappresentano i settori maggiormente sviluppati sul mercato odierno.

Questi prodotti sono altamente performanti e raggiungono proprietà uniche grazie all'ausilio di NPs derivate da ossidi, metalli, semiconduttori, fullereni, ecc., quelli definiti precedentemente come nanometalli.

Per dare un esempio ho voluto scattare uno screenshot di un'azienda che produce vernici:

### Vernici nanotecnologiche

Le vernici nanotecnologiche si caratterizzano per l'utilizzo della *microtecnologia* e *nanotecnologia*. Contengono, infatti, microsferi di ceramica che isolano e riflettono i raggi luminosi e nanoparticelle di biossido di silicio che le rendono idrorepellenti.

Ecco quali sono i vantaggi che presentano le superfici rivestite di pitture nanotecnologiche:

- sono autopulenti (se cade un liquido di qualsiasi tipo, rivelano il loro carattere idrofilico, che porta la goccia a scivolare via)
- sono termoriflettenti (la temperatura della casa viene mantenuta più stabile e il calore o la frescura trattenuti all'interno, traducendosi in uno spiccato risparmio economico in bolletta energetica)
- svolgono un'azione battericida (il biossido di titanio sotto forma di vernice emette delle specie reattive dell'ossigeno, attive contro i batteri se sottoposte a raggi ultravioletti)
- hanno un'altissima resistenza all'usura, alla corrosione salina, al graffio, agli agenti chimici
- mantengono un'inalterata tonalità del colore (anche ad un'esposizione diretta ai raggi solari per lunghi periodi)
- sono applicabili su qualsiasi superficie

Descrizione prodotto	Vernice nanotecnologica. L'idea alla base del progetto [redacted] è l'utilizzo di nanotecnologie per migliorare la riflettanza nello spettro "non visibile" della luce
Progetto/Azienda di riferimento	[redacted]
Componenti	Principali materiali che compongono la vernice Cool Coverings: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ossido di alluminio (additivo per riflettanza nel vicino infrarosso NIR)</li> <li>▪ ossido di zinco (additivo per effetto biocida)</li> <li>▪ ossido di titanio (pigmento bianco e riflettanza NIR)</li> </ul>
Applicazioni	Pitturazione di facciate cementizie con colore riflettente, anche scuro
Livello TRL	TRL 8-9: Pre-serie (quasi commerciale)
Aspetti innovativi (sostenibilità ambientale)	La sostenibilità è tutta legata al risparmio energetico di condizionamento poiché l'applicazione della vernice nanotecnologia sulle facciate cementizie migliora l'isolamento dell'involucro dell'edificio
Certificazioni ambientali	Analisi LCA

Tralasciando le sole considerazioni positive che la scheda del prodotto riporta, e che aspetti innovati di sostenibilità e analisi LCA sono comunicati con assenza di logica possibile (non conoscendo ad oggi i metodi di smaltimento), si individuano i componenti principali della vernice ossido di argento, ossido di zinco, ossido di titanio, micro sfere di ceramica e biossido di silicio per l'idrorepellenza.

Le minuscole particelle generate dalla Nanotecnologia hanno dimostrato la loro capacità di far ammalare e uccidere i lavoratori di fabbriche che utilizzano questo tipo di tecnologia (NCBI).

Di norma quando si parla della pubblica amministrazione spuntano sempre provvedimenti in merito. Infatti, già da alcuni anni, precisamente nel mese di febbraio 2011 si è arrivati alla pubblicazione, da parte dell'INAIL, del primo " Libro Bianco - Esposizione a nanomateriali ingegnerizzati ed effetti sulla salute e sicurezza dei luoghi di lavoro", a cura del Network Nazionale per l'individuazione di misure di prevenzione e protezione connesse con l'esposizione a nanomateriali in ambito lavorativo (NanOSH Italia).

Dunque, insieme alle varie fonti inquinanti discusse nella sezione dell'Inquinamento indoor si aggiunge alla lista anche le Nanotecnologie.

Se da un lato non abbiamo avuto la comunicazione ufficiale dei danni e le relative incertezze sulle possibili interazioni di rilascio mura/ambiente, d'altro lato, ci si pone il rischio perché conosciamo l'effetto nocivo dei nanometalli, approvati da ricercatori di ogni Paese del mondo. Ognuno nel suo campo...e tutti con gli stessi risultati.

- I ricercatori cinesi diretti da Yuguo Song, del Dipartimento di Medicina del Lavoro e Tossicologia Clinica del Chaoyang Hospital di Beijing, furono tra i primi a evidenziare la tossicità negli esseri umani e in risposta a questo la ricercatrice Silvia Ribeiro affermò che tale risultato fosse solo la punta dell'iceberg di un'industria estremamente rischiosa;
- altrettanto lo studio britannico nel 2007 che coinvolge il lavoro di molti autori dei vari dipartimenti di fisica medica e biochimica delle Università di Bristol, Oxford, Leeds, Cardiff, dimostra l'esistenza di un effetto indiretto delle nanoparticelle che danneggerebbero "a distanza" il DNA;
- Marie-Claude Jaurand, direttore di ricerca all'INSERM, accusa i nanotubi di carbonio, materiale ultra resistente utilizzato nell'industria, per i loro effetti "simili a quelli dell'amianto", concernenti la produzione di lesioni del DNA e la formazione di aberrazioni cromosomiche;
- gli stessi ricercatori italiani Gatti e Montanari, con i loro libri e conferenze hanno dato chiare dimostrazioni in merito;
- Jean Bergougnoux, presidente della Commissione Nazionale per il Dibattito Pubblico sulle Nanotecnologie (CNDP), e Rose Frayssinet, esperta nel campo delle Nanotecnologie, membro Associazione amici della Terra;
- Michael L. Shuler e il suo team di ricercatori presso Binghamton University e la Cornell University;
- il Dottor Russell Blaylock, neurochirurgo in pensione, tossicologo e scrittore...  
...e molti altri oggi in continua sperimentazione.

L'utilizzo della Nanotecnologia sarà sempre più frequente. Questione di anni e diventerà molto più potente. Penso che un futuro non molto lontano, attraverso i nanorobot, saremo in grado di aumentare indefinitamente la durata della nostra vita, raggiungendo per assurdo l'immortalità o forse fare di più, cose impensabili viste solo nei film.

Difficile prevedere come si evolverà, ma sicuramente saranno anni di continui cambiamenti, in cui non mancheranno i dibattiti critico-etici e morali.

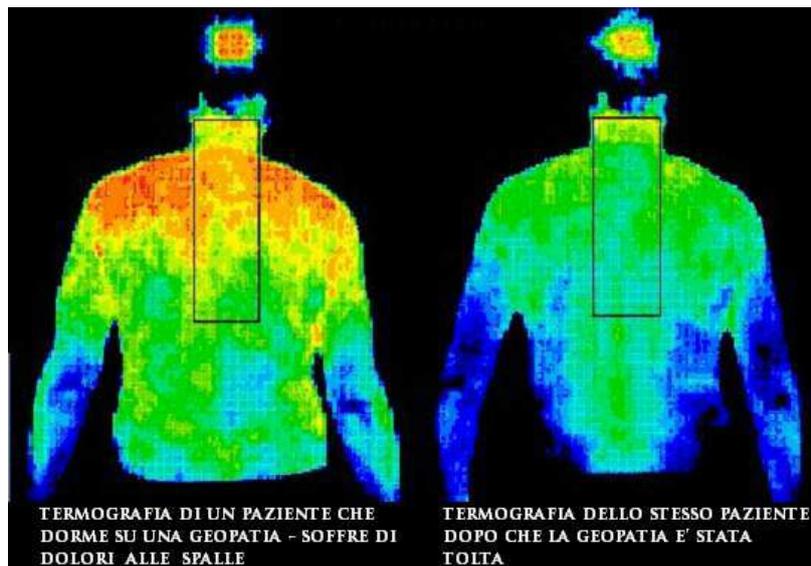
Con la speranza che il contributo di ricercatori onesti, che divulgano il vero, possa essere da esempio per evitare di trasmettere eredità pesanti alle generazioni future.

## 7.2.3 Geopatia

Gli antichi di tutte le culture si avvalevano di conoscenze tramandate oralmente per scegliere l'area sulla quale edificare. Il Feng Shui in Cina e alcuni testi latini riportano varie pratiche. Le cattedrali medievali e i luoghi di culto costruiti fin dalla notte dei tempi, sfruttavano queste conoscenze per esaltare le particolari energie dei vari luoghi in modo da indurre stati di coscienza alterati, benessere mentale e guarigioni fisiche. Tuttavia, nella nostra società attuale totalmente disconnessa dalla Natura di cui fa parte, queste conoscenze non sono applicate nell'edificazione e ciò porta all'insorgere di malattie più o meno gravi, che la scienza ha dimostrato.

Vitruvio, nel "De architettura" racconta che prima di edificare una casa o una città i romani lasciavano pascolare sul terreno scelto un gregge di pecore per poi esaminarne le interiora: se le pecore erano sane allora il luogo aveva un'energia positiva, altrimenti non era adatto per costruire. La Terra ci influenza positivamente o negativamente: alcune aree sono salutari mentre altre nocive per l'Uomo. Circa quest'ultimo aspetto si è coniato il termine "Geopatia" con il quale si vuole indicare le patologie che si sviluppano a seguito di emanazioni di energie nocive alla salute. Per avere una prova della potenza degli edifici antichi basta entrare in una delle cattedrali erette nel medioevo: ci si sente quasi estraniati dal resto del mondo.

Avete mai notato che in certi ambienti vi sentite bene mentre in altri posti non riuscite ad essere rilassati? Ti è mai capitato di aver dormito in un letto diverso dal tuo e ti sei svegliato benissimo? E poi sei tornato a casa tua e al mattino ti sei di nuovo svegliato stanco? In passato quando una persona stava male spesso veniva allontanata dalla sua abitazione e portata in un posto più curativo.



Di seguito spiego a cosa sono dovute, quali sono gli effetti sul corpo e di come nell'ultimo secolo **sempre più prove dimostrano che il tasso di tumori, malattie psichiatriche e degenerative è più alto in corrispondenza di zone geopatogene.**

Il legame tra Geopatia e tumore viene confermato dall'Ing. **Nicola Limardo** che nel suo libro Salute dell'Habitat afferma: "La Geopatia rappresenta una patologia, un disturbo o un'alterazione biologica causata da radiazioni naturali o artificiali, che determina una modifica della polarità cellulare cambiando lo spin o senso di rotazione della membrana cellulare esterna ed interna. La polarità è un fenomeno magnetico: in presenza di stress geopatico può verificarsi un'inversione della polarità cellulare (come dimostrato con strumentazione scientifica dai Nobel Neher e Sakman, 1991, e Rod Mac Kinen, 2002). Il legame fra stress geopatico e tumore fu confermato dal rapporto dell'8° Congresso Internazionale per la Difesa Biologica dal Tumore, nel 1999, congresso

*al quale parteciparono oncologi di livello internazionale quali Ulrike e Reimar Banis. Questi medici dichiararono che il meccanismo delle radiazioni sull'Uomo – i cui effetti avevano tempi di latenza che andavano dai due o tre anni sino a trent'anni e oltre – si manifestavano spesso con la comparsa della malattia tumorale. Decisiva per l'azione patogena è la permanenza per diverse ore consecutive su punti radianti senza muovere il corpo, come in particolare nel letto o su una postazione di lavoro sedentario. L'affermazione più forte di tutto il Congresso, condivisa da tutti i relatori, riguardava un dato oggettivo e cioè che tutti i pazienti affetti da tumore presentavano stress geopatico.”*

Qui elenco le sorgenti geopatetiche che si possono manifestare:

#### I RAGGI GAMMA PROVENIENTI DALLA TERRA HANNO UN EFFETTO DEVASTANTE

Pochi sono coscienti del fatto che i raggi Gamma provenienti dalla Terra hanno, detta dagli esperti, un effetto fortissimo, accertato e in taluni casi devastante. Si pensi al fatto che sono più forti (“energetici”) degli stessi raggi X e la loro azione negativa colpisce le cellule provocando il cancro e mutazioni genetiche. Le radiazioni Gamma ionizzanti sono segnalate dallo IARC in classe I, cioè come “sicuramente cancerogene”. Inoltre i metalli pesanti non vengono drenati correttamente da un corpo irradiato da questi raggi.

#### FAGLIE SOTTERRANEE

Sono profonde spaccature del terreno, che si verificano a causa dello scorrimento delle masse terrestri tra di loro, le rocce che compongono il sottosuolo si piegano e a volte si rompono. Quando una frattura si sposta, si ha una faglia: attraverso la spaccatura possono sboccare facilmente in superficie i gas radioattivi che producono radiazioni abbastanza intense anche a livello di raggi Gamma o di raggi X.

#### CORSI D'ACQUA SOTTERRANEI

I corsi d'acqua sotterranei, provocano una corrente elettrica proporzionale alla velocità di scorrimento, determinano una radiazione capace di investire anche i piani più alti di un grattacielo. Nell'architettura religiosa, come la Cattedrale di Chartres in Francia, alcune opere venivano costruite su fiumi sotterranei in quanto, essendo tale radiazione eccitante e stimolante se “assunta” nel breve periodo, i costruttori intendevano stimolare i fedeli che si recavano alle funzioni religiose a elevarsi verso il divino. In definitiva in una chiesa del genere non ci si può vivere.

#### RADIOATTIVITA' NATURALE E GAS RADON

La radioattività è legata al Radon ma anche Thoron e dipende dalla conformazione geologica delle diverse aree. Si tratta di gas che sono in relazione con l'Uranio (che è nel sottosuolo), con il Torio e i cosiddetti Radionuclidi: i quali però per nostra sfortuna sono nelle rocce, nei graniti, nel tufo, nel gesso e così via. Basta tenere per ore una stanza chiusa costruita in corrispondenza di tali situazioni, per avere pericolose concentrazioni di questi letali gas naturali: quindi arieggiamo spesso il più possibile gli ambienti domestici o i luoghi chiusi di lavoro.

Diverse indagini di letteratura segnalano una relazione tra la presenza di radiazioni naturali (gas Radon, Polonio, Cesio) e incidenza di diverse patologie (tumori, malattie degenerative ecc.). In individui soggiornanti per lungo tempo in zone interessate da radiazioni naturali sono state inoltre evidenziate alterazioni dell'equilibrio psicofisico.

#### NODI DI HARTMANN E CURRY

La rete di Hartmann viene definita come una griglia di lati 2 m per 2.5 m ricoprente l'intero Pianeta Terra e uscente radialmente da esso. La maglia, che si restringe verso i poli e si allarga verso l'equatore, è composta da fasce larghe circa 20cm: determinare la loro posizione precisa è possibile ma difficile per la relativa instabilità, perché risente dell'influenza dei fattori geofisici e delle perturbazioni elettromagnetiche naturali e artificiali. Le fasce del reticolo hanno effetti negativi, soprattutto nei punti di incrocio, detti nodi H, che sono energeticamente più attivi. Sono veramente nocivi quando coincidono con altre perturbazioni dovute a fonti sia naturali

sia artificiali: a rendere più attivo un nodo H è la presenza nel sottosuolo di corsi d'acqua, faglie, masse magnetiche e strutture metalliche. Successivamente l'ingegnere austriaco Curry individuò un secondo reticolo, simile ma inclinato trasversalmente rispetto al primo di 45 gradi, con uno spessore della maglia di circa 50 centimetri, più grande e di forma quadrata (circa m 2.50 x 2.50), i cui punti di incrocio, denominati nodi di Curry, risultavano anche in questo caso fortemente perturbati. La scienza ufficiale non trova fondamento nelle tesi di Ernst Hartmann, dell'Università di Heidelberg, e di Curry considerati pionieri della geobiologia.

I disturbi che vengono accusati se si soggiorna in luoghi con presenza di Geopatie, all'inizio sono del tutto aspecifici e di tipo funzionale, e hanno una forte tendenza alla cronicizzazione. Alcuni di questi disturbi sono: insonnia, astenia, cefalea, depressione, vertigini, scarsa concentrazione, mal di testa, disturbi del sonno, disturbi digestivi ecc. Dopo diversi anni possono insorgere delle malattie cardiovascolari e malattie degenerative. L'insorgere di malattie più o meno dannose è sostenuto sia da dati di laboratorio che da ricerche statistiche.

In ricerche di laboratorio si sono iniettate cellule cancerogene a due gruppi di topi, di cui l'uno posto in gabbia su punti geopatogeni, l'altro su zone neutre: il gruppo sulle zone patogene si ammalava in percentuale molto maggiore ed aveva un decorso più rapido della neoplasia rispetto al gruppo di controllo.

Per quanto riguarda le ricerche di tipo statistico, molto importante ed ormai classica è quella condotta dal barone Von Pohl con metodi radiestesici. Il barone nel 1929, sotto controllo ufficiale, segnò su di una mappa i luoghi geopatogeni della città di Vilsbiburg in Baviera: controllando poi la posizione dei letti delle 54 persone morte per cancro quello stesso anno: si constatò che abitavano senza eccezioni sopra i punti segnati. Tale esperienza è stata ripetuta in una città con scarsa incidenza di neoplasie (Grafenau), con lo stesso risultato.

Altre ricerche statistiche confermano i pericoli delle Geopatie:

Un'altra ricerca è stata condotta nella città di Le Havre, dove la mortalità media per tumori tra il 1920 e il 1930 era del 7,6%, mentre in quattro quartieri era quasi del 40%. **Misurando la ionizzazione dell'aria (segno di Geopatia) sopra i punti patogeni si trovò che, rispetto le zone neutre, era da 10 a 100 volte maggiore;** questo dipendeva dai molti corsi d'acqua sotterranei nei quattro quartieri "patogeni".

Inoltre a Stettino su 5347 casi di cancro dal 1910 al 1931; anche in questo caso si trovò che i malati abitavano su zone geopatogene.

Infine nel 1934 il Presidente dell'Ordine dei Medici di Marburg, osservando che 23 casi di cancro, malattie psichiatriche o gravi reumatismi si presentavano sempre nelle stesse 19 case, fece fare un controllo e tutte risultarono su zone disturbate.

Il sonno è la fase più esposta allo stress geopatologico e allo stress elettromagnetico perché ci vede inermi in balia delle onde elettromagnetiche. Sia quelle generate da fattori esterni legati all'attività umana (cavi e fili elettrici, compresi quelli nascosti nei muri, elettrodomestici, wi-fi dispositivi vari...) sia quelle generate da una Geopatia vera e propria connessa alla presenza di condizioni particolari nel sottosuolo. **È dimostrato che il corpo umano, per potersi liberare dalle tossine durante il sonno, necessita di condizioni alcaline. I campi elettromagnetici invece aumentano l'acidità, cioè la situazione opposta che è causa di cancro e ogni genere di malattie.**

Tutte le strutture metalliche modificano le onde elettromagnetiche.

E' meglio non collocare quindi grandi strutture di metallo come librerie nelle camere o anche nei vani sottostanti: la caldaia e l'auto nel garage sotto la camera da letto possono avere un effetto amplificante di questi campi dannosi. Lo stesso vale per la rete metallica nel materasso.

Per neutralizzare una parte degli effetti delle radiazioni telluriche, sempre in camera da letto, che è il luogo in cui siamo più soggetti ai danni delle Geopatie, si può ricorrere a materiali con proprietà schermanti: un rimedio efficace è il filo di rame intrecciato su stuoie e coperte di lana pura, hanno proprietà parzialmente isolanti il legno, il sughero, il bambù e la lana. Applicare uno strato di sughero sotto tutta la superficie del letto permette di schermare i raggi nocivi durante il sonno. È utile anche posizionare accanto al letto e sulla scrivania dove si lavora un pezzo di Shungite: da esperimenti bioenergetici effettuati con una serie di pietre di simili proprietà, la Shungite ha dimostrato la miglior capacità anche di rafforzare l'energia vitale delle persone e di riparare i danni causati da radiazioni negative.

Per quanto riguarda i metodi per evitare le Geopatie ne esistono alcuni fai da te, ma il più sicuro è quello di contattare un esperto del settore che farà una rilevazione sul posto.

Di questo si occupano geobiologi, kinesiologi, radioestesisti, domoterapeuti e anche raddomanti. Esistono associazioni ufficialmente riconosciute di questi operatori che possono garantire sulle qualità professionali.

## 7.2.4 Feng Shui

Tutti coloro che lo hanno messo in pratica sanno quanto sia profondo l'effetto nella vita quotidiana. Sebbene oggi non sia conosciuta, l'arte di arredare i propri spazi è un'antica conoscenza che con nomi diversi viene praticata da tutte le culture. Ognuno di noi sa ad esempio quanto ci si sente bene in un ambiente ordinato, pulito, spazioso e luminoso, piuttosto che in un ambiente disordinato, pieno di sporco e poco illuminato.

Il Feng Shui è un antico studio cinese che esamina l'interazione tra le persone e l'Ambiente, praticato da migliaia di anni ed oggi conosciuto come la Scienza del Habitat. Le due parole cinesi, letteralmente significano "vento e acqua", a sottolineare le potenze invisibili nel cielo e il flusso di energia della Terra. Aiuta quindi a portare equilibrio e armonia nel nostro ambiente applicando i principi del naturale flusso di energia.

Il Feng Shui si basa sul principio che tutte le cose viventi e non viventi dell'universo pulsano seguendo il flusso del **Ch'i**, la forza vitale e l'insieme che ci circonda può favorire questo flusso oppure ostacolarlo. Ecco perché il nostro Ambiente di vita, la scelta degli oggetti, così come la nostra decisione di dove posizionarli influisce notevolmente sulla qualità complessiva della nostra vita e del nostro benessere.

La "qualità vibratoria" dell'energia nell'Ambiente, ed il suo "fluire equilibrato", sono i due elementi che dovremmo considerare per favorire il mantenimento di un ottimale livello, e frequenza dell'energia nel nostro organismo, in relazione allo spazio in cui viviamo:

- Il primo di essi, la qualità "vibratoria," secondo la teoria degli elementi (acqua, terra, fuoco, legno, metallo, nel loro rapporto reciproco di creazione o distruzione e nella loro predominanza assoluta nell'ambiente), è influenzata dalle direzioni, i colori, forme, materiali, piante, ed i fiori presenti all'esterno ed all'interno della casa, ma anche dalle stagioni, ed i Pianeti.
- Il fluire del Ch'i risente invece della disposizione e della forma degli spazi, delle porte, delle finestre, e di tutti gli elementi architettonici strutturali (scale, caminetti, impianti sanitari e di riscaldamento) ed ornamentali (mobili, oggetti, specchi, quadri, ecc.).

Vi è infine l'aspetto "sincronico" tangibile.

A tale scopo il Feng Shui considera una mappa geomantica chiamata Ba Gua o meglio Luo Pan, che fa corrispondere le diverse aree della casa sia alle direzioni magnetiche, che all'I Ching (antico testo cinese), con altrettanti aspetti psicologici della vita (carriera, rapporti sociali, figli, matrimonio, fama, ricchezza, famiglia, conoscenza).

## Mappa geomantica Ba Gua o Lau Pan



La valutazione della planimetria della casa rispetto a questa mappa, ci suggerisce opportuni interventi per riequilibrare o potenziare un'area altrimenti mancante o insufficiente. Dalla combinata analisi di questi fattori potremo dunque ricavare indicazioni preziose per portare equilibrio e armonia nell'energia dell'ambiente in cui viviamo, così da favorire una vita più sana e soddisfacente sotto tutti i punti di vista.

## 7.2.5 Conclusioni

L'attitudine di guardare esclusivamente le prestazioni dei materiali e il continuo utilizzo di prodotti chimici dichiarati altamente tossici, fanno sì che le nostre dimore siano diventate invivibili. L'amata casa dolce casa che desideriamo vivere al ritorno dalle nostre giornate lavorative o semplicemente godersi nei momenti di pace e relax, si è trasformata in un ipnotico giocattolo pieno di sistemi tecnologici e sommerso dallo stress magnetico indotto dagli stessi.

Il futuro quindi dovrà cambiare, dovremo escludere la produzione di sostanze cancerogene e affidarsi a materiali più vivi e salubri, rivalutando le materie prime del nostro lontano passato, che ancora oggi nelle nostre città storiche ci insegnano il vero piacere di abitare. In questa direzione i "materiali futuri" che ben presto torneranno in auge nella vera Bioedilizia sono sicuramente la **terra cruda** e la **canapa**.

*Materiali usati da millenni, senza sorprese né controindicazioni.  
C'è poco da dire, ma tutto da scoprire.....*

## 8. La Meraviglia della Terra Cruda

### 8.1 Storia e cultura

L'Uomo ha cominciato a costruire i suoi rifugi utilizzando ciò che aveva a sua disposizione. I materiali utilizzati nelle architetture tradizionali sono quasi sempre gli stessi: il legno, la pietra e la terra. Con la semplicità di questi pochi elementi, ogni cultura è riuscita a creare la propria immagine architettonica, rispondendo ad esigenze strutturali, di vita quotidiana e spirituali.

In particolare la Terra Cruda come materiale da costruzione ha origini antichissime che si perdono nella leggenda: la torre di Babele (VII sec. a. C.), la muraglia cinese (III sec. a. C.), il muro di Adriano in Inghilterra (122 d. C.) ed intere città egiziane. L'attuale rinascita di questa tecnologia dimostra che la Terra Cruda è un materiale duraturo, che può ancora insegnarci tanto: basti pensare che attualmente circa un terzo della popolazione mondiale vive in case costruite in terra.

Un pregiudizio comune è che le costruzioni in terra siano una prerogativa delle case di campagna, del paesaggio rurale; in realtà tantissime città sono interamente costruite in terra compresi anche gli edifici pubblici e di culto. A conferma di ciò cito alcune delle testimonianze più conosciute, inserite nella lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO, quali: le moschee del Mali, le chiese di Lalibela in Etiopia, la città iraniana di Bam, le città dello Yemen (VI-VII sec. d. C.), i quartieri circolari di Fujian Tulou in Cina, l'Alhambra in Spagna e il centro storico di Evora in Portogallo.

Grazie alla semplicità nella lavorazione e alla sua facile reperibilità l'Uomo ha sempre fatto della terra un materiale privilegiato nell'architettura tradizionale, che può essere impiegato con tante modalità. La composizione del suolo, le condizioni climatiche, quelle geomorfologiche e storiche contribuiscono alla creazione di diverse tradizioni in fatto di costruzione in Terra Cruda. Le diverse applicazioni spaziano dalle pavimentazioni ai solai, dalle coperture alle pareti, sia portanti che di tamponamento, nonché dagli intonaci ai decori.

ARCHITECTURE DE TERRE DANS LE MONDE



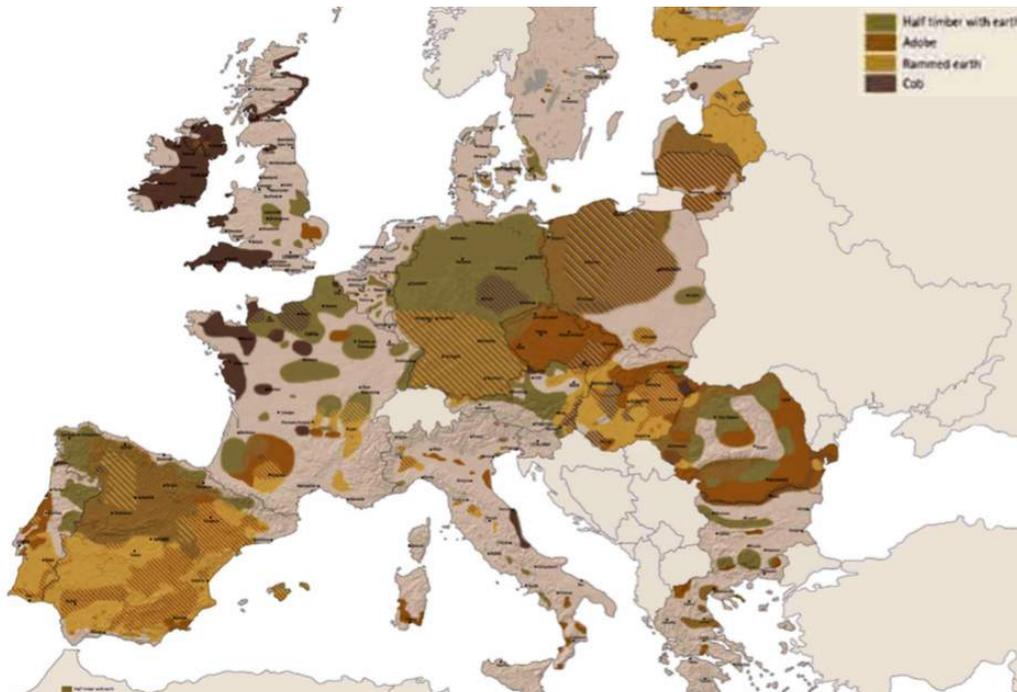
Come si può notare dal planisfero offerto da *CRAterre*, quando le caratteristiche del terreno ne permettono l'uso, l'argilla è stata nel campo edilizio la materia prima prediletta dall'umanità fin dalla notte dei tempi; inoltre più del 60% delle costruzioni si trovano in zone caratterizzate da una

sismicità medio-alta, ad esempio in zone a grande rischio come l'Iran, dove le costruzioni in terra hanno resistito meglio di altre arrivando a deformarsi ma quasi mai al crollo

Questo materiale rimane preponderante in quasi tutta l'Africa, il Medio Oriente e l'America Latina, è altrettanto abbondante in Cina e in India. In Europa, le costruzioni in terra si possono ritrovare in Svezia, Danimarca, Germania e nei paesi dell'Est, così come in Gran Bretagna, Spagna e Francia. Per quanto riguarda il nostro Paese, esso può passare a prima vista come privo di testimonianze sull'uso della Terra Cruda, ma grazie invece alle ricerche mirate di alcuni studiosi come O. Baldacci, R. Biasutti e E. Galdieri, è stato possibile colmare le lacune sulla conoscenza della cultura della Terra Cruda in Italia. Tra le varie tipologie costruttive di cui parlerò più avanti, si possono riconoscere aree di diffusione del *pisè* (o *terra battuta*) in Piemonte, Toscana ed Umbria, mentre altre costruzioni come il *Massone* e i *Ladiri* (*mattoni crudi, tecnica Adobe*) si trovano rispettivamente nelle regioni dell'Abruzzo, delle Marche e in Sardegna.

È quindi da sfatare il mito che le costruzioni in terra siano solo una prerogativa dei paesi del Sud del mondo. Nella mappa europea sviluppata dal gruppo "Terra Incognita" nel 2011, si possono, come già detto, ritrovare costruzioni in terra anche nel Nord, i cui climi sono prevalentemente freddi.

cartografia europea tracciata secondo l'eredità storica e vernacolare (edificata prima del 1970) che è ancora presente nel territorio.



Questo atlante, sebbene innovativo, è ancora un work in progress. Di conseguenza gli editori si aspettano che questa iniziativa sarà seguita da una nuova ricerca, laddove le informazioni sono mancanti o incomplete.

Gli organismi riconosciuti a livello internazionale per la ricerca scientifica sulle costruzioni in terra sono più di uno:

Attiva dagli anni '70 l'**ICOMOS-ISCEAH** (*International Council On Monuments and Sites - International Scientific Committee Earthen Architecture Heritage*) riunisce le pratiche e le conoscenze sul patrimonio architettonico in terra e promuove la ricerca scientifica e lo scambio di conoscenze tra soggetti che hanno un ruolo importante nella pratica della Terra Cruda, in una rete che include studiosi, archeologi, architetti e artigiani di tutto il mondo.

**CRATerre**, con base a Grenoble, è una delle prime organizzazioni che si è occupata di diffondere questo tipo di architettura. Una pietra miliare del suo percorso di ricerca è il progetto urbanistico di *Villefontaine*, un quartiere popolare concepito negli anni '80, vicino a Lione. L'esperienza/laboratorio in vasta scala, aveva l'intento di innovare la tecnica tradizionale attraverso il confronto con le nuove possibilità portate dalla modernità.

Sempre in Europa il progetto **Terra-Incognita** 2006-2007 ha creato un inventario costruito su 27 Paesi, aggiungendo un ulteriore tassello alla conoscenza del patrimonio delle costruzioni in terra.

In Italia esiste l'Associazione "**Città della Terra Cruda**" nata in Sardegna, che dal 2001 riunisce Comuni, Province e Associazioni che condividono una tradizione di costruzione in terra. Gli obiettivi sono quelli di "recuperare e rilanciare la cultura della Terra Cruda e diffondere i valori del modello di vita e di organizzazione sociale ed economica proprio dei territori che a questa cultura appartengono".

Data la grande tradizione di questo tipo di costruzioni, sono molto attive anche le Università e i Centri di Ricerca nazionali: in Italia col tempo sono emersi gruppi di ricerca come ARCH-TERRA (Università di Cagliari), GRUPPO TERRA (Politecnico di Milano), dell'ICCROM, del C.N.R, del I.C.R.(Istituto Centrale di Restauro), altre come il Politecnico di Torino e le opere redatte del professor R. Mattone, l'Università di Genova, quella di Firenze che da oltre 20 anni fanno ricerche e indagini sul comportamento fisico-meccanico sia del materiale terra che degli elementi strutturali, dalle associazioni come MATTONE SU MATTONE a Torino ai Comuni e Province italiane. Importante citare il capitolo conclusivo "*Appunti sulla situazione della terra cruda in Italia, passato, presente, futuro*" a firma di Gianni Scudo, Barbara Narici, Eugenio Galdieri, perché delinea il primo quadro aggiornato sulla realtà della Terra Cruda in Italia, e la sua messa in relazione con il panorama internazionale.

La Terra Cruda è stata per lunghi decenni oggetto di una forte campagna di denigrazione, vissuta in verità in tutto il mondo, come per tutti i materiali e le lavorazioni tradizionali. Ma se l'architettura in pietra e quella in legno vengono ancora riconosciute ed apprezzate, altrettanto non accade per l'architettura in Terra Cruda. Eppure sono ancora vivi i centri urbani costruiti in terra, ed i paesaggi della Terra Cruda caratterizzano ancora molte delle nostre regioni.

E' un effetto causato senza dubbio dalla pressione esercitata negli anni del boom economico a favore di altri materiali edilizi, il cemento armato in primo luogo, che hanno di fatto diffusamente sradicato, e non solo in Italia, i materiali costruttivi delle tradizioni storiche. Da quel periodo di abbandono del materiale la riscoperta della sua architettura e tecnologia, in Europa ed in Italia, è avvenuta proprio da questi scambi di ricerche, studi ed esperienze costruttive di ricercatori, progettisti e docenti universitari. Tra gli eventi determinanti per la riscoperta di questa tecnica, i primi tra tutti sono i convegni internazionali che si sono tenuti a partire dal 1972 sino ai nostri giorni sulla storia e la conservazione dell'architettura di terra. Il cuore europeo di questa riscoperta è la Francia, dove nel 1979, presso la scuola di Architettura di Grenoble, nasce la citata CRATerre (centro di ricerca sulla costruzione in terra) associazione incaricata dal governo di definire un vasto programma di ricerca e sperimentazione riguardante lo stato dell'arte e il futuro delle costruzioni in terra.

Nel 1981 il Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou (situato nel Beaubourg) organizzò una grande mostra internazionale avente per tema "Passato, presente e futuro dell'architettura in terra": questa mostra rappresentò la vetrina sull'intera Europa del rinnovato interesse per questa modalità costruttiva.

Tappa importante della riscoperta è poi la firma nel 2001 dell'impegno dell'UNESCO per accelerare la diffusione, in seno alla comunità internazionale, delle conoscenze scientifiche e tecniche sull'architettura di terra in tre ambiti prevalenti: l'Ambiente, l'Economia e la Produzione.

Oggi tra le varie organizzazioni che sono nate e che continuano a lavorare in questo campo tramite progetti, ricerche, workshop e altro, non si può far a meno di valutare la potenzialità di questo materiale, a maggior ragione considerando gli argomenti attuali di sostenibilità, risparmio

energetico, filosofia del ciclo di vita (LCA) e tutti gli altri temi che nei capitoli precedenti della tesi ho parlato.

Nonostante esistano molte Province in Italia tra cui il Piemonte e la Sardegna che vantano un patrimonio storico-architettonico in Terra Cruda più consistente è ricco d'Italia, la Normativa italiana non la riconosce pienamente come materiale da costruzione, unico riferimento è la Legge del 24 dicembre 2003, n.378 che ha come scopo quello di salvaguardare e valorizzare le tipologie di architettura rurale.

La verità è che non ci sono motivi per non accettare questo nuovo tipo di costruzioni nel nostro Paese, basterebbe guardarsi intorno. Gli spunti normativi possono venire da Paesi già dotati di un manuale governativo delle strutture in Terra Cruda, come: l'*Uniform Building Code Standards*, degli anni '40, negli Stati Uniti; i manuali ufficiali, *Blocs de terre comprimée*, REEF DTC 2001, del 1945, in Francia; i *Lehmbau Regeln* in Germania; il *Reglamento Nacional de Construcciones – Norma Técnica de edificación NTE E.80 ADOBE*, del Perù; il *New Mexico State Building Code*, del 2006; oppure il codice della Nuova Zelanda, *NZ Code*, forse uno tra i più completi attualmente, che consta di tre documenti correlati, gli *Earth Building Standards*, emanati a fine anni '90 e molto simili alla nostra Normativa in quanto si rifanno alla teoria degli stati limite per la verifica delle murature.

A titolo informativo;

*ho un permesso di costruire: posso usare la Terra Cruda come materiale da costruzione in Italia?*

Dipende! Le Norme tecniche per le costruzioni stabiliscono come e con quali materiali si debbano costruire le strutture portanti. Potete costruire la struttura portante solo con un materiale ammesso dalle Norme (acciaio, calcestruzzo, legno, muratura) oppure chiedere un'autorizzazione al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (tanto per capirci, sarebbe più facile costruire la casa da soli, su di un piede solo e con gli occhi bendati). Nessuna Norma impedisce di usare la Terra Cruda per intonaci, pavimenti o elementi non strutturali. Volendo si possono costruire tutte le murature (non portanti) in Terra Cruda ma va ricordato che un muro in Terra Cruda è molto pesante, e questo significa che in caso di sisma si svilupperanno delle forze notevoli che dovranno essere assorbite dalla struttura portante, soluzioni possibili con una idonea progettazione.

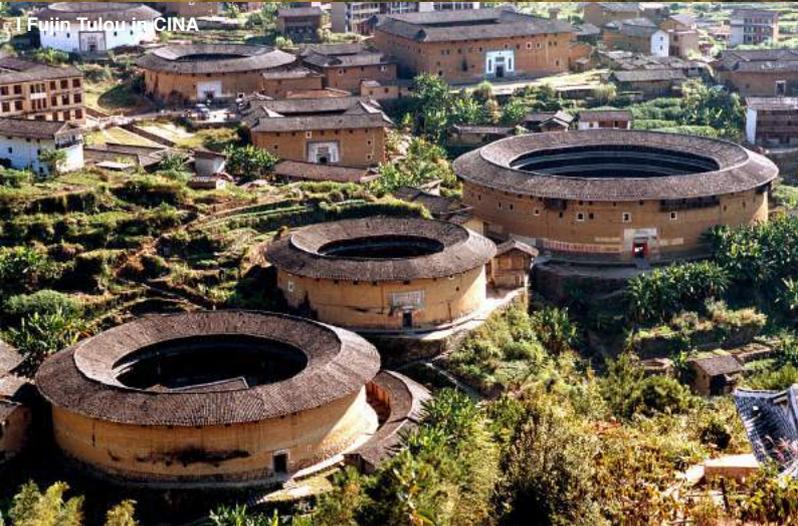
Antica Babilonia IRAQ



Grande Moschea Djenne MALI



I Fujian Tulou in CINA



Forte di Mairān ARABIA SAUDITA



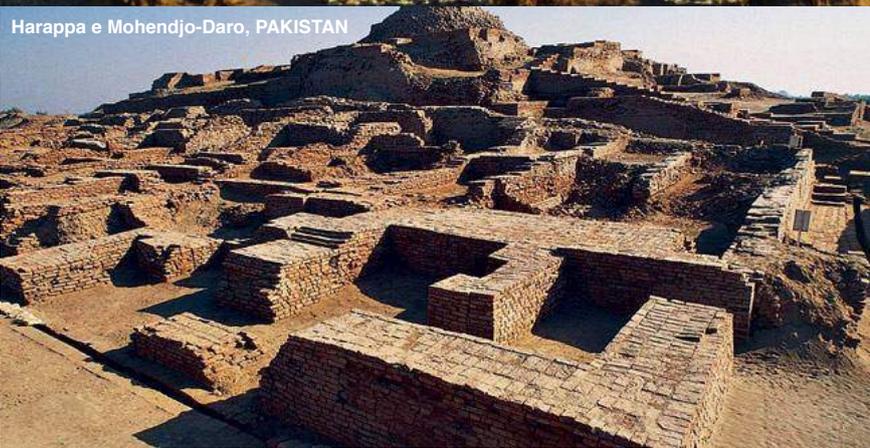
I Kasbah Benhaddou MAROCCO



Resti della grande Stupa costruito nel V-VII secolo d.C. nell'antica città di Jiāohé CINA

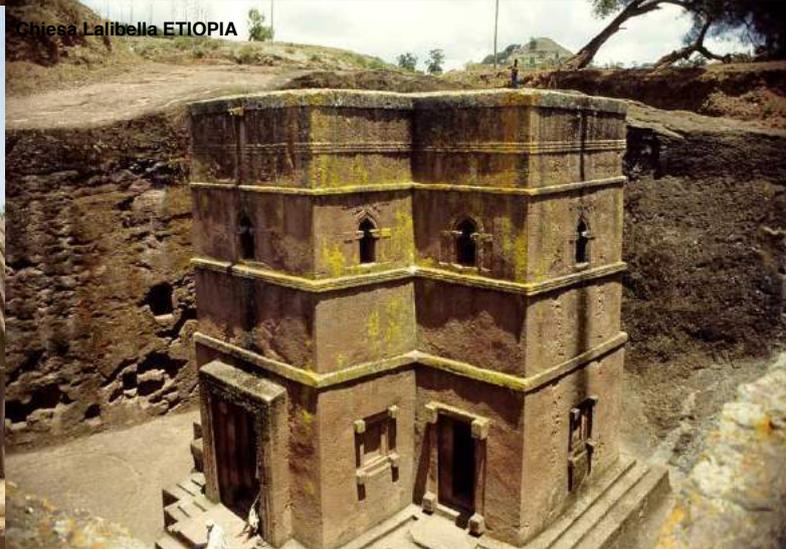


Harappa e Mohendjo-Daro, PAKISTAN



Ghadames, LIBIA





## 8.2 Requisiti e prestazioni

Costruire in Terra Cruda oggi offre numerosi vantaggi: l'economia, il basso impatto ambientale e la salubrità degli ambienti sono solo alcuni tra i più evidenti. Di seguito elenco le qualità, i limiti e le prestazioni della Terra Cruda:

### *Energia & Riciclabilità*

Produrre con Terra cruda non richiede grandi quantità di energia, poiché non è necessaria un'industrializzazione pesante alla base del processo produttivo e i materiali principali utilizzati in cantiere provengono dal luogo di progetto stesso, incentivando un' "architettura a km 0". È stato calcolato che nella costruzione di una casa monofamiliare di 100m<sup>2</sup> con argilla cruda al posto di mattoni cotti, s'immettono nell'atmosfera ben 20 tonnellate di CO<sub>2</sub> in meno. Considerando l'impatto del ciclo di vita (LCA), l'argilla è un materiale che fin dalla sua estrazione, produzione, ma anche nell'impiego e alla fine nel suo smaltimento può essere valutato pienamente come materiale ecocompatibile. Inoltre la terra non diventerà mai un rifiuto, può essere totalmente riciclabile e reversibile, a meno che non venga stabilizzata con prodotti chimici: se un edificio in terra viene abbandonato ritornerà pian piano al suo stato iniziale prima della compattazione da parte dell'Uomo.

### *Economicità*

Il materiale terra raramente si compra o si trasporta e questo fa calare i costi di cantiere. Si presta dunque all'autoproduzione e la casa viene a costare circa il 30% in meno. Il tempo per costruire è inferiore ad altre tecniche quali il calcestruzzo e il mattone, con riduzione della manodopera e dunque del prezzo complessivo.

### *Durabilità*

La sua attaccabilità dagli agenti atmosferici, e in particolare dall'acqua, alimenta le critiche di chi vede nella Terra Cruda un materiale poco durevole. In realtà la sua durata nel tempo è sottovalutata: la terra ha una durabilità sorprendente, che ha permesso di far arrivare sino ai giorni nostri la testimonianza architettonica della Terra Cruda. A differenza degli altri materiali da costruzione non subisce degradazioni particolari, anzi più passa il tempo, maggiori sono le sue proprietà, tant'è che edifici vecchi di secoli, costruiti in terra battuta paiono ormai resistenti e duri come la pietra. Cointeraux cercava di convincere i suoi contemporanei con questi argomenti; egli si era imbattuto nella tecnica durante la ristrutturazione di un edificio rurale vecchio un secolo, aveva scoperto che i muri erano fatti in terra ed erano totalmente ignifughi. Il fuoco infatti, non solo non attacca i muri in terra ma li fortifica, cuocendoli.

Come sottolinea L. Fontaine nel suo libro *Batir en Terre*, la terra è un materiale che non solo non peggiora, ma anzi migliora con il passare del tempo: il legno marcisce, il ferro si arrugginisce, il cemento subisce carbonatazione mentre la terra, se ben protetta dall'acqua, può resistere anni, anzi millenni.

Anche il nostro buon E. Galdieri afferma che la base del problema "*sta un insieme di fattori eterogenei, il cui mutuo e variabile comporsi può determinare la rapida fine di un edificio o la sua incredibile sopravvivenza nei secoli*" (1982).

### *Acqua*

L'acqua è la causa dei maggiori problemi di degradazione di un edificio in Terra Cruda ed è per questo necessario prendere le dovute precauzioni al fine di preservarne la durabilità nel tempo. Sono tre le condizioni più pericolose: presenza dell'acqua sulla superficie dell'edificio, presenza di aperture che permettono l'ingresso dell'acqua, azione di una forza (pressione, gravità o capillarità)

che ne facilita la penetrazione. Le parti più colpite dalle patologie umide sono le fondazioni, i basamenti e le chiusure esterne. Tali patologie umide potrebbero essere evitate ricorrendo alle pratiche della costruzione a regola d'arte.

Per proteggere le pareti dalla risalita capillare, si costruiscono i muri in *pisè* (o *adobe*) sopra un basamento ben collaudato in fase progettuale. Una ricerca di *Mariana Correia*, sulla Taipa nel sud del Portogallo, esamina anche la variazione delle misure del basamento che dipende sia dal tipo di terra che viene utilizzata, sia dalla piovosità della zona in cui è inserito l'edificio: descrive esempi di edifici che non ne presentano e altri con un basamento che varia da un minimo di 30 cm sino ad uno massimo di 2 m. Il basamento è tradizionalmente fatto in pietra o mattoni o da una combinazione dei due. Attualmente possono essere fatti in pietra e cemento.

La soluzione tradizionale per la protezione dall'acqua piovana consiste nel far sporgere le coperture e proteggere con l'intonaco almeno le aperture e gli angoli. L'intonaco deve inoltre garantire una buona protezione ai sali solubili igroscopici (principalmente cloridi, solfati e nitrati). Questi infatti, a contatto con l'acqua migrano nella parte superficiale della parete, causando rigonfiamenti e distacco di intonaco. L'intonaco deve essere scelto con cura, compatibile con il muro di terra e abbastanza poroso da permettere piccole espansioni senza rischi di degrado.

### *Sismi*

Si è già detto come le aree di maggiore diffusione del crudo siano caratterizzate da un'alta sismicità.

Dall'esito dei terremoti che si sono abbattuti sulle costruzioni in terra negli ultimi tre secoli, documentati dai diari dei viaggiatori del passato, è possibile affermare che le costruzioni in terra, rispetto ad un sisma, non si comportano in modo peggiore di quelle realizzate con gli altri materiali tradizionali e questo sia per la notevole duttilità del materiale che per gli accorgimenti tecnici adoperati. Eppure nell'idea comune la terra continua ad essere vista come un materiale estremamente vulnerabile, non smette di ricordare i castelli di sabbia costruiti in riva al mare pronti ad esser cancellati dalla prima ondata.

Diverse sono state le sperimentazioni tese a valutare le prestazioni meccaniche delle pareti in terra svolte negli anni dai vari Istituti, Università e Centri di Ricerca: la presenza, ancora oggi, di edifici in terra risalente a milioni di anni fa, non fanno altro che confortare questa tesi. Sembra che i costruttori antichi sapessero ben proporzionare lo spessore, l'altezza e le fondazioni di queste costruzioni ed addirittura calcolare peso e resistenza dei mattoni in rapporto alle dimensioni.

*"I diversi rapporti tecnici, sostenuti ovviamente da precisi dati statistici, sono concordi nell'ammettere che già a poca distanza dalla zona megasismica, gli effetti distruttivi sulle strutture in crudo si attenuano rapidamente. Il fatto indica senza ombra di dubbio una straordinaria capacità di assorbimento delle scosse sia sussultorie che ondulatorie, certamente maggiore che in analoghi edifici più rigidi e meglio costruiti". (Galdieri E., 1982)*

Il Portogallo è una zona altamente sismica e la maggior parte delle case tradizionali sono costruite in terra. Le testimonianze affermano che molte case in terra hanno resistito al forte terremoto che colpì il Portogallo nel 1755. L'arch. *Henrique Schreck* ha messo in luce che in Alentejo solo pochi edifici hanno subito danni ingenti e furono gli edifici che non rispettavano le "regole" di una buona casa in terra, in primis l'altezza dell'edificio che non deve essere superiore ad uno o due piani (strutture leggere); furono infatti le cappelle o le chiese dei villaggi ad avere cedimenti strutturali nelle parti più esposte strutturalmente (i campanili).

*Gernot Minke*, nel suo manuale (Construction manual for earthquake-resistant houses built of earth, GTZ, Eschborn, 2001), dimostra come le probabilità di collasso in caso di sisma possano essere notevolmente ridotte grazie ad alcuni accorgimenti in fase progettuale.

L'accumulo di conoscenze ha permesso che venissero tacitamente osservate delle regole utili ad aumentare la resistenza ai sismi.

## Acustica

L'elevata massa delle pareti permette un ottimo isolamento acustico dell'intero involucro edilizio, la Terra Cruda essendo un materiale "elastico" assorbe i rumori interni impedendo agli stessi di passare all'interno della costruzione. Anche la scelta di realizzare pareti divisorie intonacate con la terra offre ottimi risultati di abbattimento acustico.

## Comportamento termico-igrometrico

La Terra Cruda risponde termicamente in maniera eccellente. grazie alla sua Capacità termica si rende particolarmente adatta in Paesi dove vi è una grande variazione di temperatura tra il giorno e la notte. Assorbe, infatti, il calore durante il giorno e lo distribuisce con un notevole sfasamento orario e con temperature costanti durante la notte. Inoltre, la parete attiva un meccanismo di liberazione/assorbimento dell'umidità dell'aria in funzione delle differenze igrometriche tra la parete e l'atmosfera, impedisce dunque la formazione di condensa mantenendo un costante grado di umidità dell'aria intorno al 50%, ideale per l'Uomo. Proprietà fondamentale oggi conosciuta con il nome di moisture buffering. L'effetto "tampone" igroscopico capace di aumentare in modo sensazionale il comfort domestico e favorire notevolmente il risparmio energetico. Le pareti garantiscono questo scambio regolatore, che avviene soprattutto nei primi 2 cm della parete interna dell'abitazione.

Di seguito il monitoraggio di un edificio in Terra Cruda:

con il **Politecnico di Torino**, i professori **R.Mattone, G.Pasero e V.Serra**, si è realizzato nel 2007/2008 il monitoraggio con *datalogger*, di un cascinetto in terra battuta a San Giuliano Vecchio in Alessandria, allo scopo di rilevare dati relativi alle variazioni di temperatura e umidità relativa interna degli ambienti, nella stagione estiva e invernale.

I dati climatici raccolti, una volta elaborati, hanno dimostrato come la generale sensazione di *comfort* da sempre sostenuta da chi vive in queste case sia un dato scientifico.

Infatti, nonostante le misure siano state effettuate su un edificio disabitato e in condizioni sfavorevoli, con porte e finestre non a tenuta, con vetri singoli e bocca del camino semichiuso da un pannello in legno, i risultati sono stati di rilievo.

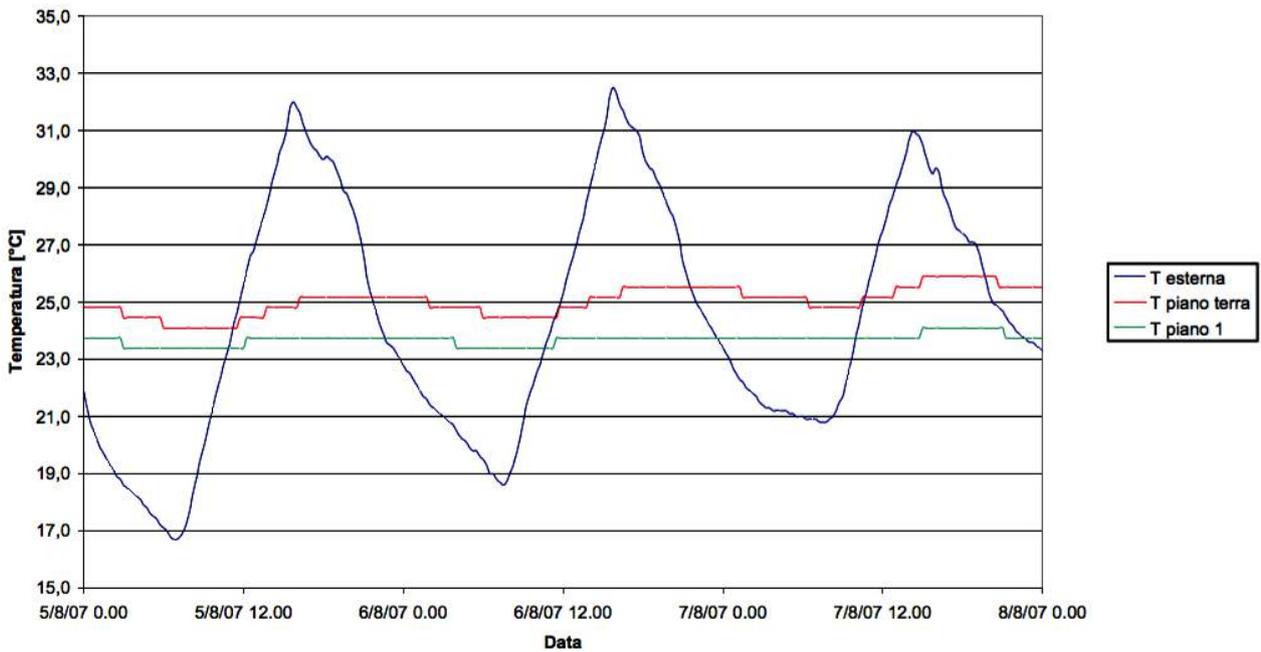
Nel periodo estivo, l'andamento delle temperature si è dimostrato costante tra i 25°C e i 26°C, a fronte dell'oscillazione delle temperature esterne diurna e notturna.

I valori registrati si sono rivelati in perfetta armonia con la normativa, verificandone le condizioni ottimali di *comfort* e dunque, permettendo agli occupanti un decisivo risparmio nei consumi per il raffrescamento degli ambienti.

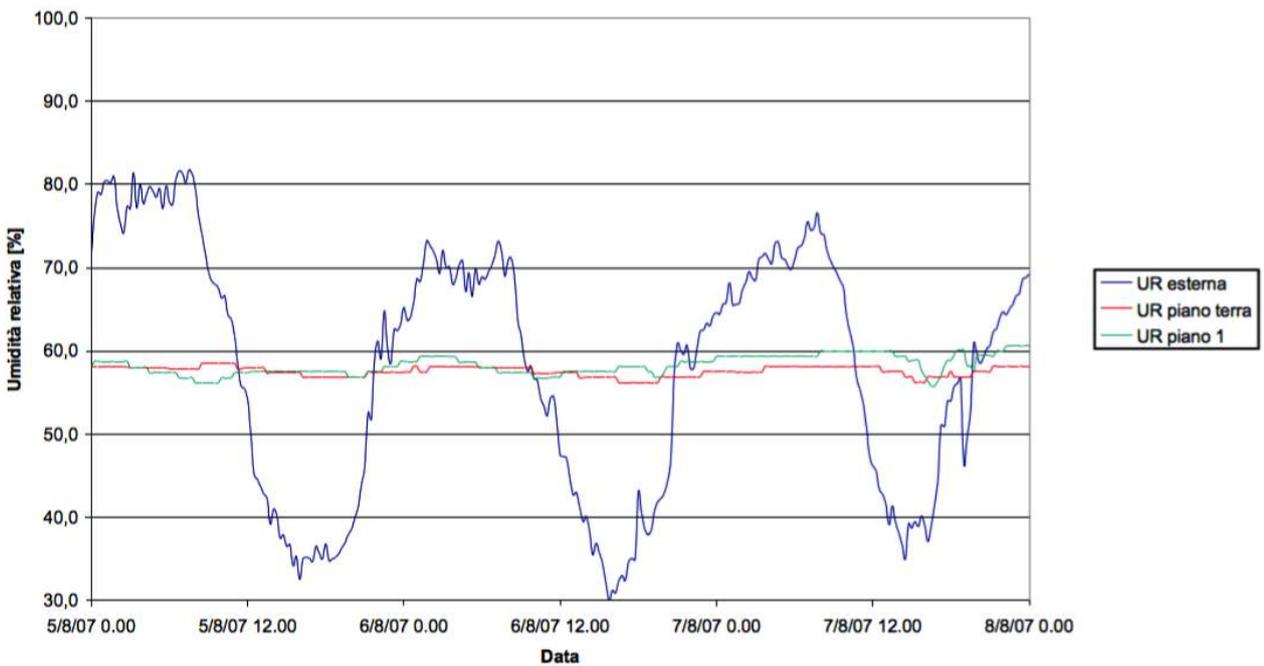
Anche i valori di umidità relativa sono rimasti costanti intorno al 60%, situazione ancora una volta ottimale per il *comfort* degli occupanti.



### ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE



### ANDAMENTO DELL'UMIDITA' RELATIVA



### Radiazioni elettromagnetiche

Una casa in terra è anche un impareggiabile schermo isolante dalle onde elettromagnetiche. Al giorno d'oggi le radiazioni a cui siamo esposti quotidianamente sono fortemente nocive come già spiegato nell'approfondimento della sezione Inquinamento indoor. Di conseguenza sempre più persone richiedono l'utilizzo di materiali che ne diminuiscano la presenza in ambienti domestici. Cito una delle varie testimonianze in merito agli studi fatti da G. Minke: *“Un muro normale fatto di mattoni forati ha un assorbimento basso su tutta la gamma. L'assorbimento di un muro di terra, se osserviamo invece un'onda alla frequenza di 2GHz (all'incirca la frequenza usata per la telefonia*

*mobile) è invece superiore al 99%. Un tetto verde come quello di casa mia, con uno strato di 15 cm ed uno strato vegetativo sopra, posto in opera su uno strato di blocchi di adobe fornisce un assorbimento del 99,999%. Se una tale casa non avesse porte e finestre sarebbe impossibile usare il cellulare.”*

In un suo progetto in mattoni di terra con tetto verde è riuscito ad avere una protezione del 99,6%, soddisfacendo così il cliente che aveva espresso il desiderio di una protezione totale dalle onde elettromagnetiche.

### *Salubrità*

L'argilla, se opportunamente trattata con altri materiali naturali, è un materiale che non emette sostanze nocive, usualmente presenti negli ambienti interni delle case contemporanee. Essa ha la capacità di purificare l'aria in modo del tutto naturale, perchè assorbendo il vapore trasporta con se anche le molecole inquinanti collegate. Le pareti in Terra Cruda, respirano attivamente, producendo una traspirazione attraverso i pori (diffusione = passaggio non convettivo di gas e fluidi). Questa caratteristica è chiamata "*terza pelle*" ovvero sussegue a quella umana e agli indumenti.

Inoltre l'argilla è in grado come già detto di assorbire il vapore acqueo, quindi funge da filtro naturale purificando l'aria ed eliminando anche gli odori.

### *Comportamento fisico-meccanico*

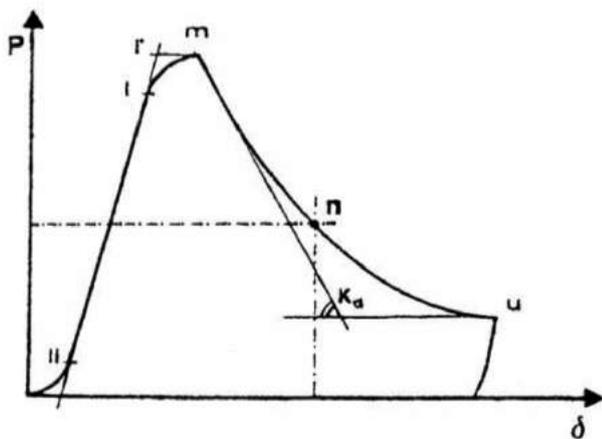
La caratterizzazione meccanica degli elementi in terra è legata a talmente tante variabili che risulta quasi impossibile stabilire un valore di riferimento universalmente valido. Innanzitutto il comportamento strutturale del manufatto è fortemente influenzato dalla natura della terra e soprattutto dalla quantità e qualità dell'argilla in essa contenuta: l'argilla funge da legante, dona coesione all'impasto, ne favorisce l'amalgamazione e la continuità, ma, contemporaneamente un eccessivo tenore di argilla genera fessurazioni in fase di essiccazione e quindi fa calare le prestazioni del prodotto finale. Inoltre la presenza o meno dei diversi inerti, l'assortimento granulometrico e il contenuto di acqua dell'impasto, provocano variazioni sensibili sui valori significativi delle caratteristiche meccaniche, quali la resistenza, il modulo elastico e la duttilità.

A ciò si aggiunge la tecnica costruttiva: a seconda che siano pareti in *adobe*, in *pisè* o in *bouge* il comportamento globale della struttura è diverso, influenzato proprio dall'interconnessione tra le varie parti che costituiscono il pannello e dalla sua omogeneità. Le ricerche svolte testimoniano però che è possibile raggiungere un buon livello di approssimazione sia nella determinazione dei valori da assegnare alle caratteristiche meccaniche che nella definizione qualitativa del comportamento meccanico dei materiali.

In tal senso è molto interessante la ricerca condotta dalla Professoressa *Silvia Briccoli Bati* presso l'Università di Firenze.

L'indagine era volta a determinare il comportamento meccanico delle costruzioni in terra presenti in tre aree di grande diffusione della terra in Italia: la Sardegna con i *ladiri*, il Piemonte con il *pisè* e la Calabria con le *brestare*. I provini sono stati in parte realizzati con materiali prelevati dalle costruzioni esistenti ed in parte ex-novo utilizzando terra locale e riproducendo lo stesso impasto. In mancanza di una normativa specifica, le prove sono state eseguite seguendo i dettami per gli altri materiali da costruzione. Sono state eseguite prove di trazione e compressione monoassiale monotone, e cicliche finalizzate alla individuazione delle caratteristiche meccaniche utili alla valutazione delle capacità portanti delle strutture in terra.

Innanzitutto si sono determinati i valori di resistenza, a trazione e a compressione ed i corrispondenti moduli elastici. I diagrammi carico-spostamento (P- $\delta$ ) registrati durante le prove presentano caratteristiche comuni che sono state rappresentate in un diagramma tipo.



I punti caratteristici sono:

- **li** = punto in cui inizia il tratto che, con buona approssimazione, può essere considerato lineare;
- **l** = limite di linearità cui si attribuisce anche il significato di limite di elasticità ai fini del calcolo degli indici di duttilità;
- **l'** = punto ottenuto per prolungamento della retta li-l e l'orizzontale condotta dal punto di carico massimo; la sua ascissa rappresenta lo spostamento elastico a rottura;
- **m** = punto in cui il diagramma raggiunge la massima ordinata (carico di picco);
- **n** = è limite di assestamento e rappresenta il punto in cui il percorso di equilibrio post picco linearizzato si appiattisce dopo la prima caduta;
- **u** = punto ultimo.

In base a questi ultimi due punti (n, u) sono state calcolate alcune grandezze derivate che rappresentano i parametri meccanici più significativi per descrivere il comportamento del materiale.

*“Più precisamente sul percorso di equilibrio è possibile individuare un tratto iniziale non lineare dovuto probabilmente al modificarsi del contatto tra piatti e campione; ad esso segue un tratto che si può con buona approssimazione, considerare lineare e sul quale viene calcolata la rigidezza tangente.” (Briccoli Bati S., 2001)*

Lo stato fessurativo finale è caratterizzato da fratture ad andamento parallelo alla direzione di carico, a testimonianza della pressoché inesistente resistenza a trazione del materiale e della sua conseguente incapacità di diffondere le tensioni all'interno del volume. Circostanza questa che si evidenzia con prove in cui la superficie caricata è ridotta rispetto alla dimensione globale della faccia del profilo: le lesioni, dovute alla differenza di stato di tensione e quindi di deformazione tra le due parti, si manifestano all'interfaccia tra la zona caricata e quella scarica. Questo fenomeno giustifica molte delle fratture che è possibile osservare nelle costruzioni in Terra Cruda o anche in muratura soprattutto in corrispondenza delle zone d'appoggio delle travi. I valori di resistenza a compressione si sono attestati intorno ai 4-7 N/cm<sup>2</sup> ben al di sotto di quelli dei mattoni cotti (18-20 N/cm<sup>2</sup>), ma ciò corrisponde una maggiore duttilità, il che va a vantaggio di sicurezza nel caso di costruzioni in zona sismica.

La testimonianza delle opere in Terra Cruda che oggi possiamo ammirare ci fa capire come già all'epoca questo materiale veniva adattato alle diverse condizioni ambientali sfruttando l'enorme ingegno per migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche della terra. Questo poteva avvenire grazie alle tante sperimentazioni e pratiche manuali direttamente nel luogo stesso in cui sorgevano le costruzioni abitative.

La stabilizzazione quindi delle terre, era già conosciuto all'epoca in cui tramite la compattazione manuale, l'attenta correzione granulometrica e l'utilizzo di fibre naturali come la paglia erano utili per migliorare le prestazioni globali.

Ancora oggi per affinare l'argilla si adottano gli stessi criteri fino ad arrivare all'Argilla Composita. Essa oltre a migliorare la resistenza meccanica, migliora anche la resistenza all'acqua ed al gelo, condizioni di elevata sensibilità del materiale.

Nella tabella a seguire, tratta dal libro “Costruire con la terra”, sono riassunte le caratteristiche fisiche e meccaniche risultate da varie ricerche scientifiche sul tema:

Caratteristiche	Valore	Note	Fonte
Peso specifico	1800 — 2100 kg/mc		
Calore specifico	1 (kJ /kg K)	Per 2000 kg/mc	Sia, 1994, p.30
Capacità di accumulo (c)	1800/2100 KJ/mcK		
Coefficiente di conduttività termica	0,91 — 1,13 (W/mK)	Per 1700-2200 kg/mc	CRATerre, 1989, p.148
	0,95 (W/mK)	Per 2000 kg/mc	Sia, 1994, p.30
	0,93 (W/mK)	Per 2000 kg/mc	DIN 18 953
Coefficiente di sfasamento	10-12 h		CRATerre, 1989, p.155
Coefficiente di abbattimento acustico	60 dB	Per un muro di 20 cm a 500 Hz	CRATerre, 1989, p.148
	50 dB	Per un muro di 40 cm a 500 Hz	CRATerre, 1989, p.148
Coefficiente di permeabilità al vapore $\mu$	10-11	Per 2000 kg/mc; 20°C e 60% U.z.	Sia, 1994, p.28
Coefficiente di diffusività del vapore	0,07-0,06 (mq/m h Pa)	Per 2000 kg/mc	Sia, 1994, p.28
Resistenza al fuoco (F)	F 180	Per 2000 kg/mc e 25 cm di spessore	Sia, 1994, p. 33
	F 120	Per 2000 kg/mc e 15 cm di spessore	Sia, 1994, p. 33
	F 90	Per 2000 kg/mc e 12,5 cm di spessore	Sia, 1994, p. 33

Caratteristiche	Valore	Note	Fonte
Resistenza a compressione	1,8 N/mm <sup>2</sup>		Minke, 1965
	2-5 N/mm <sup>2</sup>	Per terra secca dopo 28 giorni, + 40% prima di un anno, + 50% prima di due anni. Prova a barretta su pisé compresso a 90-95% Proctor Standard	CRATerre, 1989, p.148
	0-5 N/mm <sup>2</sup>	Per terra umida dopo 28 giorni (24 ore.). Previa vedi sopra.	CRATerre, 1989, p. 148
	3 N/mm <sup>2</sup>	Per 1900 kg/mc	DIN 18 954
	4 N/mm <sup>2</sup>	Per 2200 kg/mc	DIN 18 954
Resistenza a trazione	8 N/mm <sup>2</sup>	Per pisé stabilizzato con cemento (Terrastone)	S.S.B., 1995, p.110.
	0,5-1 N/mm <sup>2</sup>	Prova a barretta su pisé compresso a 90-95% Proctor Standard	CRATerre, 1989, p. 148
	1-2 N/mm <sup>2</sup>	Per terra secca a 28 giorni. Prova brasiliana	CRATerre, 1989, p. 148
Resistenza a flessione	0,5-1 N/mm <sup>2</sup>	Per terra secca a 28 giorni	CRATerre, 1989, p. 148

Ulteriori studi effettuati dall’Università di Cagliari esposti nel decimo seminario a titolo “Lo stato dell’arte della ricerca strutturale sulle architetture in terra” nel 2010, qui riportate le considerazioni finali:

- le caratteristiche meccaniche esibite dal materiale Terra Cruda sono analoghe a quelle di alcuni materiali lapidei, anch’essi usati da sempre per costruire i quali valgono rispettivamente, carico di rottura a trazione pari a 0,7-1 Mpa, carico di rottura a compressione pari a 3-7 MPa;
- il comportamento meccanico esibito dagli elementi strutturali realizzati in Terra Cruda è analogo a quello di elementi realizzati in materiali lapidei naturali od artificiali;
- i paramenti murari in mattoni di Terra Cruda presentano maggiore omogeneità rispetto a quelli in mattoni cotti e malta;
- i procedimenti di calcolo attualmente in uso per valutare le capacità portanti di strutture in muratura ordinaria, possono essere estesi a quelle costituite dal materiale Terra Cruda indipendentemente dalla tecnica costruttiva messa in atto;
- ogni intervento di consolidamento consiste nel ristabilire la continuità della compagine muraria semplicemente con apporto di materiale simile;
- per costruzioni di limitata altezza le strutture in *adobe* e *pisé* non danno luogo a problemi di natura statica;
- infatti il livello delle tensioni di esercizio alla base di edifici siffatti è dell’ordine di 0,2-0,3 MPa valore che risulta essere una piccola frazione delle tensioni di rottura;
- semmai, poiché per le normative vigenti, affinché un materiale da costruzione sia idoneo ad edificare, occorre che la sua resistenza caratteristica a compressione risulti maggiore o al limite uguale a 3,0 MPa, sarebbe auspicabile poter garantire in ogni caso, per un elemento in Terra Cruda, tale livello di prestazione;
- un tale risultato si può raggiungere solo se il processo produttivo è controllato e si fornisce sempre un prodotto di composizione e qualità costanti. Ciò presuppone la meccanizzazione ovvero industrializzazione delle varie fasi del processo produttivo, dalla scelta e preparazione dell’impasto fino alla essiccazione degli elementi.

Altrettante ricerche e sperimentazioni in laboratorio sono tutt’oggi nei vari riferimenti bibliografici di tutto il mondo.

### *Perché costruire in Terra Cruda oggi ?*

LA TERRA è un materiale bioedile con il quale è possibile costruire manufatti rispettosi della salute psico-fisica dell'Uomo, dell'Ambiente e della Tradizione Costruttiva.

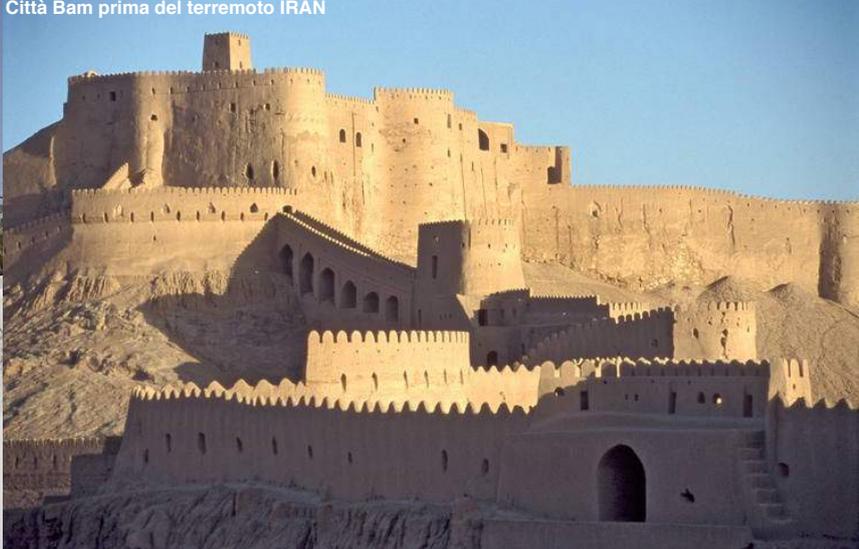
La Terra Cruda risponde perfettamente a tutti e tre questi valori.

Se pur come ogni materiale costruttivo ammette i suoi limiti come la non standardizzazione o la sensibilità all'acqua e al gelo, non si può paragonare a tutti gli aspetti positivi che mostra. Oltretutto questi limiti o se vogliamo chiamarli problemi sono tutti risolvibili da una attenta e sapiente progettazione tecnologica. Se necessita sicuramente di progettisti, tecnici e maestranze formate e preparate, il reale problema è la mancanza di un chiaro riferimento normativo su cui appoggiarsi in Italia, e la possibilità di un mercato, ossia di individuare delle tecnologie atualizzabili e di conseguenza "industrializzabili".

La vecchia città di Ghadames, LIBIA



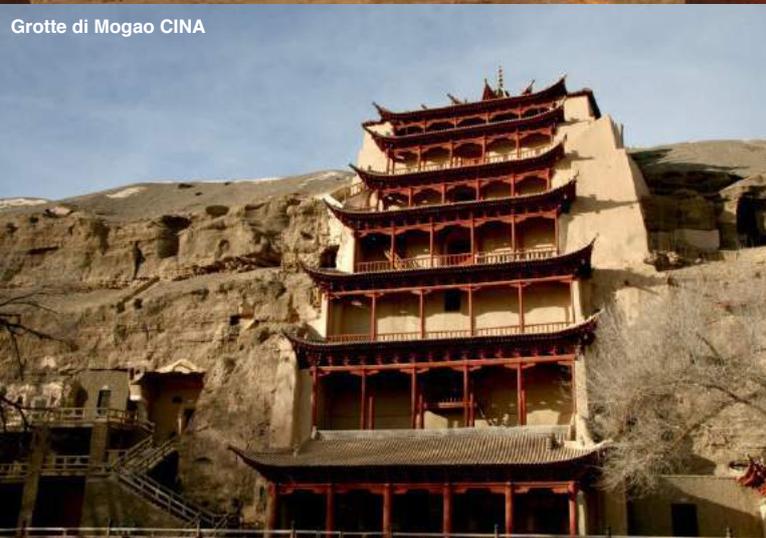
Città Bam prima del terremoto IRAN



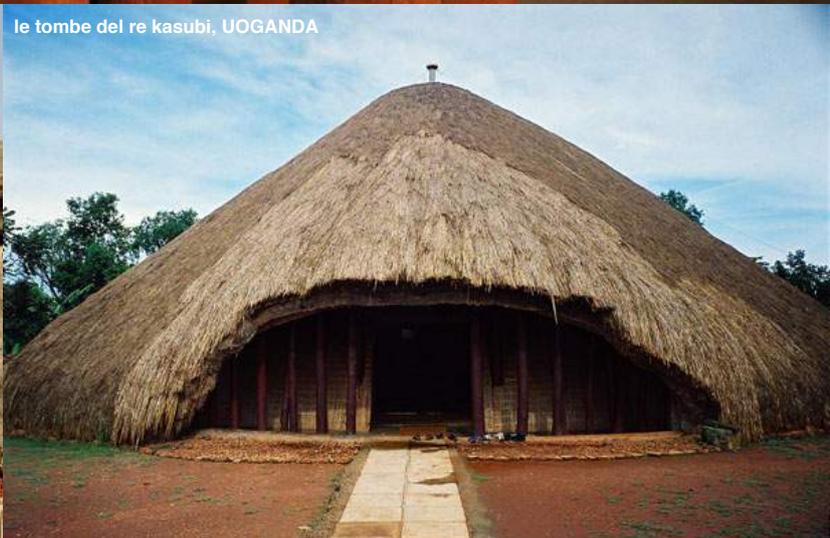
Case Kouïtammakou TOGO



Grotte di Mogao CINA



le tombe del re kasubi, UOGANDA



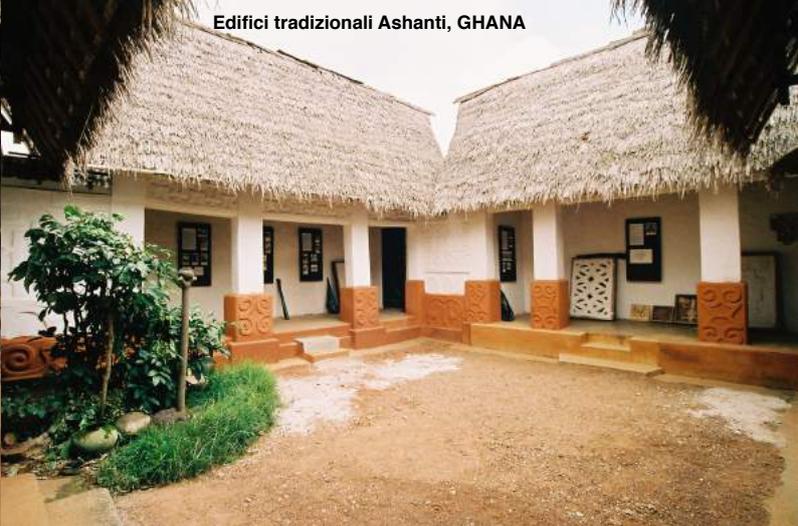
antichi villaggi di Shirakawa-go e Gokayama, GIAPPONE



Case tipiche decorate BURKINA FASO



Edifici tradizionali Ashanti, GHANA



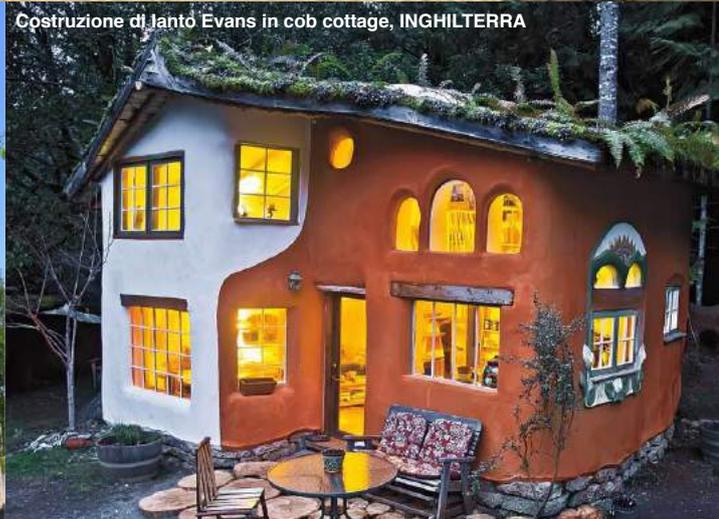
Architettura mudéjar d'Aragona, SPAGNA



Le ville medioevali della Provenza, FRANCIA



Costruzione di Jantó Evans in cob cottage, INGHILTERRA



I monumenti buddisti nell'aria del Horyn-ji, GIAPPONE



## 8.3 La Terra da costruzione

I fenomeni di pedogenesi e le successive trasformazioni e interazioni a cui può andare incontro un suolo, hanno dato vita a terreni molto differenti tra loro. Di conseguenza il fatto che la casa di terra sia fatta dallo stesso terreno in cui sorgerà, ha determinato la nascita delle diverse tecniche di costruzione.

Nell'analisi di una terra da costruzione gli elementi d'attenzione sono due: il legante e gli inerti.

Il legante di un terreno è l'argilla, la frazione più piccola derivante dal disgregamento di una roccia madre i cui frammenti sono trasportati generalmente attraverso l'acqua e dispersi lungo il cammino fino a formare dei depositi lacustri o marini. La particolare composizione molecolare dei fillosilicati (i cosiddetti minerali argillosi) genera una sostanza, l'argilla, che ha una notevole capacità di scambio cationico (CSC) e può inglobare molta acqua: ne risulta un materiale dall'elevata plasticità.

Gli aggregati, in parte derivati dalla stessa roccia madre da cui deriva l'argilla, in parte trasportati da altre origini, giocano un ruolo fondamentale nella struttura del terreno, costituendone lo scheletro.

La tabella sottostante mostra la distribuzione granulometrica degli elementi che compongono i suoli:

TERRE A GRANA GROSSA							TERRE A GRANA FINE	
CIOTTOLI (mm)	GHIAIA (mm)			SABBIA (mm)			LIMO (mm)	ARGILLA (mm)
	grossa	media	fine	grossa	media	fine		
> 60	60 - 20	20 - 6	6 - 2	2,0 - 0,6	0,6 - 0,2	0,2 - 0,06	0,06 - 0,002	< 0,002

Per riconoscere una terra adatta alla costruzione si procede prelevando un campione di terra al di sotto dello strato arabile, in genere circa 30 cm, questo è importante in quanto non devono essere presenti sostanze organiche putrescibili all'interno del composto.

Le analisi che si possono effettuare sono di due tipi: di laboratorio o "di cantiere".

Tra le tecniche di laboratorio si possono eseguire l'esame difrattometrico ai raggi X per conoscerne la composizione petrografica o l'esame dei limiti di Atterberg per determinarne l'indice di plasticità (solido, semisolido, plastico, liquido). Poiché la conoscenza di questi singoli valori non è sufficiente a stabilire la qualità di una terra per costruzione, in Germania è stato messo a punto un esame che analizza la capacità legante della terra nel suo insieme. Si tratta di una prova meccanica in cui un disco in terra di determinate dimensioni è caricato fino al punto di rottura.

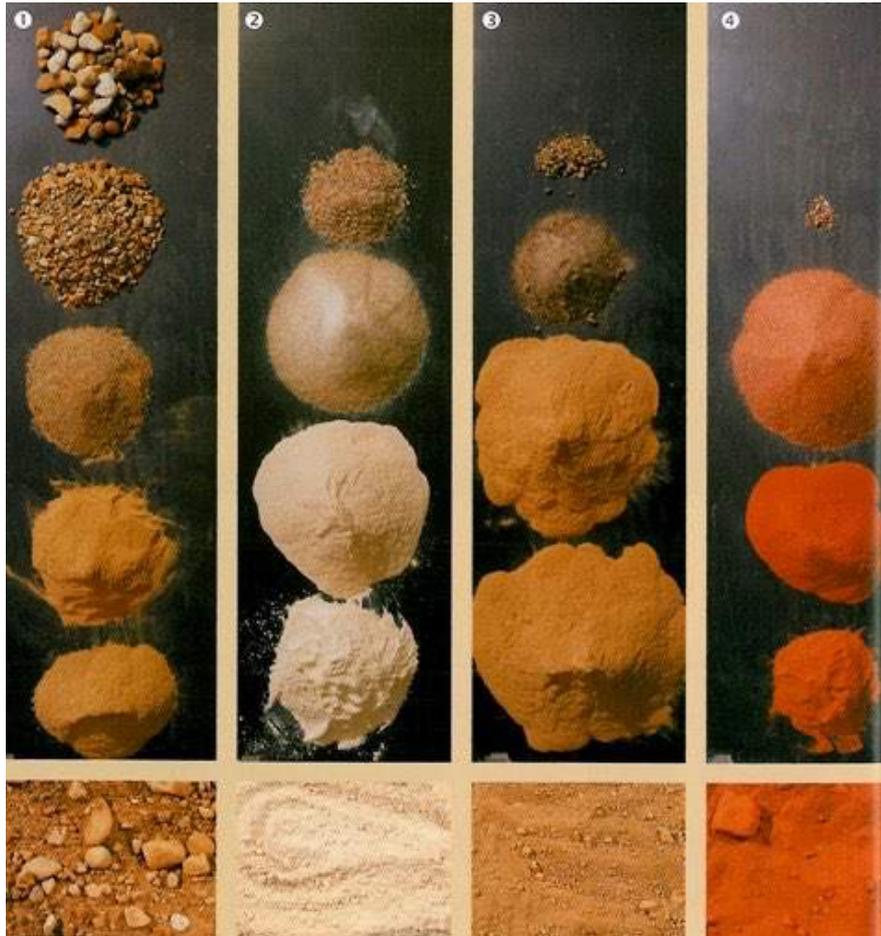
Tuttavia le prove di laboratorio non sono mai esaustive e le analisi in situ sono quelle che danno i risultati più attendibili in termini di appropriatezza di un terreno; sono le cosiddette "prove di cantiere" costituite da esami diretti attraverso i sensi (odore, vista, tatto, esame del morso, lavaggio delle mani) e attraverso semplici strumenti (esame del ritiro, analisi della sedimentazione).

Questi test, uniti alla prova diretta in cantiere, sono necessari per conoscere la terra a disposizione e scegliere la tecnica adeguata.

E' vero che la terra è un materiale sempre disponibile, ma non tutte le terre sono adatte per essere utilizzate nei vari componenti edilizi e nelle varie tecniche costruttive.

La qualità del suolo, insieme a fattori socio-culturali e ambientali (ad es. la presenza o no di legname e l'abbondanza o meno di acqua) sono gli elementi determinanti nell'adozione di una tecnica costruttiva piuttosto che un'altra.

Nell'immagine si notano differenti suoli per differenti utilizzi:



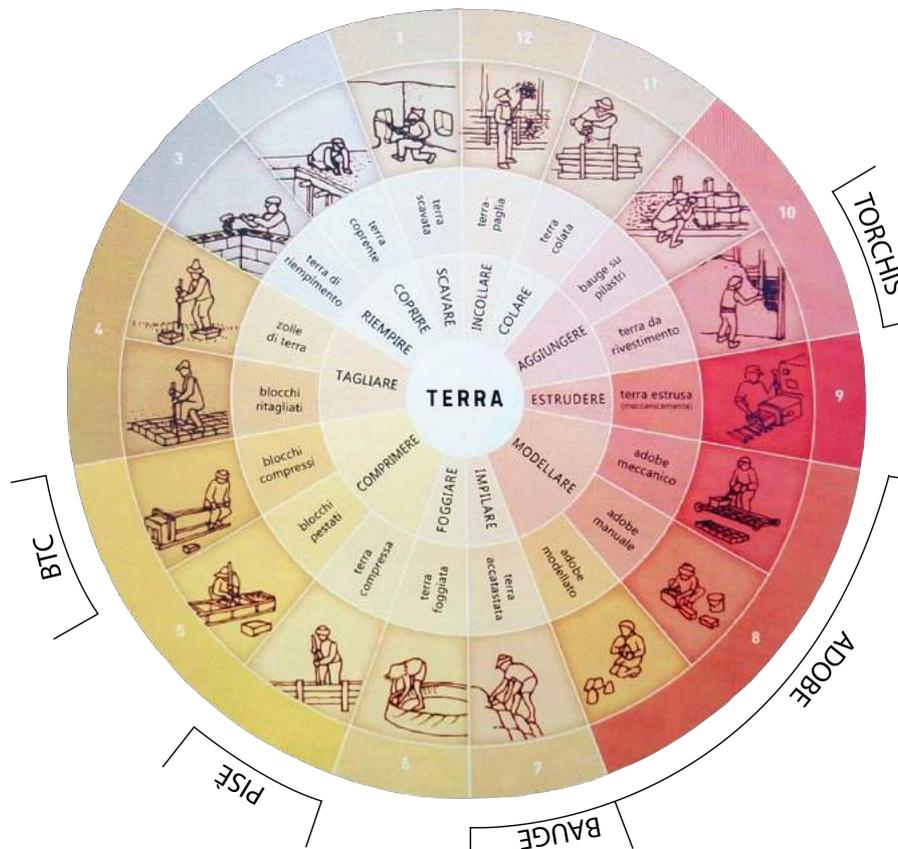
1. terra da *pisé* - questa terra contiene un mix di sassi, ghiaia, sabbia, limo ed argilla in proporzioni equilibrate. Produce dei veri e propri “cementi naturali” molto duri con sufficiente argilla da beneficiare della massima coesione e sufficienti inerti da garantire un materiale rigido e che non fessuri;

2. terra da *adobe* - contenendo meno sassi e ghiaia, questa terra è più facile da modellare e da lavorare a mano. La proporzione di sabbia è sufficiente affinché il materiale non fessuri quando è messo in opera allo stato plastico.

3. terra da *torchis* - questa terra è molto fine. Quasi non contiene sassi e ghiaia e la proporzione di sabbia è minima. Ha un alto potere collante ma fessura durante l'essiccazione. Mescolata con fibre vegetali o sabbia per evitare la fessurazione, è usata comunemente per riempire un'ossatura in legno secondo la tecnica del *torchis*.

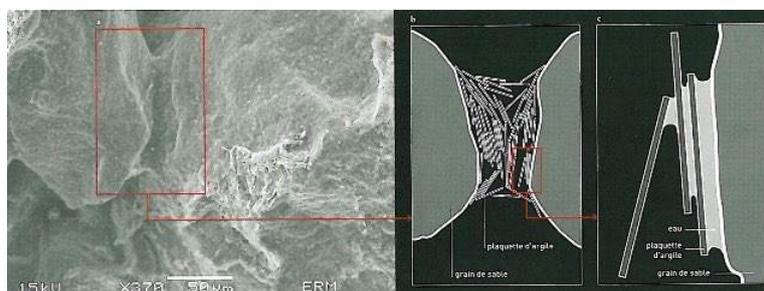
4. terra da intonaco - questa terra non contiene sassi, nè ghiaia. Le sabbie, il limo e l'argilla sono presenti in quantità equilibrata ma la proporzione di sabbia è più importante che in una terra da adobe. Questa caratteristica permette di evitare la fessurazione anche quando la terra è mescolata con molta acqua.

La tavola sinottica delle costruzioni in Terra Cruda redatta dal gruppo *CRATerre* riassume le tecniche conosciute individuando tra le centinaia di possibili varianti (*Traité de construction en terre, 2006*), **12 principali**:



Un altro elemento in base al quale si possono raggruppare le tecniche costruttive in crudo è lo stato idrico dell'impasto di terra utilizzato. Nelle diverse tecniche la terra può essere utilizzata dallo stato secco: *terra scavata*; a quello liquido: il caso del *terra-paglia* o della *terra colata*; passando per quello umido: *il pisé*.

La presenza di acqua è fondamentale per garantire la struttura di un suolo così come di un manufatto in terra; anche quando un muro in terra è completamente asciutto, anni dopo la sua messa in opera, conserva al suo interno una percentuale d'acqua che assicura la solidità dei legami. Osservando l'immagine qui sotto si nota che l'acqua (in grigio chiaro) tiene legati tra loro i "foglietti" di argilla i quali, a loro volta, fanno da ponte tra un granello di sabbia e l'altro.



Di tutti i sistemi costruttivi rappresentati nel quadro sinottico, alcuni hanno avuto maggior successo e diffusione di altri e sono tutt'oggi ampiamente utilizzati.

*Il pisé* o *terra battuta*, *l'adobe*, *il torchis*, *il terra-paglia*, i *blocchi compressi* ed in parte il *bauge*, rientrano tra le tecniche più diffuse.

**casa tecnica cob realizzata da kevin mccabe, GB**



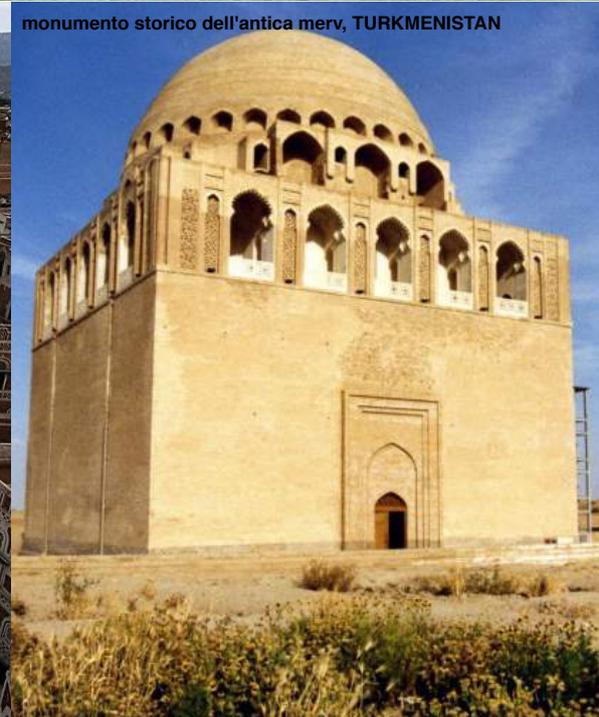
**Casa tecnica Pisè realizzata da Martin Rauch, AUSTRIA**



**Città Sann'a, YEMEN**



**monumento storico dell'antica merv, TURKMENISTAN**



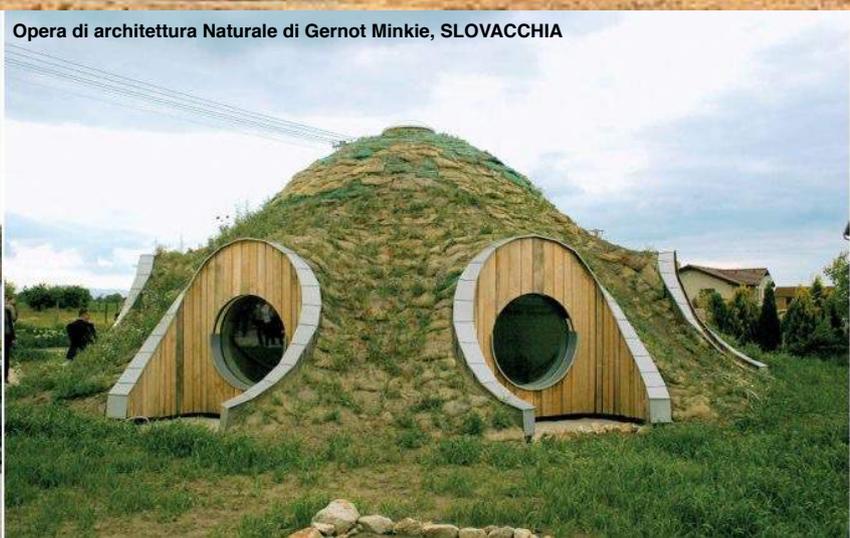
**Casa de la Mujer, ALGERIA**



**Scuola a Solving, SVEZIA**



**Opera di architettura Naturale di Gernot Minkie, SLOVACCHIA**



Casalincontrada, Abruzzo, ITALIA



Pescara, Abruzzo, ITALIA



Sardegna, ITALIA



Treia, Marche, ITALIA



Serramanna, Sardegna, ITALIA



Novi Ligure, Piemonte, ITALIA



Alessandrino, Piemonte, ITALIA



Torano, Lazio, ITALIA



## 8.4 Le tecniche costruttive

Il termine “Costruzioni in Terra Cruda” è generico ed include in sé tutte le costruzioni che utilizzano come materia prima una terra prevalentemente argillosa, opportunamente impastata con acqua ed inerti e fatta essiccare al sole.

Si possono distinguere tre grandi classi costruttive:

- terra Monolitica - i muri sono massicci e costituiscono un solo blocco con funzione portante;
- muratura - portante o di tamponamento costituita da piccoli blocchi prefabbricati che vengono poi messi in opera come una normale muratura;
- terra su struttura - non ha funzione portante ma serve da tamponamento, utile per l'isolamento termico e acustico.

Queste tecniche si differenziano ulteriormente a secondo delle epoche e delle regioni in cui sono applicate.

Inoltre, esistono tantissime diciture di una tecnica costruttiva, originaria per ogni luogo del mondo, per tale motivo in tutta la trattazione del tema Terra Cruda ho cercato di utilizzare la nomenclatura più diffusa e conosciuta. Per fare un esempio, quanto si parla della tecnica *pisè*, questa nel nostro Paese è conosciuta con il nome di *terra battuta*, così come nell'area ispano-americana è nota come *tapia o tabiya*, mentre in lingua inglese il termine più diffuso per connotarla è *rammed earth*. Tutte queste sono alcune delle nomenclature locali ma quella più conosciuta, forse dovuta alla sua origine, rimane il termine *pisè*.

### 8.4.1 Terra Monolitica: portante

In questa categoria si includono tutte quelle tecniche costruttive che, a messa in opera ed essiccazione concluse, generano delle strutture che hanno un comportamento strutturale di tipo monolitico: terra scavata, terra colata, terra impilata, terra modellata e terra compressa.

Con il termine di **terra scavata** si vogliono indicare tutte quelle dimore realizzate per sottrazione di materiale da bacini di terra, quasi sempre terra argillosa. Sono costruzioni troglodite che spesso erano utilizzate come dimore temporanee od anche, in zone desertiche, in prossimità di luoghi con terreni fertili come valida protezione dalle escursioni termiche tra giorno e notte. Si distinguono tra strutture a scavo orizzontale o scavo verticale e, all'esterno possono sia avere le sembianze di caverne che, nei casi più evoluti, presentare facciate simili a quelle di abitazioni “tradizionali”.

La tecnica della **terra colata** consiste nel versare all'interno di casseformi in legno un impasto di terra sufficientemente molle come se fosse un calcestruzzo magro: con questa tecnica si possono realizzare tanto delle pareti che delle pavimentazioni. Più raramente è utilizzata per ottenere dei mattoni, perché l'alta percentuale di acqua di impasto genera, a seguito del ritiro, fenomeni di fessurazione sui mattoni.

Il **cob** o **bauge**, a seconda che si voglia utilizzare il termine inglese o quello francese, fa invece parte della categoria della terra impilata: blocchi impastati con acqua, paglia e a volte sabbia per ottenere una mistura plastica. La terra viene estratta con una pala, impastata a mano al fine di renderla omogenea, dopo di che viene modellata e avvolta nella paglia a formare elementi di dimensioni ridotte pressoché cilindrici. Questi blocchi sono messi in opera sovrapponendoli per filari successivi (accatastati) e poi fatti aderire l'uno all'altro camminandoci sopra. Per effetto della compressione, si disperde l'acqua d'impasto e gli elementi si amalgamano tra loro ad ottenere un'unica struttura monolitica, dello spessore di circa 60 cm ed estremamente elastica per l'alta percentuale di paglia presente.

Il cob è stato usato per secoli in tutta l'Europa orientale, anche in climi piovosi e con forti venti, fino all'Alaska; costruzioni realizzate con questa tecnica le troviamo nel nord della Francia, dove i Galli già nel 750 a.C. utilizzavano il bauge per il riempimento di strutture lignee, in Gran Bretagna ed

in Normandia, dove questa tecnica è ancora oggi molto diffusa. Nell’XI secolo in Inghilterra il cob era utilizzato come tamponamento di strutture lignee nella tecnica del *wattle and daub* e, a partire dal XV sec, per la realizzazione di muri monolitici nella costruzione non solo di case di contadini ma anche di dimore nobiliari di campagna e, a volte di case in città. Tali costruzioni sono presenti in tutta l’Inghilterra sud-orientale (Cornovaglia, Somerset, Dorset, Hampshire) ed in particolare nel Devon dove si contano ben 20000 costruzioni in cob tra cui anche scuole e chiese. In Germania la tecnica prende il nome di “wellerlehm” ed è utilizzata per la costruzione di architetture rurali, come pure in Slovacchia dove prende il nome di “nakladana stava” o “lepenice”. In Italia le costruzioni realizzate con questa tecnica sono presenti nelle Marche ed in Abruzzo dove la tecnica prende il nome di **massone**.

Tipica casa in Cob nel Devon (UK)



casa in Bauge in Bretagna (Francia)



Tecnica massone in Abruzzo (Italia)



Fuori dall’Europa, possiamo trovare costruzioni che adoperano questa tecnica in Cina (resti di costruzioni in terra impilata risalenti al XIV sec), in Arabia, in Iran e anche nelle affascinanti architetture vernacolare in Africana (Burkina Faso, Benin, Ghana, Nigeria ...).

Con la tecnica del cob sono poi realizzate le costruzioni della città in terra più affascinante del mondo: Shibam.

Nota in tutto il mondo come la “Manhattan del deserto”, mediamente le case-torri raggiungono un’altezza di 5 o 6 piani, eccezionalmente 8, per un’altezza massima di circa 20 m, presentando una pianta pressoché quadrata con scala centrale che si avvolge intorno ad un nucleo in pietra. Le fondazioni, che poggiano a circa un metro e mezzo al di sotto del piano di campagna, hanno un substrato realizzato con materiale isolante, e sono realizzate in pietra legata da una malta di calce

e cenere fino ad un'altezza di 1,5 m oltre il piano di campagna. Al di sopra di questo muro la costruzione continua con gli adobe, realizzati in 5 differenti tagli (da 45x30x6 cm a 20x13x6 cm) in modo da permettere la rastremazione verso l'alto della parete (da circa 100 cm a 25-30 cm). Attualmente il cob sta vedendo un nuovo sviluppo in Nord America, grazie alle sue caratteristiche di ecosostenibilità ed alle notevoli capacità di coibentazione.

Città Shibam nello Yemen, tecnica cob e adobe



La tecnica più diffusa per ottenere pannelli murari a comportamento monolitico è quella del **pisè** (noto anche come *Tapia* o *Rammed Earth*): la terra, inclusi i granuli più grossi che fungono da inerti, è impastata con la sua umidità naturale e versata all'interno di casseri. Dopo aver versato circa 1,20 m di terra si comprime, tradizionalmente con dei pestelli di varia forma, oggi giorno meccanicamente, ottenendo, in tal modo, un notevole incremento della resistenza del materiale.

Ciclo di produzione di una parete in Pisè



Le origini di questa tecnica sono da ricercare nell'“opus signinum” romano, utilizzato sia per la realizzazione di opere di ingegneria militare che per ponti, acquedotti e, in genere, architettura civile, come testimoniato dal libro X del De Architettura di Vitruvio. I grandi divulgatori del pisè furono però le popolazioni medio orientali che lo diffusero in tutta la Penisola Iberica. Grazie ai trattati scientifici pubblicati da François Cointereaux (1740-1830) alla fine del Settecento e poi tradotti in varie lingue, questa tecnica arrivò in Svizzera, Germania, e anche in Italia. Qui, dove Giuseppe Del Rosso pubblica il fascicolo “Dell'economica costruzione delle case in terra”, è conosciuta con il nome di *terra battuta* ed è particolarmente diffusa in Piemonte, nell'area tra Alessandria, Tortona, e Novi Ligure. Con la tecnica del pisè sono costruiti i Tigremt marocchini: strutture a torre in genere di 3 o 4 piani. Notevoli sono state le innovazioni prodotte negli ultimi anni soprattutto ad opera di Martin Rauch, inventore di una tecnica meccanizzata che velocizza la messa in opera e permetta la differenziazione cromatica tra le gettate.

costruzione in terra battuta nell'Alessandrino in Piemonte (Italia), si nota come la presenza di ossidi di ferro nel terreno conferisce la tipica colorazione rossa.



Tigremt a Boumalne realizzati in Pisè (Marocco)



## 8.4.2 Muratura: portante o di tamponamento

In questo gruppo si includono tutte quelle costruzioni in cui le strutture portanti o di tamponamento sono realizzate con la terra e il loro comportamento meccanico è assimilabile a quello di una muratura. Tra queste tecniche quella più diffusa è l'**adobe**.

Mattoni Crudi: Adobe manuale



Il termine adobe deriva dalla parola egiziana *thobe* che significa mattone. Trasformato in arabo in *attob*, è stato importato in Sud America e poi in tutto il mondo con la designazione spagnola di adobe. Nella tradizione gli adobe sono elementi di dimensioni ridotte, variabili a seconda dei luoghi, formati a mano o, più spesso, con l'ausilio di forme di legno, costituiti da un impasto di terra, acqua e fibre vegetali (paglia) e/o animali (crine di cavallo) ed essiccati al sole. Questi elementi sono messi in opera interponendo della malta di terra e, anche se il loro utilizzo predominante è quello di costituire delle murature portanti, a volte vengono utilizzati per riempire una struttura portante in legno (Torchis). La tecnica dell'adobe è molto diffusa nei paesi medio-orientali, in Spagna ed in Sud America (Perù, Brasile, Messico). In Italia gli adobe o mattoni crudi sono ampiamente utilizzati nel Sud della Sardegna, dove sono conosciuti con il nome di *làdiri*, ed

in parte del Piemonte. Nel quadro sinottico di CRAT-erre si distingue tra adobe modellato manuale e meccanico, intendendo rispettivamente con questi termini, i mattoni formati a mano, senza cioè l'ausilio di forme guida, l'adobe di forma prismatica, ottenuto versando l'impasto all'interno di forme di legno di dimensioni standardizzate, e quello interamente prodotto con macchine specifiche.

Tipiche costruzioni sarde(IT) in ladiri



Uno sguardo alle città presenti in tutta l'area dell'America latina, Asia e Africa, rende l'idea delle possibilità espressive di questo materiale, apparentemente così povero, eppure capace di generare forme architettoniche di estrema bellezza ed arditezza strutturale.

Castello di Narin in Iran



casa della Sa'dah nello Yemen



Villaggio fortificato Ksar in Tunisia



Taos Pueblo in Nuovo Messico



Grande Moschea di Djenné in Mali



Tra le costruzioni in Terra Cruda quelle in adobe sono sicuramente le più diffuse ed è proprio rispetto a questa tecnica che la ricerca scientifica ha prodotto i maggiori risultati ed innovazioni: si va dall'adobe stabilizzato, ai manuali per l'autocostruzione in adobe e alle ricerche su miglioramento delle prestazioni sismiche degli edifici con specifiche tecniche di consolidamento per i monumenti.

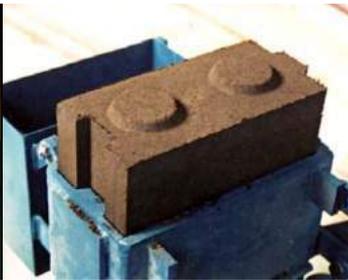
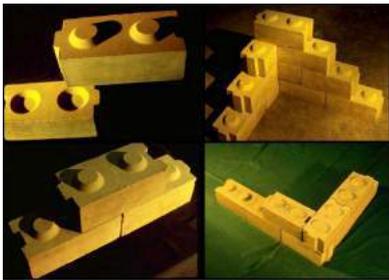
Frutto delle ricerche tese al miglioramento delle prestazioni meccaniche dei mattoni di terra sono i **blocchi pestati** ed i **blocchi compressi** ottenuti comprimendo la terra, rispettivamente, a compressione manuale o meccanica.

Con l'ausilio di una pressa manuale modificata appositamente, è possibile realizzare i “**Blocchi Mattone**”: blocchi in Terra Cruda stabilizzata, dalle singolari caratteristiche geometriche.

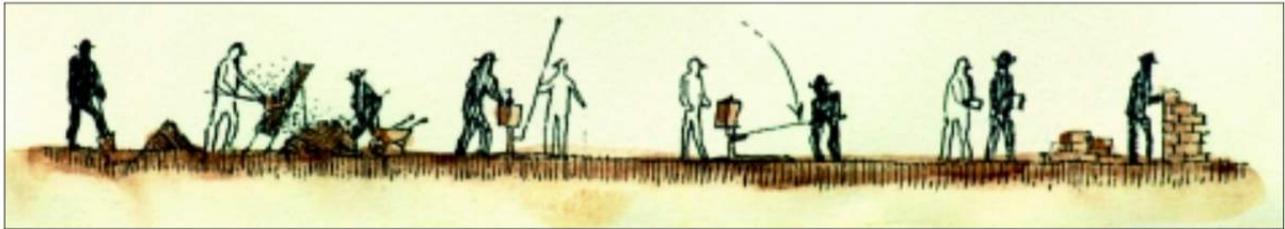
Il brevetto è opera del **prof. Roberto Mattone** del Politecnico di Torino, il quale studiò le dimensioni, la sagoma e il composto ottimale volta per volta, per impiegarli nelle sue missioni nei Paesi in via di sviluppo.

Questi blocchi, prodotti partendo da terra argillosa accuratamente vagliata, lievemente inumidita e stabilizzata con leganti quali il cemento (4%-6% in peso) o la calce, oltre ad avere caratteristiche di resistenza a compressione molto buone, si possono realizzare in autocostruzione, con costi limitatissimi; infatti, sono sufficienti oltre alla Terra Cruda, una pressa e della manodopera anche non specializzata, per realizzarne anche più di trecento al giorno.

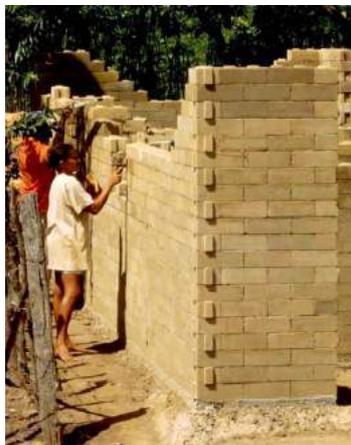
L'idea geniale di Mattone è stata quella di munire i blocchi di svasature e appendici sulle superfici d'unione fra i blocchi in modo da assicurarne l'ammorsatura in fase di posa in opera; i blocchi sono resi aderenti fra loro tramite un sottile strato di argilla resa molto fluida. L'effetto finale è quello di ottenere un edificio che pare proprio realizzato come un gioco di costruzioni.



Risultati dei test eseguiti sui singoli blocchi		
cemento	resist. a compr.	assorbimento H <sub>2</sub> O
0%	1,5 MPa	indeterminato
4%	3,0 MPa	14,2%
6%	4,2 MPa	14,0%
10%	6,5 MPa	13,7%
6%	4,4 MPa	13,5%
con fibre di sisal (L=1 cm)		
6%	4,3 MPa	14,6%
con fibre di sisal (L=2,5 cm)		



*Blocco ideato dal prof. Roberto Mattone, fasi della sua produzione e procedura di montaggio.*



Vincente è dunque l'economicità del procedimento, insieme al risultato: è stato possibile insegnare a costruire questi blocchi per fabbricare abitazioni accoglienti in zone anche difficili come il Burkina Faso, il Perù, la Patagonia, l'Argentina, il Brasile...

Tuttavia, la necessità per cui sono stati inventati non esclude il loro impiego in interventi di recupero di fabbricati in Terra Cruda o di nuova costruzione, per le validissime caratteristiche tecniche, per l'ecologia del materiale impiegato e per il basso consumo di energia spesa nella realizzazione degli stessi.

L'Architetto alessandrino Gian Luigi Prati ricorda il prof. Mattone (scomparso nel 2008 in una delle sue missioni), con affetto: *"Era un professore fuori dagli schemi abituali, diverso dall'archetipo di docente universitario che tutti ci immaginiamo. All'Ambiente "asettico" delle aule preferiva il laboratorio dei materiali, dove poter immergere liberamente le mani nella terra argillosa, il materiale da costruzione da lui prediletto; ai convegni internazionali in giacca e cravatta preferiva i viaggi all'estero per promuovere l'autocostruzione di edifici salubri in zone depresse e in via di sviluppo, utilizzando materiali poveri ed economici, come per l'appunto la terra cruda stabilizzata. La sua vita è stata una vera e propria missione, senza mai chiedere alcun genere di compensi"*.

Ritornando al discorso, le murature possono essere realizzate anche con mattoni ottenuti per estrusione: si parla in questo caso di **mattoni estrusi**. La tecnica di messa in opera è simile a quella degli adobe ma il comportamento dei singoli elementi è diverso. Infatti, mentre i primi sono formati con un impasto di terra, acqua e fibre, i secondi sono ottenuti per estrusione con un impasto che utilizza la terra con la sua umidità naturale.

In maniera molto più rudimentale si possono tagliare dei "mattoni" direttamente dal suolo, senza preventivo impasto. Si distinguono due tecniche fondamentali: **zolle di terra** e **terra tagliata**. In entrambi i casi si tagliano dei prismi regolari con l'ausilio di pale o mezzi meccanici, ma nel primo

caso i mattoni sono tagliati con lo strato superficiale di erba che è messo in opera verso il basso, mentre nel secondo caso si elimina lo strato superficiale e i mattoni si tagliano per livelli successivi.

### 8.4.3 Terra su struttura: di tamponamento

In questo ultimo gruppo si includono tutte quelle tecniche costruttive in cui la terra è utilizzata per ricoprire e chiudere strutture realizzate con altri materiali.

La tecnica più diffusa è il **torchis** (noto anche come Strohlehm o wattle and daub). Un impasto, plastico, di terra e paglia utilizzato per rivestire una griglia in legno (bambù, nocciolo o salice a seconda delle aree geografiche), fissata alla struttura portante. È adatto alla realizzazione di pareti interne ed esterne ed, in Europa, è stato particolarmente utilizzato in Provenza, per la costruzione dei **Colombage**, ed in Inghilterra, dove prendeva il nome di **wattle-and-daub**.

edifici della provenza francese, tecnica colombage



casa in Großholbach paesino della Germania



Si tratta di una tecnica molto antica e diffusa, in passato, in molte parti del mondo e che sta vedendo una nuova fioritura nei paesi industrializzati. In Francia e Germania ad esempio vengono commercializzati degli impasti pronti all'uso, mentre in Giappone viene considerata una tecnica nobile in quanto usata, per tradizione, nella realizzazione di templi e case del tè.



La parte più laboriosa della tecnica del torchis consiste nella predisposizione del grigliato sul quale deve essere posato l'impasto a mano. Per questo motivo, in alcuni paesi, si è pensato di realizzare dei pannelli prefabbricati da applicare direttamente alla struttura a telaio.

Lo spessore massimo solitamente raggiungibile è di circa 20 cm, per cui il torchis è particolarmente indicato per la realizzazione di pareti interne.

L'accoppiamento del torchis alle strutture portanti in telaio ligneo (Fachwerkhaus o Colombage) detto anche in graticcio, è fortunato vista la similitudine tra l'elasticità dei due materiali. Inoltre per la massa dovuta alla presenza di terra, esso può sopperire alla scarsa inerzia termica che caratterizza queste strutture.

Di origine molto antica è poi l'utilizzazione della terra per realizzare le coperture di costruzioni in legno o pietrame. Si parla in questo caso di **terra coprente**, includendo: le capanne del Nord Europa, il cui tetto era coibentato con zolle di terra ed erba; le capanne utilizzate come alloggi temporanei lungo le vie delle transumanze; le abitazioni circolari di Banpoo in Cina.

*“Diversi tipi di abitazioni africane (Tanzania, Etiopia, Burkina Faso, Nigeria) sono ricoperte da uno strato di terra argillosa battuta. In Islanda ed in Norvegia, le dimore tradizionali in legno conservano le loro coperture in zolle erbose”. (Houben H., 1989)*

Una versione moderna di questo tipo di costruzioni è rappresentata dalle “maison enterrées” di cui l'ampliamento dei quartieri generali dell'UNESCO a Parigi è un esempio.

Di concezione moderna, ed interpretabile come una variazione del torchis è la tecnica della **terra-paglia**: alla paglia, di qualsiasi tipo e sminuzzata per una lunghezza variabile dai 15 ai 40 cm, si aggiunge una boiaccia di terra, privata di tutti i granuli grossi, con il compito di tenere unito l'insieme dell'impasto. Il dosaggio è di circa 70 kg di paglia ogni 600 kg di terra, per una massa volumetrica approssimativa di  $700 \text{ kg/m}^3$ . La terra-paglia definita anche come terra alleggerita è impiegata come riempimento di un'ossatura in legno, distanziata di 15-30 cm. In genere non si è osservato alcun ritiro orizzontale a dispetto di un lieve ritiro verticale dovuto, prevalentemente, alla compattazione del materiale.

Rispetto alla tecnica del torchis, che prevede l'applicazione dell'impasto plastico di terra e paglia su una griglia di appoggio fissata alla struttura portante, la tecnica della terra alleggerita non richiede l'esecuzione della griglia di appoggio, ma viene direttamente formata nei casseri, riuscendo così ad ottenere anche maggiori spessori. Utilizza per l'appunto un impasto molto leggero, maneggevole, di più facile preparazione e messa in opera.

Questa tecnica, oltre ad essere utilizzata per le nuove realizzazioni, è spesso adoperata anche per interventi di restauro.

Sempre di concezione moderna sono i **pannelli prefabbricati**: un impasto di terra e paglia, riconducibile alla terra-paglia, è utilizzato per realizzare, fuori opera, dei pannelli rettangolari dello spessore di 10-15 cm, che vanno poi installati su strutture in legno. Questo tipo di procedimento riduce notevolmente i tempi di realizzazione del manufatto anche se incrementa i costi di approvvigionamento dei materiali.

Infine ancora su struttura si possono mettere in opera i mattoni in Terra Cruda (adobe) ed il Bouge. Particolare innovazione riscoperta in questi ultimi anni riguarda la progettazione antisismica di questa tipologia costruttiva: la Terra Cruda come risposta a duttilità dei tamponamenti.

struttura in mattoni crudi di tamponamento come risposta duttile



In conclusione di questa trattazione riguardante le tecniche costruttive in Terra Cruda, un'altra suddivisione può essere fatta in base al sistema di messa in opera:

- posa umida - modellata in opera
- posa a secco - pre-formata e pre-essicata

Attualmente la tendenza del mercato nei paesi industriali privilegia la posa a secco, che:

- non necessita lunghi tempi di essiccamento in cantiere;
- permette la messa in opera anche in epoche fredde senza temere le gelate invernali;
- permette una centralizzazione della produzione nelle fabbriche;
- consente una differenziazione dei prodotti a seconda degli usi (controsoffittature, pannelli divisorii, muri portanti, ecc);
- riduce i tempi di messa in opera;
- facilita l'assemblaggio consentendo l'uso di mano d'opera non specializzata;
- incoraggia l'approvvigionamento e l'acquisto del materiale anche in contesti urbani.

D'altra parte questo significa un aumento dei costi economici ed ecologici di trasporto, l'uso di macchinari complessi, grandi investimenti e la crescita del consumo energetico tipico di una produzione industriale su vasta scala.

In ogni caso comunque la produzione di un mattone crudo utilizza il 15% di energia rispetto a quella di un mattone cotto, garantisce un maggiore benessere abitativo, è riciclabile al 100% con bassissimi costi di trasporto e trasformazione.

## 8.4 ABITARE LA TERRA: conclusioni

Nel mio più grande interesse nella riscoperta di questa meravigliosa materia di cui mi sento parte di un richiamo alle mie radici, vorrei concludere allegando il Manifesto per il diritto a costruire in terra cruda Sottoscritto da: CRATerre, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, Network Cattedra UNESCO EcologiK, Architetture di vivere, Dominique Gauzin-Müller, Jean Dethier, Lipsky-Rollet, Anna Heringer, Martin Rauch, Francesco Diébédo Kere Marcelo Cortes, Rick Joy, Network Proterra, AsTerre, Labterra-DiArch, **Associazione Nazionale Città della terra cruda**(da cui ho estrapolato).

### *Manifesto per il diritto a costruire in terra cruda*

*“Per undici millenni, l'umanità ha dimostrato una sorprendente capacità di costruire con la terra, da abitazioni semplici a palazzi residenziali fino ad intere città. Oggi, in contesti ed aree molto diverse, questo materiale da costruzione è ancora il più usato come dimostrato dal fatto che un terzo della popolazione mondiale vive in insediamenti costruiti in pisé, in adobe, con strutture in terra e legno, in blocchi di terra compressi. Modeste o monumentali, queste architetture sono presenti in 190 paesi: esse sono testimoni di una qualità della vita quotidiana e di innovazioni tecniche che uniscono strettamente know-how e audacia, arte e virtuosismi. Mentre questi edifici vengono regolarmente scoperti o riscoperti dai professionisti e dal pubblico vasto in generale, alcune persone le rifiutano, le distruggono, oppure le vietano nel nome di nuove normative edilizie per l'habitat di oggi e di domani. Ma ci sono molte realizzazioni architettoniche contemporanee in terra, generalmente costruite per scopi di solidarietà, che sono esemplari, innovative e belle. Seppure rispondano completamente a ciò che vogliamo per il nostro tempo e per le generazioni future, oggi esse sono spesso sottovalutate, disprezzate o ignorate.*

*Affermiamo dunque che di fronte alle questioni critiche relative alla salvaguardia dell'Ambiente Naturale e della diversità culturale e alla lotta contro la povertà, l'utilizzo del materiale terra è indispensabile e insostituibile. Rivendichiamo il diritto di costruire con la terra, perché ogni essere umano ha diritto ad un alloggio adeguato alle sue esigenze ed alle sue risorse. Gli insediamenti e o sviluppo urbano devono rispondere in maniera sostenibile a questa aspirazione.*

***Costruire in terra** significa ripensare, sia a livello locale sia a livello globale, l'impiego delle risorse del nostro Pianeta, associando terra, acqua e sole in una vera sfida tecnica, culturale, sociale, economica ed ambientale.*

***Costruire con la terra** significa difendere il diritto di mettere in opera un materiale da costruzione Naturale ed ecologico, abbondante, facilmente disponibile ed accessibile al maggior numero possibile di persone, per consentire ai meno abbienti di costruire la propria casa "con ciò che hanno sotto i piedi".*

***Costruire con la terra** significa promuovere le risorse locali, sia le risorse umane che quelle Naturali, il miglioramento delle condizioni di vita, valorizzare la diversità culturale e mantenere sistemi di sostegno sociale per la costruzione e la manutenzione dell'Ambiente costruito.*

***Costruire con la terra*** significa utilizzare un “calcestruzzo naturale”, che offre una vera alternativa ecologica ed economica rispetto a materiali e processi produttivi nocivi per l'Ambiente.

***Costruire con la terra*** significa rivalorizzare, adattare e trasformare, più di 11.000 anni di conoscenze e di saperi, e associare un materiale secolare ad un'architettura innovativa.

***Costruire con la terra*** significa riconoscere il valore culturale del costruito vernacolare, di opporsi alla distruzione e favorirne il recupero nel rispetto del materiale e dell'espressione architettonica.

***Costruire con la terra*** significa perseguire lo sviluppo dell'arte del costruire e di dare forme complesse in un insieme che combina architettura, estetica e decorazione.

***Costruire con la terra*** significa sviluppare l'innovazione per ottimizzare il materiale, semplificare le opere e produrre nuove architetture.

L'obiettivo di questo manifesto a favore della costruzione in terra cruda è di:

- eliminare le chiusure ed i blocchi causati da regolamenti e da norme del tutto inadeguati al materiale ed al suo utilizzo;
- promuovere la formazione di professionisti per la costruzione di opere tradizionali e contemporanee, per il restauro e la conservazione del patrimonio costruito in terra cruda;
- approfondire la ricerca scientifica sulla materia, il materiale, le tecniche di produzione, la conservazione del patrimonio e l'architettura contemporanea al fine di migliorare la qualità dell'abitare;
- insegnare l'architettura in terra cruda come una disciplina in sé, in particolare nelle scuole di architettura, ingegneria e scienze umane.

Nel lancio di "Living Earth: Manifesto per il diritto di costruire in terra cruda", scommettiamo sull'innovazione per affrontare la sfida di un'architettura eco-responsabile nel Sud come nel Nord.

## 9. I mille usi della Canapa

### 9.1 Origine e proprietà



Una vera e propria pianta straordinaria di cui non si butta via nulla. La Canapa è una pianta che l'Uomo, da tempo immemorabile, ha diffuso in ogni luogo ove era possibile coltivare. Dal basso Danubio alla Cina settentrionale le piante di Canapa sono spontanee, da qui l'origine asiatica. Essa ha una storia alle spalle che vale più di mille parole. Veniva infatti impiegata dai Fenici per tessere le vele delle proprie navi, in marina per realizzare le funi (ambienti fortemente aggressivi a causa della salsedine), nella vita comune per i tessuti.

Furono poi gli Sciiti a portare la Canapa in Europa, intorno al 1500 a.C., i Romani la introdussero in Italia intorno al 300 a.C. Nei primi anni del '900 l'Italia è stata la seconda nazione al mondo nella produzione di Canapa. Nel corso del decennio 1903-1913, gli ettari destinati nel nostro Paese a tale coltura erano 79.477 con un rendimento di 795.000 quintali annui. La nostra produzione era seconda solo a quella della Russia. Per la qualità della fibra (*Carmagnola e Fibranova*), l'Italia era prima sul mercato internazionale.

Sono tantissimi gli usi della Canapa e per questo voglio rendere l'idea di come l'Italia abbia la possibilità di sfruttare la ricchezza del suo terreno e del suo clima per coltivare una pianta che è una vera e propria ricchezza, per l'Uomo e per il Pianeta. Esistono associazioni in tutta Italia che promuovono la Canapa assistendo gli imprenditori e i contadini nella produzione, dalla parte burocratica fino alla distribuzione. La più importante e attiva a livello internazionale è l'associazione ASSOCANAPA di *Carmagnola* in provincia di Torino, oggi conosciuta perché fu proprio in questa città la maggior attività e produzione in Italia all'epoca in cui eravamo, come appena citato, solo secondi alla Russia.

Anche il mercato è pronto a ricevere i prodotti della Canapa. Esistono già ora centinaia di ditte in tutto il mondo che, usando materie prime provenienti dai Paesi che non hanno mai interrotto la coltivazione (come l'Ungheria), fabbricano numerosi articoli a base di Canapa: tessuti e capi d'abbigliamento, olio dei semi e prodotti alimentari che li contengono, saponi, cosmetici, vernici, carta, detersivi, tavole ed altri materiali per l'edilizia come fibre, legni compensati, mattoni, oggetti d'arredamento ecc. Alcune di queste ditte hanno visto il loro fatturato crescere anche del 500 % in un solo anno.

#### RIPULISCE E DISINTOSSICA IL TERRENO

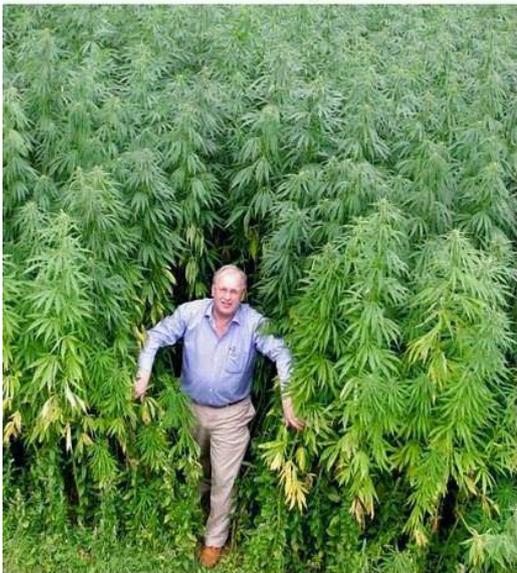
Oggi i terreni sono sempre più inquinati, tra quello che cade dal cielo agli scarichi industriali. La Canapa ha un ruolo enorme nella depurazione di questi terreni assorbendo metalli pesanti che vengono stoccati nella foglia e nel fusto. Anche in questo caso la pianta non andrebbe buttata ma

riutilizzata nell'edilizia o nella produzione di olio industriale. Si potrebbero quindi bonificare i terreni inquinati e allo stesso tempo produrre fonti di materie prime alternative.

## PRODUCE CARTA SALVANDO I BOSCHI

Con la Canapa si può produrre anche la carta risparmiando le foreste, basta pensare che un ettaro di questa piantagione cresciuta in pochi mesi equivale a un ettaro di bosco di quattro anni. Un altro grosso vantaggio della Canapa è costituito dalla bassa percentuale di lignina rispetto al legno degli alberi, che ne contiene circa il 20 % anziché il 40 %. Attualmente le grandi cartiere utilizzano solo il legname degli alberi. Il processo per ottenere le microfibre pulite di cellulosa, e quindi la pasta per la carta, prevede l'uso di grandi quantità di acidi che servono per sciogliere il legno. Questa operazione, costosa ed inquinante, non è necessaria con la carta di Canapa ottenuta dalla sola fibra, e per quanto riguarda la parte legnosa richiede meno della metà di acidi. Inoltre la fibra e il legno della Canapa sono già di colore bianco e la carta che se ne ottiene è già stampabile.

## È MOLTO MEGLIO DEL COTONE

<h3>Canapa</h3> <p>(cannabis sativa / marijuana)</p>	<h3>Cotone</h3> <p>(gossypium)</p>
	
<p>La Canapa ha il piu' basso impatto ecologico Il cotone ha bisogno di due volte l'estensione di un campo per eguagliare la produttività della canapa Per avere un kg di fiocchi di cotone occorrono 9 mila e 700 litri d'acqua Per avere un kg di CANAPA totalmente utilizzabile in ogni sua parte occorrono 2 mila e 200 litri d'acqua La fibra della canapa e' quattro volte piu' forte di quella del cotone La Canapa non ha bisogno di pesticidi ed erbicidi - Il Cotone ha bisogno di tanti agenti chimici La coltivazione di Cotone lascia la terra bruciata e le acque inquinate</p>	

*Richard Fagerlund*, studioso che ha oltre 40 anni di esperienza nella gestione di specie nocive per le piante, ha di recente spiegato che: "La coltivazione del cotone è probabilmente il più grande inquinante del Pianeta poiché, occupando solo il 3% dei terreni agricoli del mondo, esige il 25% dei pesticidi utilizzati in totale". Le sostanze chimiche vanno nelle acque sotterranee e il veleno non ha come bersaglio solo gli insetti, ma tutti gli organismi, compresi gli esseri umani.

## I SEMI E L'OLIO DI CANAPA FANNO BENISSIMO ALLA SALUTE

Il seme di Canapa è tra i semi più nutrienti al mondo. Ha un contenuto di proteine ad alto valore biologico pari al 20/25% (nell'olio arriva al 30/40%), e contiene tutti e 9 gli amminoacidi essenziali. Per il loro valore nutritivo i semi di Canapa sono stati proposti come rimedio alla carenza di proteine dei paesi in via di sviluppo. Contiene omega-6 e omega-3 nel giusto rapporto per l'organismo umano. Inoltre sono presenti vitamine, fitosteroli, caroteni e minerali.

Dalla spremitura a freddo dei semi si può ricavare un olio eccezionale ad uso alimentare e cosmetico che è considerato un vaccino nutrizionale: se utilizzato quotidianamente aiuta ad esempio a rafforzare il sistema immunitario e il sistema cardiovascolare.

Lascio ai lettori ulteriori approfondimenti terapeutici nel campo medico dalle straordinarie ricerche scientifiche della dottoressa *Christina Sanchez* unite a quelle dello scienziato *Wai Liu*, il *Dr Kat Arney* e le persone *Ronnie Smith*, *Rick Simpson*.

## 9.2 La Canapa in edilizia



Il canapulo e la fibra ottenuti dagli steli della Canapa con un processo adeguato di prima trasformazione uniti ad acqua, calce o terra cruda danno all'edilizia sostenibile il contributo oggi ritenuto più elevato in termini di qualità e di rapporto qualità/prezzo, la salubrità delle abitazioni e l'effettiva tutela dell'Ambiente.

Fin dai primordi degli insediamenti umani gli steli delle piante da fibra che si trovavano sul posto sono stati impastati insieme a terra o calce per costruire ripari, abitazioni ed anche infrastrutture importanti che ancora oggi, dopo più di un millennio, continuano a svolgere la funzione per cui furono realizzate. Importante caratteristica delle opere nelle quali vengono correttamente impiegati i materiali di Canapa è infatti la solidità, dovuta al fatto che detti materiali, essendo molto ricchi di silice, mineralizzano diventando pietra.

Le Caratteristiche rilevanti dall'utilizzo della Canapa in edilizia sono le seguenti:

### ISOLANTE ECOLOGICO (LCA, Life Cycle Assessment)

Il ciclo di vita del materiale: la Canapa cresce in soli 4 mesi, non sono necessari pesticidi, diserbanti e concimi per la coltivazione, è un materiale totalmente biologico e riciclabile.

Inoltre 1 kg di Canapa, durante la crescita, lega 3.8 kg di CO<sub>2</sub> grazie alla fotosintesi. Poiché la sua fibra è naturalmente amara, essendo priva di proteine, non è necessario alcun trattamento antiparassitario contro insetti e roditori, i quali detestandola, la evitano. Per cui la Canapa è un isolante quasi eterno!

Ciò si traduce in qualità abitativa interna, salubrità degli ambienti ed eco sostenibilità, intesa come emissione zero di sostanze tossiche durante la vita utile, oltre alla totale riciclabilità al momento dello smaltimento.

## TRASPIRANTE

La Canapa non oppone alcuna resistenza al vapore acqueo ( $m\mu=2.9$ ) e garantisce la stabilità del proprio potere isolante anche in presenza di pareti umide. Questa importante caratteristica la rende un materiale eccellente per quanto riguarda la riqualificazione energetica di edifici esistenti, nonché per le attività di cantiere, visto che è un materiale poco delicato e non necessita di particolari attenzioni ed accorgimenti in fase di posa. La Canapa può bagnarsi senza per questo risentirne nella qualità che rimane sempre inalterata.

Ne conseguono certezza del risultato atteso in termini di isolamento termo-acustico e durabilità.

## TUTELA DELL'INSTALLATORE

Edilizia sostenibile a 360°, significa non solo garantire massime prestazioni dell'isolante con il minimo impatto sull'Ambiente, ma anche e soprattutto offrire sicurezza in fase di posa.

La Canapa, essendo un materiale naturale, privo di sostanze tossiche e trattanti antiparassitari, nella lavorazione (taglio con sega circolare o seghetto a mano) produce poca polvere, è innocua, non provoca allergie ed irritazioni cutanee.

## NOTEVOLI PROPRIETA' DI ISOLANTE TERMO-ACUSTICO

La matrice fibrosa e lignea che caratterizzano i materassini ed il canapulo, garantiscono alti valori di abbattimento acustico e comfort termo-igrometrico.

Le caratteristiche di materiale riciclabile, versatile, isolante acustico e termico, ne fanno materiale indispensabile ai fini di certificazioni secondo protocolli che tengono conto delle prestazioni e del ciclo di vita del materiale.

## PROPRIETA' GARANTITE

Le caratteristiche di naturale inattaccabilità da insetti e roditori, l'eccezionale resistenza all'umidità grazie alla permeabilità al vapore, sono avvalorate da un test inconfutabile: IL TEMPO!

Non a caso reperti storici che ne testimoniano l'utilizzo, sono giunti fino ai giorni nostri.

I campi d'applicazione di questa fibra naturale sono molti e spesso tra le aziende che adottano una progettazione bio-sostenibile trova ottimo impiego come isolante, in particolare per:

- coibentazione - insonorizzazione di pareti divisorie ;
- realizzazione di contropareti interne e riqualificazione energetica degli edifici;
- isolamento di coperture (in legno e laterocemento);
- isolamento di controsoffitti;
- coibentazione di solai in legno (realizzazione di pavimenti "galleggianti" per eliminare i rumori da calpestio);
- coibentazione di pareti umide, grazie all'eccezionale traspirabilità e resistenza;
- isolamento termo-acustico degli edifici;
- cappotti esterni.

## **Cosa si fa oggi in Italia per l'edilizia con gli steli della Canapa coltivata in Italia**

Per lavorare gli steli di Canapa oggi in Italia funziona soltanto l'impianto prototipale realizzato da Assocanapa srl a Carmagnola (TO) – modello GD1.

Un secondo impianto con caratteristiche tecniche diverse – modello LC1200 , installato a Crispiano (TA) da associata Assocanapa, ha lavorato il raccolto 2014 ed è stato fermato in attesa di migliorie. Grazie a tali impianti l'impiego in edilizia di materiali ottenuti dagli steli di Canapa e soprattutto dal canapulo si sta gradualmente diffondendo nel nostro Paese.

Gli impianti sono in grado di fornire canapulo italiano depolverato in diverse pezzature, utilizzato sia direttamente per getti in cantiere che per la fabbricazione di mattoni (biomattoni) in calce e Canapa o terra cruda e Canapa, preparati per cappotti, intonaci, insufflaggio nei muri a cassavuota.

La differenza tra il canapulo proveniente dall'estero (Nord Europa) e il canapulo italiano è dovuta al fatto che le canape italiane o comunque coltivate in Italia hanno in genere dimensioni dello stelo maggiori anche più di dieci volte rispetto a quelle nordiche; questa caratteristica, oltre ad aumentare la resa agricola, gioca decisamente a favore del canapulo italiano, per riconoscimento concorde di tutti gli esperti che hanno pratica concreta di cantiere.

Per quanto riguarda la fibra, che in Italia in genere costituisce il 20-25% degli steli, oggi non esistono nel nostro Paese impieghi della fibra che ricaviamo con la prima trasformazione degli steli e non esistono pannelli fabbricati in Italia con fibra italiana.

Assocanapa srl ha da alcuni mesi iniziato a vendere la fibra ottenuta dall'attività del suo impianto ad aziende estere che la impiegano nella fabbricazione di pannelli per l'isolamento in edilizia e per l'automotive e vende pannelli isolanti contenenti la fibra italiana.

Da più di 3 anni, inoltre, sta lavorando per stimolare la produzione in Italia della pasta di cellulosa in Canapa per la produzione di carte di pregio e per altri impieghi produttivi per i quali la sua fibra è già oggi idonea. Insieme a CNR, Politecnico di Torino e un'azienda del settore tessile ha fatto ricerca e poi lavorato alla produzione di pannelli isolanti in fibra di Canapa innovativi rispetto a quanto oggi propone il mercato europeo. Il primo risultato "industriale" sarà l'uscita nel giro di pochi mesi di un pannello isolante autoportante del tutto ecologico.

Altre novità arriveranno certamente dalle attività di ricerca condotte, oltre che da Assocanapa srl, anche dalle altre sedi operative locali ed imprenditori ad esse collegati, spesso in collaborazione con l'ANAB nazionale o sue sedi locali o ancora con altre associazioni locali impegnate nella formazione delle professionalità dell'edilizia.

Ad oggi altri impianti sono in rodaggio e presto potranno entrare in funzione.



*Negli ultimi due capitoli ho parlato della terra cruda e della canapa, materiali essenza costruttiva di Casa Bioetica.*

*Nella trattazione racconto la storia, l'uso e le applicazioni a partire dall'antichità, fino ad arrivare per una buona parte ai giorni nostri.*

*Gli stessi materiali trovano impiego tutt'oggi nelle più svariate parti del mondo, con diverse e straordinarie forme di architettura, a dimostrazione della loro affidabilità nel tempo.*

*Un lungo cammino tra passato e presente, che ci porterà nel futuro per riscoprirne tutte le loro proprietà e virtù.*

*Il modo alternativo di vivere questa nuova era, è in una Casa Bioetica...*

## 10. Protocollo Casa Bioetica

### 10.1 Un Progetto modello

*L'indirizzo dell'edilizia moderna è sempre più orientato verso la costruzione di tanti edifici realizzati secondo un unico metodo, considerato valido per tutti, indipendentemente dal luogo e dal clima. Il risultato sono queste case-contenitore, praticamente "inattaccabili" all'esterno e "pronte" all'interno a scaldare di più, rinfrescare di più, ventilare di più... un trend che sembra dimenticarsi degli effetti collaterali che queste "scatole" hanno sull'Ambiente e sulla salute delle persone. Che bello sarebbe riparare ai danni provocati finora, limitando l'impatto ambientale con materiali diversi da quelli di uso comune? Trascorrere tutto il tempo che desideriamo nelle nostre case, senza doversi più preoccupare per la nostra salute? Poter respirare in armonia con l'ambiente che ci circonda? Proprio cercando queste risposte si è definito un nuovo modo di pensare la casa, dando vita a Casa Bioetica.*

*L'esigenza di definire un Protocollo Progettuale-Costruttivo "multidisciplinare" di tale portata deriva dalla necessità di chiarire alcune questioni che l'architettura odierna sembra lasciare in sospeso e che, purtroppo, influenzano o addirittura gravano sulla vita del Pianeta. Casa Bioetica è un "Progetto modello" integrato e flessibile che di volta in volta si "adatta" all'ambiente e al paesaggio in cui va ad inserirsi; un quadro realizzato ad hoc, a seconda delle zone climatiche, della situazione geologica, delle caratteristiche sismiche del luogo, della vita di tutti...*

### 10.2 Progettazione Bioetica e Sostenibilità

La spinta indotta dalla realtà contemporanea verso una continua ri-perimetrazione disciplinare conduce a una profonda riflessione sul concetto di "sostenibilità".

Più che sugli esiti tipologizzati e propagandistici dell'attuale architettura ecologica "certificata", si reputa centrale un approccio basato sulla contaminazione tra architettura, paesaggio, Ambiente e Uomo. Le risorse del territorio, siano esse appartenenti alla sfera dei flussi energetici, del ciclo di vita dei materiali, del programma funzionale, delle componenti estetico-paesaggistiche, così come della composizione architettonica e urbana del contesto insediativo, assumono il ruolo di materiali di progetto trovando diversi assetti all'interno di scenari possibili. In questa modalità progettuale "trasversale" si fornisce un possibile linguaggio comune ad architetto, paesaggista, esperto di strategie energetiche alternative, di sostenibilità e *life-cycle* dei materiali, di bioclimatica, impiantistica, agronomo, ecc... che si traduce in una precisa disciplina.

La stessa considera anche gli aspetti legati alla salute di tutti gli esseri viventi, per seguire l'autentica missione del: **"Progettare secondo scienza, ma con coscienza"**.

La Progettazione Bioetica abbraccia le teorie Feng Shui, e gli strumenti che tale arte mette a disposizione. Così si colgono nuovi contenuti in altre chiavi teoriche: la "co-funzionalità" o capacità multitasking delle realtà immaginate; la "processualità", ovvero la concezione fenomenologica del progetto, che lega la dimensione spaziale a quella temporale e la "parametricità" intesa in termini di modalità di indicizzazione della relazione tra le parti, al fine di contemplare e controllare infinite possibili variabili. Questi tre concetti possono essere così esplicitati.

*Co-funzionalità.* La scomposizione del programma funzionale in attività permette di operare su queste ultime come un qualsiasi altro "materiale di progetto", configurando scenari d'uso che rispondono a diverse caratteristiche di ottimizzazione. Nella progettazione, ad esempio, di una galleria commerciale, si potranno prevedere attività multiple compatibili all'interno di un medesimo

spazio funzionale, analizzando e, quindi controllando le possibili interazioni tra di esse. Ma, la “qualità” co-funzionale non è limitabile al solo aspetto relativo all'utilizzo degli spazi, estendendosi anche al significato estetico dell'architettura e alla “quantità” di relazioni che essa è in grado di instaurare con l'ambiente circostante. **L'approccio Feng Shui consente una sistematizzazione delle relazioni possibili tra le parti e con il tutto, fornendo gli strumenti interpretativi necessari a controllare tali connessioni.** Diventa così possibile ampliare il campo delle possibilità formali e delle loro trasformazioni, al fine di approntare risposte architettoniche complesse che meglio interpretino le logiche della “resource efficiency”.

*Processualità.* Alla base delle teorie Feng Shui vi è l'**assioma secondo il quale la realtà in cui si interviene è in costante trasformazione.** Spazio e tempo sono entrambi fattori fondamentali nella prefigurazione di uno scenario progettato. Le configurazioni energetiche, che il Feng Shui consente di approntare, intervengono in un dato contesto spazio-temporale e agiscono in maniera ciclica per mantenere un determinato equilibrio dinamico. Le leggi del ciclo Creativo e di Controllo permettono di progettare “processi energetici” che si sviluppano durante lo scorrere delle stagioni. **I cambiamenti ambientali giornalieri, annuali o meteorologici si manifestano mediante effettivi mutamenti percepibili sensorialmente:** variano le condizioni della luce, l'umidità dell'aria, il tipo di irraggiamento solare, la temperatura, l'aspetto della vegetazione, la dilatazione o contrazione dei materiali, la trasparenza dei vetri, le attività delle persone che abitano gli spazi. Tutto ciò rende evidente che il progetto intervenga in una situazione dinamica entro la quale non sia possibile prescindere dall'aspetto fenomenologico e in cui l'azione congegnata debba possedere un marcato aspetto processuale. La considerazione, in fase progettuale, di tali fattori rende un intervento maggiormente sostenibile, perché le risorse impiegate potranno essere calibrate rispetto alle variabili temporali e saranno, più efficaci.

*Parametricità.* L'interrelazione tra le parti dimostrata nelle teorie Feng Shui, grazie al complesso sistema di corrispondenze, consente non solo di controllare costantemente gli effetti di una scelta rispetto al tutto, ma anche di lavorare su un sistema indicizzato e molto flessibile entro il quale, in seguito alla mutazione di un parametro, sarà possibile sperimentare gli aspetti reali dello scenario derivato. Il progetto, infatti, non è altro che un'accurata rappresentazione di una realtà possibile della quale sono noti gli algoritmi e le leggi che la controllano. L'aver a disposizione **un sistema che consente di sperimentare e visualizzare numerose possibilità permette di indicizzare le scelte verso ciò che si desidera veramente.** Tutto ciò rientra nell'ottica della configurazione di esiti progettuali più mirati e, quindi, più precisamente rispondenti a un utilizzo sostenibile delle risorse.

Gli strumenti che le teorie Feng Shui mettono a disposizione consentono, inoltre, di valutare aspetti importanti rispetto all'efficienza delle risorse impiegate, in particolar modo di quelle energetiche. Ad esempio, dovendo orientarsi verso una forma spaziale piuttosto che un'altra, si potrà valutare il rapporto superficie/volume che una determinata configurazione consente di ottenere. Tale dato è **fondamentale nella valutazione dell'efficienza energetica di un edificio.** Naturalmente, in alcune situazioni, sarà ottimale una forma più compatta, mentre in altre una forma più disperdente (ad es. in relazione a interventi in aree tropicali). Anche relativamente alle scelte da compiere per quanto riguarda gli involucri, si consideri che i diversi tipi di geometria potranno determinare un rapporto, tra parti opache e parti trasparenti, diverso. Ciò influenza l'efficienza energetica dell'edificio. Sarà, quindi opportuna la realizzazione di tabelle di confronto grazie alle quali verranno analizzate, soluzione per soluzione, le conformazioni delle facciate con il relativo rapporto opaco/trasparente o disperdente/non disperdente. Per quanto concerne la scelta dei materiali, sarà possibile estendere le categorie Feng Shui ai materiali che si intendono adottare ed elencare le relative prestazioni di massa e trasmittanza termica. La valutazione delle diverse alternative di scelta prenderà in esame anche questi ultimi dati al fine di giungere a un risultato adeguato alle aspettative.

## 10.3 Applicazione di progetto



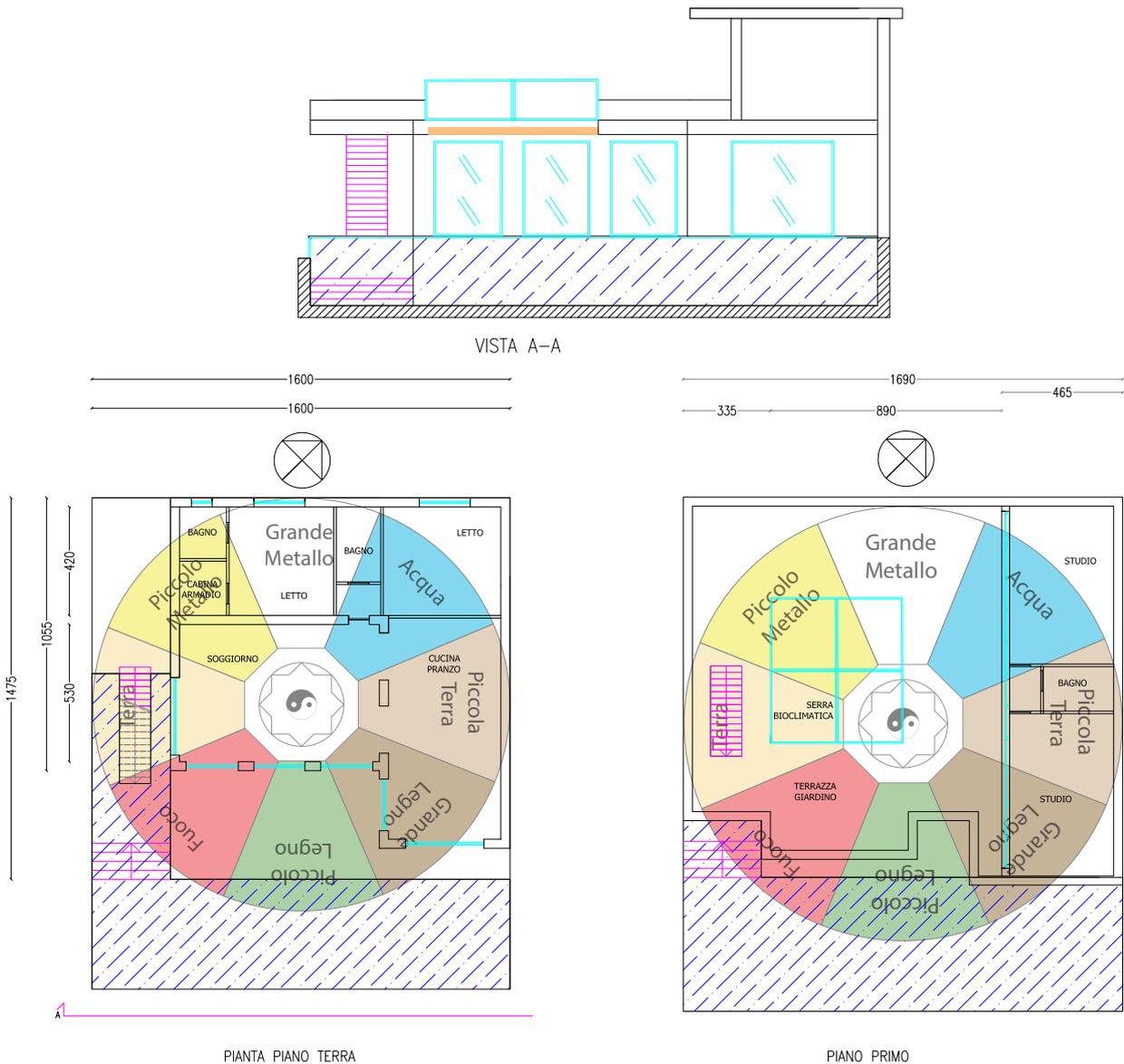
L'applicazione del Feng Shui alle diverse scale di progetto, consente di approfondire e controllare svariati aspetti connessi all'ambiente che comunemente non vengono presi in considerazione. In particolare, negli interventi legati alla scala territoriale, l'approccio Feng Shui **costituisce un sistema di riferimento trasversale rispetto ai materiali dell'architettura.**

Laddove si è chiamati ad operare non solamente nel mondo minerale, ma anche in quello organico, la possibilità di controllare il progetto attraverso strumenti sensibili a entrambi gli ambiti consente l'abbattimento di confini attualmente ancora rimarchevoli.

Architettura e paesaggio, infatti, sono comunemente intese quali settori separati e afferibili a figure professionali differenti, nonostante la teoria del progettare sia orientata verso un approccio comune alle due discipline. Ciò che l'approccio Feng Shui restituisce è una lettura di sistemi di relazione con il contesto e nel contesto, **una simulazione “sottile” della realtà nella quale il progetto opera modificazioni tali da cambiare l'equilibrio delle forze.**

Il progetto, inteso quale costruzione di un nuovo paesaggio, è un concetto che appartiene sempre più agli esempi contemporanei dell'avanguardia architettonica, così come l'attenzione alle tematiche ambientali e alle questioni relative alla sostenibilità. All'interno di tale quadro storico-disciplinare, l'utilizzo di un sistema di strumenti estremamente sensibile e trasversale come quello Feng Shui **apre a nuovi orizzonti della progettazione paesaggistica.** Un metodo di valutazione qualitativa oltre che quantitativa, applicabile sia ai materiali costruttivi che alla vegetazione o alle attività umane, permette di operare univocamente su contesti e programmi notevolmente complessi. Il raggiungimento di uno stato di equilibrio dinamico è lo scopo ultimo dell'approccio Feng Shui al progetto ed è la filosofia d'intervento che governa le scelte insite nel processo pianificatorio. Un tale assunto non offusca le competenze artistiche e la sensibilità personale che vengono attivate dal progettista durante il processo di concepimento dell'idea, semmai fornisce la possibilità di percepire il tema mediante punti di vista multipli che consentono di arricchire le risposte progettuali.

La fase di elaborazione del concept è illustrata e descritta nell'esempio seguente.



Si tratta di un ampliamento di una villa unifamiliare e della realizzazione di una piscina esterna. Il programma funzionale richiesto prevedeva la realizzazione di una serra bioclimatica, un volume di ampliamento contenente lo studio con servizi al piano primo e una piscina, con sistemazione delle aree limitrofe. Il progetto precedente, realizzato dagli stessi architetti, utilizzava colori primari per rimarcare ulteriormente le geometrie stereometriche dell'abitazione e caratterizzare gli spazi interni ed esterni. Come si può evincere dalla sovrapposizione della bussola Lo Pan sulle planimetrie, il Sud è situato proprio dove si trova la piscina. Nella valutazione generale delle disposizioni, secondo i 5 Animali, lo spazio simboleggiato dalla Fenice Rossa deve essere auspicabilmente libero e, in condizioni ottimali, dovrebbe essere caratterizzato dalla presenza di Acqua. Tale requisito, qui realizzato, consente, inoltre, di utilizzare l'energia Acqua per portare equilibrio in una zona altrimenti in eccesso di Fuoco, sulla base del ciclo di controllo (legge dei Cinque Movimenti). La proprietà, infatti, definisce un'area con evidente espansione a Sud.

La piscina con doppia sagoma rettangolare, si trova "affondata" in un basamento in vetro a forma di L, sporgente dal terreno. L'insieme di queste figure appartiene al Movimento Legno che, come suggerisce il ciclo creativo/riduttivo (Acqua nutre Legno, per cui Legno toglie energia ad Acqua), va a compensare, attenuandola, la forte presenza di Acqua. La piscina, infatti, faceva parte delle

richieste del cliente, quindi, doveva essere parzialmente compensata attraverso interventi di altro tipo. Casa Bioetica così costruita risponde e anticipa:

La parte di ampliamento si sviluppa parzialmente a Est e maggiormente a Nord-Est. L'energia Terra, alla quale l'orientamento Nord-Est si riferisce (teoria dei Nove Chi), può rivelarsi instabile e non compatibile con un'attività propria della camera da letto, quale era stata la richiesta del cliente. Il volume aggiunto viene costruito a partire dalla "modellatura" di superfici opache che denunciano la loro caratteristica bidimensionale. Ciò consente di agire sui flussi del Chi per schermare o aprire gli spazi verso opportuni orientamenti, allo scopo di far fluire le energie necessarie all'equilibrio dinamico dell'abitazione.

## 10.4 Una Casa migliore

Casa Bioetica risponde alle richieste della Bioedilizia, **grazie all'impiego di materiali a-tossici e/o reversibili**. Materie prime già presenti in Natura e disponibili in grandi quantità, in tutto il mondo che dimostrano un bassissimo, se non nullo, impatto sull'Ambiente. **Il Life Cycle Assessment (LCA)** di tali materiali, infatti, considerando l'intero ciclo di vita (dall'estrazione alla produzione, alla distribuzione, all'uso, al riciclaggio e alla dismissione), **conferma prestazioni irraggiungibili da parte di tutti gli altri materiali da costruzione**.

Così, si propone un modo più evoluto di pensare la casa e di progettare il suo inserimento nell'Ambiente, al passo con le future Normative e lo sviluppo tecnologico, ma in linea anche con i **principi dell'architettura bioclimatica**, traendo ispirazione dalla tradizione di antiche costruzioni presenti in tutto il mondo e **usando materiali tradizionali realizzati con moderni procedimenti**.

L'utilizzo di materiali naturali, usati da sempre come la terra cruda, canapa, sughero, calce naturale e legno, in combinazione con una innovativa tecnologia costruttiva, consente di mantenere tutti gli evidenti vantaggi che le case "massive" (una casa si può definire massiva quando 1 metro cubo di parete pesa più di 1000Kg) costruite prima degli anni '50 avevano, aggiungendo quelli relativi al risparmio energetico di così grande e impellente attualità ai nostri giorni.

Casa Bioetica è **caratterizzata da un involucro termodinamico - traspirante dal comportamento "adattivo"** composto di massa pesante in terra cruda e isolamento in fibre di canapa - riso - sughero, con struttura portante a "superiore" capacità antisismica in acciaio - fibra di vetro GFRP (glass fiber reinforced polymers) - legno. Tutte soluzioni che garantiscono **sicurezza abitativa, climatizzazione "passiva" dell'edificio, isolamento acustico e benessere termo-igrometrico, per un miglior comfort ed un concreto risparmio energetico in tutte le stagioni dell'anno**.

I materiali utilizzati presentano caratteristiche "proprie" rimarchevoli e sono:

- la terra cruda eternamente reversibile;
- il sughero privo di trattamenti chimici e riciclabile;
- il legno senza solventi e colle che diventa di per sé energia;
- la calce naturale NHL ecologicamente smaltibile;
- la canapa facilmente compostabile;
- l'acciaio riutilizzabile al 100%;
- la fibra di vetro con filamenti continui non pericolosa per l'Ambiente e l'Uomo;
- La pula di riso ricca di silicio che trova applicazione nella produzione di legante idraulico ecosostenibile.



Casa Bioetica così costruita risponde e anticipa:

1. **le direttive Europee nZEB** - le Directive 2002/91/EU e Recast-Directive2010/31/UE per gli "edifici a energia quasi 0";
2. **le Comunicazioni della Commissione Europea COM (2014) 398 verso l'ECONOMIA CIRCOLARE;**
3. **le Norme CAM – relative al Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della Pubblica Amministrazione (PANGGP).**

Normative, dunque, che questo "Progetto modello" già oggi soddisfa, consentendo di mantenere nel tempo il valore dell'immobile e proiettandosi così nel futuro.

Queste caratteristiche sono implementate e mantenute anche qualora si trattasse di **Ristrutturazione e Riqualficazione** del patrimonio edilizio esistente.

L'applicazione della Progettazione Bioetica, con l'utilizzo degli stessi materiali, consente di migliorare anche in questo caso le performance abitative, le prestazioni energetiche, **auementando il livello percentuale di sostenibilità ambientale ed eco compatibilità del manufatto originario.** Analogamente, lo riconduce alla conformità delle Norme vigenti e future.

**In un sistema casa così non ci si prende cura soltanto dell'Ambiente, ma ci si preoccupa di come si vive, di dove si vive...**

## 10.5 Medicina dell'Habitat

**Casa Bioetica usa rigorosamente materiali trasparenti ai campi magnetici e bio-ecologici certamente innocui per la salute.** Solo materiali "sani", traspiranti e lavorati senza l'impiego di sostanze chimiche nocive o irritanti quali nanotecnologie, colle, vernici, PVC, cartongesso da desolfurazione, solventi e tutte quelle sostanze che diventano causa esponenziale dell'inquinamento indoor.

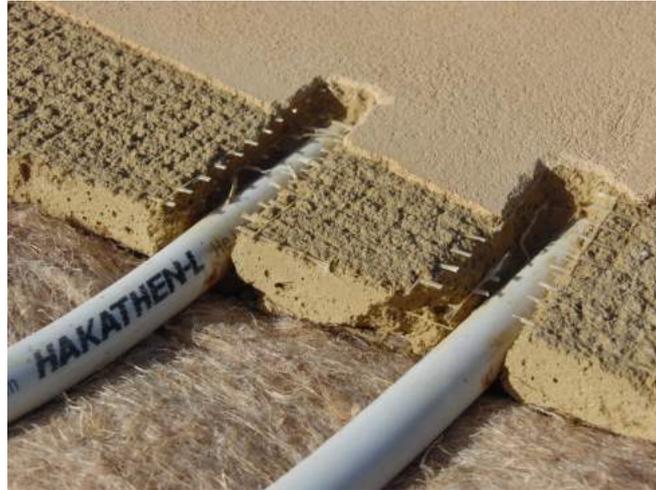
**Non è previsto l'impiego del cemento declassato e dei suoi derivati all'interno dell'abitazione, a causa delle scorie e degli additivi di sintesi contenuti, così come il calcestruzzo armato di una fitta rete metallica (platea), per escludere l'insorgere di patologie e alterazioni cellulari, causate dalla distorsione armonica del naturale reticolo geoenergetico terrestre.** Anche i complementi e gli stessi accessori di Interior Design vengono accompagnati dalla "scheda di sicurezza", per attestare che siano privi di metalli pesanti, elementi radioattivi o possano espellere componenti volatili Voc, Cov, ecc.

**Vista l'assenza di queste molteplici sostanze contaminanti, non si richiede alcun impianto di areazione forzata VMC (Ventilazione Meccanica Controllata),** poiché la terra cruda consente una naturale purificazione dell'aria dalle sostanze nocive, dal fumo e dai cattivi odori, rendendo **più che sufficiente aprire ogni giorno le finestre per qualche minuto.** Il ricambio dell'aria così ottenuto, non comporta sprechi di calore che viene mantenuto nel paramento interno dell'involucro edilizio, garantito dalla sua inerzia termica. L'argilla per giunta assicura, in casa, un costante tasso di umidità relativa intorno al 50%, ideale per l'Uomo e stabile durante tutto l'anno, evitando la formazione di condensa e muffe grazie alla sua elevata igroscopicità. Consente anche di mantenere sempre pulita e salubre l'aria interna riducendo la formazione di polvere, di micropolveri e acari fino al 90%, merito delle proprietà antistatiche, contribuendo così a prevenire molti disturbi e malattie delle vie respiratorie quali asma e allergie, **oltre a schermare dalle radiazioni elettromagnetiche provenienti dall'esterno dell'abitazione.**

Tali caratteristiche si rivelano fondamentali per una corretta prevenzione della "SBS" e per tutte quelle intolleranze ancora in via di approfondimento, raggruppabili nella definizione di "Multiple Chemical Sensitivity"(MCS).

**In presenza di particolare inquinamento atmosferico** è importante depurare l'aria in ingresso all'abitazione. Vengono quindi **previste brevi canalizzazioni (max. 50 cm) totalmente ispezionabili** per evitare la proliferazione di agenti patogeni nocivi, causa anche delle malattie sopra citate.

Impianto idronico a parete-soffitto-pavimento



Per quanto riguarda il riscaldamento ed il raffrescamento entra in funzione uno "specifico" impianto idronico radiante a bassa inerzia termica con le serpentine a parete, a soffitto e a pavimento. Il sistema si caratterizza per una messa a regime veloce e di facile gestione con tempi di risposta molto rapidi, evitando spiacevoli eccessi di temperatura soprattutto durante le mezze stagioni. L'impianto funziona in modalità on-off reagendo attivamente alle mutate condizioni di contorno ( al numero degli occupanti, all'aumento o al diminuire dei carichi termici, agli apporti gratuiti di energia solare, ecc ) assicurando al corpo umano una continua ed avvolgente sensazione di benessere.

**La terra cruda facilita l'accumolo della temperatura trasmessa dall'acqua, mantenendo per molto tempo le superfici nella condizione di irraggiare i locali anche a impianto spento, migliorando il comfort abitativo.** Tale impianto si dimostra altresì sano perchè non favorisce, come invece avviene con i sistemi convettivi, le problematiche legate all'igiene dei filtri ed il movimento dell'aria con la diffusione delle micropolveri sottili, i "micidiali" PM10, causa di allergie e l'insorgere di tumori polmonari.

## 10.6 Comfort abitativo

Studi recenti nell'ambito della fisica dell'edificio hanno dimostrato come il solo isolamento termico per il freddo invernale non sia sufficiente a garantire il risparmio energetico e il giusto comfort abitativo durante tutti i periodi dell'anno. Tali studi si riferiscono soprattutto ai Paesi dell'Europa meridionale e a quelli della fascia mediterranea, come l'Italia, dove le condizioni più critiche si manifestano in estate e non solo d'inverno.

Un ruolo fondamentale è rappresentato dall'inerzia termica degli elementi costruttivi e dell'involucro edilizio. Tale caratteristica dipende in larga parte anche dalla capacità dei materiali impiegati di assorbire e cedere calore.

La terra cruda, da questo punto di vista, risulta essere un materiale altamente performante a cui si sommano altre proprietà uniche per un materiale da costruzione, come la fonoassorbenza e la regolazione dell'umidità.

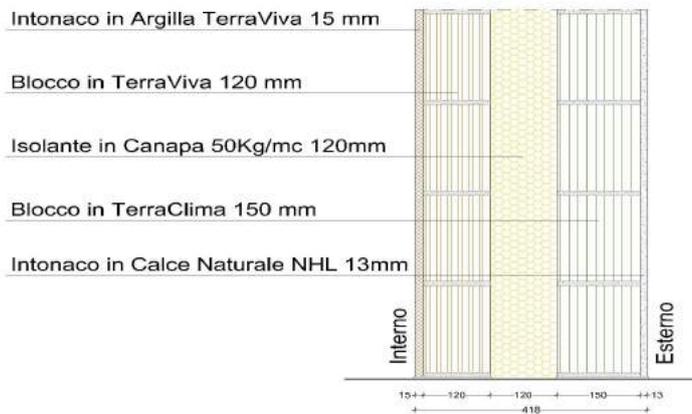
Per questo motivo **si prevede, per ciascun elemento costruttivo** (parete, solaio o copertura), almeno **uno strato "funzionale" in terra cruda rivolto all'interno degli ambienti abitati con lo scopo di aumentare** quella che viene definita "Capacità termica areica interna periodica" ( $C_{ip}$ ), **cioè la capacità di assorbire i carichi termici presenti all'interno dei locali.**

La normativa italiana non indica allo stato attuale per la progettazione residenziale, adeguati valori limite di  $C_{ip}$  da rispettare, però impone per quella pubblica di non scendere mai al di sotto di 40 KJ/m<sup>2</sup>K (visto precedentemente al Paragrafo 5.5), valore effettivamente troppo basso. Tale valore, per dare riscontri sufficienti di comfort, non deve mai scendere al disotto dei 50 KJ/m<sup>2</sup>K (visto precedentemente al Paragrafo 5.6)

**Casa Bioetica raggiunge addirittura 68,6 KJ/m<sup>2</sup>K**

Casa Bioetica- Un esempio di stratigrafia (Valore U medio di 0.19 W/m<sup>2</sup>K) in linea con le Normative "nZEB", per qualsiasi fascia climatica italiana:

Spessore 41,80 cm



Massa superficiale 295 Kg/m<sup>2</sup> 😊

Trasmittanza termica U = 0,182 W/m<sup>2</sup>K 😊

Trasmittanza termica periodica Y<sub>ie</sub> = 0,009 W/m<sup>2</sup>K 😊

Sfasamento φ = 18.30 ore 😊

Attenuazione fd = 0,051 😊

Capacità termica areica periodica lato interno (C<sub>ip</sub>) K<sub>1</sub> = 68,6 KJ/m<sup>2</sup>K 😊

1) Scegliere il tipo di componente edilizio			2) Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 24 ore)						24	
Chiusura verticale			Periodo delle variazioni termiche T		[sec]	86400				
			Resistenza termica sup interna Rsi		[m <sup>2</sup> K/W]	0,13				
			Resistenza termica sup esterna Rse		[m <sup>2</sup> K/W]	0,04				
Descrizione degli strati	Spessore (s) [m]	Conduttività termica (λ) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza termica aria [m <sup>2</sup> K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (δ) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m <sup>2</sup> K/W]	
Rsi	Aria	Strato laminare interno	1	3	4	5			0,130	
1		Intonaco in TerraViva	0,015	0,800	850	1250		0,144	0,104	0,019
2		Blocco in TerraViva	0,120	0,850	1021	1688		0,116	1,030	0,141
3		Canapa 50kg/mc	0,120	0,040	1700	50		0,114	1,055	3,000
4		Blocco in TerraClima	0,150	0,070	1870	330		0,056	2,686	2,143
5		Intonaco in calce NHL	0,013	0,540	1450	1400		0,086	0,152	0,024
6								-	-	-
7								-	-	-
8								-	-	-
9								-	-	-
10								-	-	-
11								-	-	-
12								-	-	-
13								-	-	-
14								-	-	-
15								-	-	-
Rse	Aria	Strato laminare esterno								0,040
Spessore totale componente [cm]			41.80		Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]			5.497		
<a href="http://www.mygreenbuildings.org">http://www.mygreenbuildings.org</a>			<b>RISULTATI</b>			2011 @ Ing. Andrea Ursini Casalena				
<b>Regime periodico stabilizzato</b>				T = 24 ore		<b>Regime stazionario</b>				
Fattore di decremento (attenuazione)		fd	[-]	0,051		Massa superficiale		Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	295
Ritardo fattore di decremento (sfasamento)		φ	[h]	18,30		Resistenza termica totale		Rt	[m <sup>2</sup> K/W]	5,497
Trasmittanza termica periodica		Y <sub>ie</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	0,009		Trasmittanza		U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,182
Ammetenza termica lato interno		Y <sub>ii</sub>	[W/m <sup>2</sup> K] , [h]	4,99		Conduttanza		C	[W/m <sup>2</sup> K]	0,188
Ammetenza termica lato esterno		Y <sub>ee</sub>	[W/m <sup>2</sup> K] , [h]	3,12		Capacità termica areica		C <sub>ta</sub>	[kJ/m <sup>2</sup> K]	352
Capacità termica periodica lato interno		k <sub>1</sub>	[kJ/m <sup>2</sup> K]	68,6		Costante di tempo		τ	[h]	537
Capacità termica periodica lato esterno		k <sub>2</sub>	[kJ/m <sup>2</sup> K]	42,8						
Fattore di smorzamento superficiale interno		fsd	[-]	0,351						
Parete disperdente		fsi	[-]	0,352						
Parete interna				0,594						
				0,595						

Garantire questo valore, soprattutto se in combinazione all'eccellente Effusività termica della terra cruda, si traduce in un'efficace climatizzazione passiva con conseguente riduzione dei consumi per il riscaldamento e il raffrescamento: **in inverno le superfici rimangono più calde e più a lungo**, anche una volta spento l'impianto di riscaldamento, mentre **in estate restano fresche e più a lungo**, anche durante le ore più calde.

A questo andrà aggiunta la capacità di regolazione dell'umidità propria della terra cruda, che aiuta ulteriormente a migliorare la percezione della temperatura effettiva, nonché ad evitare la formazione di muffe.

Anche dal punto di vista dell'isolamento termico si pone riguardo ai dettagli costruttivi per permettere di ottenere un microclima sano all'interno dell'abitazione. Infatti, l'involucro edilizio si

completa di materiali capaci di assolvere la perfetta funzione igroscopica e fungere da “trappola” termica (stratificazioni isolanti a diversa densità specifica), che permettono di espellere l'umidità in eccesso verso l'esterno delle stratigrafie, mantenendo sempre asciutto il materiale isolante.

Ne consegue **l'eliminazione di qualsiasi ponte termico e l'impossibilità della formazione di condense interstiziali-superficiali**, che vengono preventivamente analizzate nel dettaglio costruttivo, con metodo agli elementi finiti secondo Norme tecniche UNI EN ISO 10211:2008 e la UNI EN ISO 13788:2013.

## 10.7 Sicurezza sismica

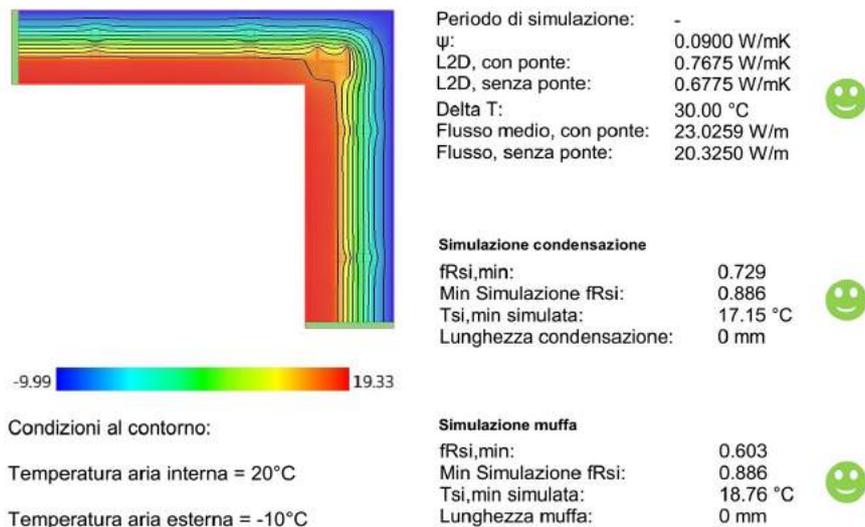
Particolare attenzione viene riservata all'aspetto della sicurezza in condizioni statiche e sismiche. Il telaio strutturale in elevazione viene realizzato in acciaio - GFRP - legno. L'impiego di questi due materiali, l'acciaio e il pultruso in fibra di vetro, permette di realizzare strutture portanti resistenti, duttili, dissipative e allo stesso tempo **durevoli e inattaccabili dagli alcali, soprattutto a livello di fondazioni**. Tali strutture, con elementi più leggeri e con sezioni ridotte **sono progettate per sfruttare al massimo le risorse plastiche della terra cruda**, al fine di dissipare l'energia sismica, rendendo, in questo modo, **la costruzione più sicura e capace di rimanere abitabile anche dopo continue e ripetute scosse**.

La tecnologia strutturale adotta, a partire dallo spiccato di fondazione, un “dedicato” telaio con capacità dissipativa calcolato con criteri di analisi dinamica, che consente di mantenere le **medesime performance di sicurezza, indipendentemente dal numero di piani dell'edificio**, e di **ottenere l'attribuzione della classe di rischio sismico A+** per gli interventi di ristrutturazione, come da D.M. 58 del 28 Febbraio 2017 con successive modifiche e integrazioni.

**Inoltre per le nuove costruzioni si rispettano le più restringenti normative applicate in ambito internazionale.**

### STRUTTURE IN ELEVAZIONE

Analisi angolo stratigrafia opaca verticale con metodo agli elementi finiti



La struttura in elevazione elimina nelle zone portanti ogni peso superfluo, concentrando invece la massa nell'involucro, cioè là dove serve. Il telaio strutturale pesa 16 volte meno del telaio equivalente in cemento armato, i solai di piano ed il tetto in legno insieme al solaio di terra interamente realizzato in pannelli e profili GFRP, contribuiscono in modo determinante alla leggerezza dell'edificio. Il risultato finale è una costruzione molto più leggera, che seppur dotata di una certa massa, pesa mediamente il 40% in meno rispetto a una costruzione tradizionale in muratura o con telaio in cemento armato.

**L'acciaio smagnetizzato**, sotto forma di profili standard scatolari ed alveolari trattati alla zincatura, è direttamente collegato alle travi di fondazione con connessioni bullonate, **quindi privo di saldature in opera per prevenire fenomeni di corrosione.**

All'interno di alcuni punti della struttura costituita di pilastri in acciaio poco diffusi (questo si traduce nella possibilità di aperture ampie nelle pareti), vengono inseriti profili dissipativi in GFRP come **sistema sismo-resistente ad azione antiribaltamento delle tamponature**, per assicurare l'assoluta stabilità dell'intera stratigrafia muraria e in modo particolare **capace di sostenere le spinte di taglio esercitate dai 221Kg/mq del paramento in terra cruda.** Gli elementi in acciaio come quelli in GFRP, quali travi e pilastri, sono posizionati completamente all'interno dello spessore dell'isolante in canapa - sughero a eliminazione dei ponti termici, e in corrispondenza delle pareti perimetrali; quest'ultime vengono collegate al telaio strutturale con **particolari ancoraggi in grado di agevolare il comportamento "elastico" dell'intero edificio.**

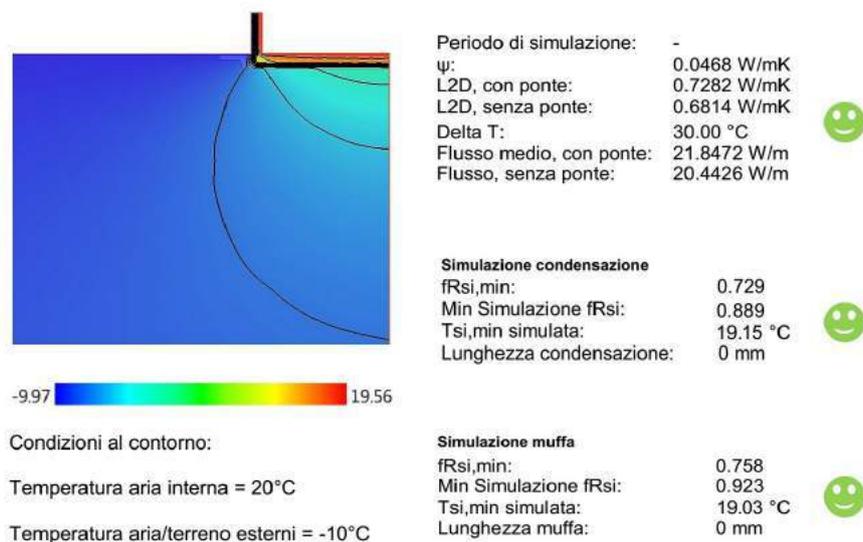
L'adozione dell'acciaio in combinazione con il GFRP ed il legno, viene fatta in base alla complessità del progetto architettonico, alle esigenze statiche e alle preferenze della committenza. Il montaggio in cantiere delle strutture risulta particolarmente veloce e senza imprevisti poiché queste sono verificate preliminarmente in stabilimento prima del trasporto in situ.

**Il legno impiegato di varie essenze** è lavorato e giuntato a perfetta regola d'arte, nel caso in cui si rendessero necessarie capriate o travi con luci notevoli, si realizzano soluzioni su misura con carpenteria **interamente in legno massiccio**, quasi sempre con l'adozione di rinforzi strutturali invisibili. Per alcuni elementi costruttivi particolarmente esposti, quali balconi, porticati ecc, viene utilizzato il GFRP rivestito con il legno, perchè **garantito a vita per l'uso strutturale in esterno.**

I solai di piano e di copertura sono sempre realizzati in legno con struttura costituita da orditura e assito, con travi a vista o non a vista. I solai di piano prevedono un doppio tavolato incrociato sopra l'orditura, ciò consente di realizzare un impalcato sufficientemente rigido nel proprio piano, assicurando un'adeguata risposta in condizioni sismiche. I solai di copertura prevedono invece un assito semplice, irrigidito nel proprio piano mediante elementi di controvento in acciaio.

## LE FONDAZIONI ECOLOGICHE - AMAGNETICHE

Analisi angolo di attacco stratigrafia opaca verticale-fondazione con metodo agli elementi finiti



In "ordinarie" condizioni geologiche, **si prevede l'uso di conglomerato cementizio con quantità mediamente inferiori al 50% rispetto alle comuni fondazioni.**

Ugualmente i muri contro terra dei locali semi interrati ed interrati hanno ridotto calcestruzzo e **non contengono armature sensibili all'interferenza dei naturali campi magnetici terrestri.**

Le fondazioni "ecologiche" a basso impatto ambientale, sono di tipo continuo e vengono realizzate mediante profili standard alleggeriti in acciaio smagnetizzato, accoppiati e collegati mediante unioni bullonate e posati su elementi di ripartizione del carico (tipo Macadam), realizzati in trincea.

*Come mai un ritorno a questi sistemi antichi, alle fondazioni in trincea?*

Sono sistemi collaudati da secoli: le strade romane ancora esistenti oggi, i palazzi medioevali in tutte le città italiane sono un valido esempio perché costruite su fondazioni in trincea, riempite da un insieme di pietre locali di varie dimensioni a seconda delle esigenze.

Le fondazioni di questo tipo si caratterizzano per l'estrema leggerezza, rigidità, capacità drenante, praticità in fase di scavo e per il fatto di costruire **un vero e proprio sistema di attenuazione sismica in grado di diminuire l'entità dell'energia trasmessa all'edificio** nel caso di terremoto. La loro realizzazione prevede solitamente l'asportazione del terreno vegetale più superficiale di ca. 20-30 cm e l'opera di scavi a sezione obbligata per una profondità di ca. 100-120 cm e larghezza variabile immediatamente riempiti con la stratificazione stabilizzata di ciottoli, sabbia, ghiaia e calce naturale. Nel caso in cui, a causa della scarsa resistenza meccanica del terreno, si rendesse necessaria la posa di fondazioni profonde anziché superficiali, a seconda dei casi pratici può essere eseguita una palificazione di medio diametro con ghiaia stabilizzata ben compattata e successiva massicciata, oppure una micropalificazione in C.A.

Ogni elemento di fondazione orizzontale e verticale contro terra viene **avvolto totalmente da un sistema di isolamento idraulico-termico-antiRadon, che esclude anche la trasmissione degli agenti nocivi contenuti nel calcestruzzo verso i locali abitati.** Quando utile, vengono interposti **degli isolatori sismici** per consentire un disaccoppiamento tra il moto della struttura di fondazione e il moto della struttura in elevazione, **escludendo totalmente qualsiasi ripercussione sismica.**

## 10.8 Caratteristiche costruttive

Intonaco pregiato in TerraViva



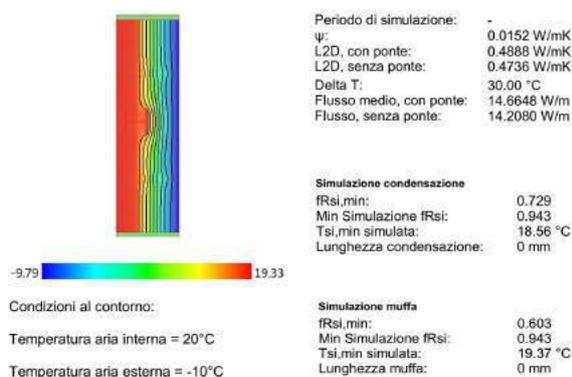
Le pareti perimetrali sono composte, dall'interno verso l'esterno, da un paramento di blocchi pesanti in TerraViva (un composito di terra cruda vergine e fibre vegetali, la cui massa specifica è di 1688 Kg/mc), costituito da una singola fila di elementi di vario spessore e dalla coibentazione in canapa - canapulo - sughero inserita nello spessore della struttura portante, questi ultimi dimensionati per raggiungere un determinato Valore U.

Esternamente la stratigrafia si completa con un paramento di blocchi alleggeriti in TerraClima (un geocomposito di leganti naturali e granulati vegetali -non cotto-), pietra naturale, oppure con una facciata di tipo ventilato, ad esempio, in doghe di legno termotrattato, ecc. Dove vi sia la necessità di contenere i pesi, ad esempio in caso di sopraelevazione di costruzioni esistenti, esternamente si procede alla realizzazione di un sistema d'isolamento esterno a cappotto in fibra di canapa e calce naturale. I blocchi in TerraViva vengono posati gli uni sopra gli altri, a giunti verticali sfalsati e sottili, mediante speciale legante semiliquido in argilla naturale, che va a saldare e rendere solidi i singoli elementi, formando così un monolite. In questo tipo di parete eventuali impianti vengono fatti passare all'interno del blocco, realizzando tracce mediante fresatura e procedendo alla successiva chiusura con riempitivo in argilla prodotto con il materiale ricavato dalle tracce stesse, impastato con acqua e sabbia fine, ripristinando così in modo omogeneo la continuità della parete, senza sprechi di materiale e senza rifiuti. **Questo garantisce un'adeguata sicurezza degli impianti elettrici, i quali**

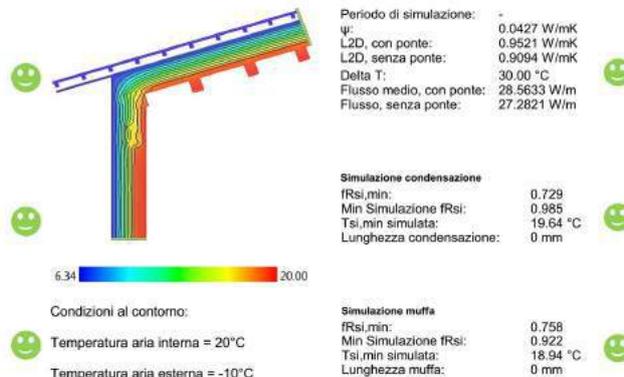
sono sempre immersi in un materiale non combustibile e privo di cavità, evitando di alimentare possibili fiamme di un ipotetico incendio. La finitura delle pareti interne avviene solo mediante la stesura di intonaco a spessore di circa 1,5 cm, sempre in TerraViva per mantenere inalterate le proprietà termo-igrometriche dell'intero involucro.

L'intonaco pregiato, è già colorato in pasta, pertanto non necessita di ulteriori interventi di pitturazione, né in fase di costruzione né in fase di manutenzione nel corso degli anni, poiché per rinnovare il colore originale è sufficiente passare sulle superfici intonacate una spugna inumidita con dell'acqua pulita. Esternamente, per proteggere le superfici dagli agenti atmosferici vengono realizzati intonaci e rasature altamente traspiranti, mediante prodotti in vera calce idraulica naturale nello spessore minimo di ca. 1 cm, completati da finiture colorate in pasta in calce, dello spessore di 2-3 mm. Sia negli intonaci esterni che interni sono previste reti d'armatura in fibra di vetro e canapa che hanno una duplice funzione: assorbire i piccoli sforzi di trazione che porterebbero alla formazione di antiestetici cavillature e contribuire all'assoluto livello di sicurezza in condizioni di sisma, **preservando le pareti da qualsiasi meccanismo di espulsione e macrofessurazione.**

Analisi stratigrafia opaca verticale con metodo agli elementi finiti



Analisi angolo di attacco stratigrafia opaca verticale-tetto con metodo agli elementi finiti



La copertura prevede la realizzazione di coperture inclinate o piane, con struttura portante a singola e/o a doppia orditura, completata di tavolame in legno o tavelle in terra cotta.

Al di sopra si posano a secco uno o due strati di tavelle in TerraViva a formare una soletta, questa **fondamentale nel raffrescamento passivo e nel mantenimento della temperatura interna** poiché va ad aumentare l'inerzia termica e la capacità termica della struttura in legno che da sola, insieme all'isolante, non sarebbe sufficiente. Inoltre, lo strato massivo **migliora il potere fonoisolante e crea uno scudo nei confronti dell'inquinamento elettromagnetico esterno, ma anche del fuoco.** Sopra la superficie in TerraViva è prevista la posa dell'isolante in canapa, canapulo, sughero e/o uno strato di TerraClima, nello spessore più opportuno in base alle esigenze di progetto. A seconda delle specifiche del progetto architettonico si possono mettere in opera anche coperture continue e non, ad esempio lamiera metallica, pietra, scandole, prato erboso, ecc.

## 10.9 Attestazione Energetica-Ambientale

Attualmente, i calcoli richiesti dell'edificio contenuti nella Relazione tecnica Art. 28 EX. Legge 10/91, sono effettuati in quella che viene definita "simulazione energetica in regime stazionario o semi-stazionario". Questo è però solo la punta dell'iceberg di tutta quella branca di fisica dell'edificio che si occupa di simulazione energetica.

Infatti, in proiezione al futuro, le metodologie di calcolo più idonee allo studio del comportamento dell'edificio sono quelle in "regime dinamico". Queste, si sposano maggiormente alle attività di progettazione avanzata come la diagnosi energetica, lo studio bioclimatico fino ad arrivare alla miglior realizzazione di edifici nZEB.

### *Cos'è la Simulazione Energetica degli Edifici?*

La simulazione energetica consiste nella realizzazione di un modello numerico capace di descrivere le caratteristiche dell'edificio e degli impianti, con l'esecuzione di calcoli finalizzati all'ottenimento di informazioni energetiche del sistema edificio-impianto, quando sottoposto a particolari sollecitazioni.

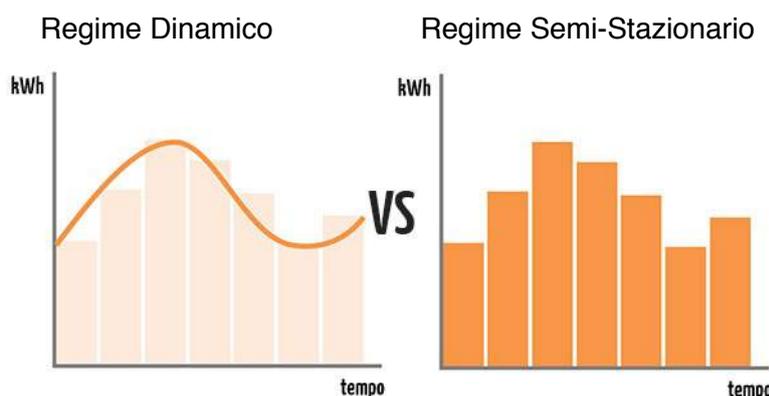
In pratica è necessario costruire una procedura di calcolo con tutti gli annessi algoritmi, inserire tutte le informazioni geometriche e termofisiche dell'edificio da simulare, nonché inserire tutte le informazioni prestazionali degli impianti, impostare le forzanti del sistema edificio-impianto (interne ed esterne) ed effettuare i calcoli tramite l'utilizzo dei software. Grazie all'intensa attività degli studiosi di fisica dell'edificio di tutto il mondo, sono disponibili oggi varie procedure di calcolo, utilizzando metodologie più o meno dettagliate in funzione delle necessità di simulazione, già pronte all'uso; così come sono disponibili numerosi software che implementano tali procedure. Cresce quindi **l'importanza di non affidarsi solo ai programmi di calcolo, ma anche all'esperienza del tecnico sapiente e cosciente di ciò che sta dietro a questi software.**

Nel caso di simulazione energetica semi-stazionaria l'intervallo temporale di simulazione coincide con un singolo mese.

Il modello numerico, che possiamo definire semplificato, prevede dunque un trasferimento di energia tra edificio e ambiente esterno in condizioni fisse. Vengono mantenute cioè costanti all'interno dell'intervallo temporale di simulazione sia le modalità di utilizzo dell'edificio (occupazione, apporti interni, ecc.) sia le condizioni climatiche (temperature e condizioni atmosferiche). Si tratta in sostanza di un calcolo con condizioni al contorno medie (stagionali o mensili) e ad apporti termici medi.

Sebbene tali metodi non consentono di definire con sufficiente grado di dettaglio il comportamento nel tempo del sistema edilizio è sempre più evidente tra i progettisti l'esigenza di una progettazione che possa valutare l'interazione tra i vari sub-sistemi dell'edificio-impianto e che sia in grado di prevedere le risposte del sistema al variare delle condizioni al contorno.

**La Simulazione Energetica Dinamica** è una metodologia di calcolo su base oraria che consente di verificare il comportamento degli edifici e di prevedere gli effetti di scelte progettuali anche complesse, simulando l'andamento reale dei consumi. Le verifiche risultanti riguardano **non solo i bilanci termici e le condizioni termiche e igrometriche all'interno del fabbricato, ma anche i consumi di energia elettrica, l'illuminazione e la verifica delle condizioni di comfort.**



Anche nella simulazione energetica in regime dinamico, come la precedente, il flusso di calore segue l'analogia elettrotermica.

In aggiunta alle caratteristiche resistive dell'involucro sono però prese in considerazione anche le caratteristiche capacitive, ovvero **si tiene conto anche della proprietà di immagazzinamento del calore degli elementi massivi dell'involucro**. Si valorizza pertanto la cosiddetta inerzia termica dell'involucro edilizio opaco.

Ciò è possibile utilizzando un intervallo temporale di simulazione più breve rispetto al caso di simulazione energetica in regime semi-stazionario, facendo in modo che le condizioni di partenza nei calcoli energetici per ciascun intervallo di tempo siano il risultato di quelli condotti per l'intervallo di tempo precedente.

È così che l'intervallo temporale di simulazione può arrivare fino al minuto e che la temperatura interna ai locali non sia un dato imposto, ma un risultato della simulazione energetica. In pratica è possibile non inserire l'impianto e vedere come fluttua – free floating – la temperatura interna dei locali al variare delle forzanti del sistema.

Queste ultime non sono fisse come nel caso precedente, ma programmate nel tempo attraverso l'utilizzo di schede temporali (occupazione, apporti gratuiti, ecc.) e di file climatici ricavati da elaborazioni statistiche.

In sintesi è come avere un termostato all'interno del locale che attiva e disattiva l'impianto in funzione della temperatura del locale, in cui le prestazioni dell'impianto dipendono tanto dalla sua potenza quanto dalle condizioni in cui esso opera.

È evidente come una simulazione energetica condotta in regime dinamico fornisce molte informazioni su come il sistema edificio-impianto risponde alle sollecitazioni (interne ed esterne). Pertanto questo non toglie che, integrando su tutto il periodo di simulazione i risultati energetici di dispersione attraverso l'involucro e consumo di combustibile, sia possibile ottenere il fabbisogno energetico e il consumo energetico (elettricità, gas naturale, ecc.) dell'edificio come si ha per i calcoli effettuati in regime semi-stazionario.

Principali risultati ottenibili con la simulazione dinamica:

- stima dei consumi energetici dell'edificio e degli impianti;
- verifica dell'effetto della massa e del comportamento inerziale;
- verifica delle temperature radianti ed operanti;
- bilanci di calore latente e verifiche di condensa superficiale ed interstiziale;
- verifiche di illuminamento naturale e calcolo del fattore di luce diurna medio;
- verifica dell'efficacia di strategie di ventilazione naturale ;
- analisi della generazione e rimozione degli inquinanti;
- stima delle potenze specifiche dei locali;
- stima delle potenze di picco dei macchinari;
- valutazione della produzione di energia da fonte rinnovabile;

- calcolo delle emissioni di CO2 del fabbricato;
- stima dei consumi reali del fabbricato e dei costi di gestione .

L'enorme numero di dati processati uniti alla caratteristica intrinseca delle metodologie dinamiche con intervalli temporali di simulazione molto brevi, comporta oneri di calcolo molto elevati. Per questo motivo le Università e gli Enti istituzionali che hanno sviluppato tali metodologie le hanno fin da subito implementate in software dedicati.

D'altra parte però, le risorse dei calcolatori moderni permettono simulazioni energetiche dinamiche di modelli di edifici anche notevolmente complessi in tempi ragionevoli, estendendo di fatto a chiunque la possibilità di effettuare questo tipo di analisi.

Come già elencato precedentemente sui principali risultati ottenibili con la simulazione dinamica, essa è un valido ausilio alla progettazione edile ecosostenibile.

Il primo aspetto riguarda la progettazione *bioclimatica* la quale si applica soprattutto, ma non solo, alla progettazione *ex-novo* di edifici. L'orientamento dell'edificio, il grado di coibentazione dell'involucro edilizio, massa termica del singolo ambiente, controllo della radiazione solare entrante dai componenti trasparenti dell'involucro, ventilazione naturale umidificazione, sono tutti aspetti valutabili in regime dinamico. Di conseguenza **si può avere come risultato finale il massimo effetto utile in termini di comfort e risparmio energetico.**

Lo stesso discorso è valido per la riqualificazione energetica degli edifici esistenti che come ben sappiamo, in Paesi come l'Italia, rappresenta la vera sfida per il futuro. Più nello specifico si parla di una corretta *diagnosi energetica*. Questa analisi non sarà basata su come l'edificio è o sarà utilizzato, ma dovrà essere fondato sulla base di tre fattori fondamentali: stato di fatto dell'edificio, comportamento degli occupanti e costo dell'energia.

Per chiudere il cerchio la simulazione dinamica permette di *realizzare edifici nZEB* la quale costituirà nel prossimo futuro uno standard progettuale che riguarderà sia la progettazione di nuovi edifici sia la riqualificazione di quelli esistenti.

Nella progettazione di edifici a energia quasi zero diventa fondamentale però creare un modello di edificio che riproduca quanto più fedelmente possibile il modo in cui l'immobile verrà utilizzato.

Questa tipologia di edifici utilizzerà dunque solo elettricità che produrrà quasi sempre attraverso **l'utilizzo di un impianto fotovoltaico**. Quest'ultimo, come è ben noto, **ha elevati costi iniziali** ammortizzabili negli anni. Questo fa sì che la valutazione economica sia l'elemento più importante e più delicato da affrontare.

**Sottostimare o sovrastimare grossolanamente le dimensioni dell'impianto fotovoltaico potrebbe portare risultati economici molto penalizzanti per il costruttore che in questo caso diventa un vero e proprio investitore, senza considerare i costi e soluzioni ambientali per il futuro smaltimento dell'impianto.**

Profili di utilizzo e tasso di consumo di tutte le apparecchiature dell'edificio, preposte o meno alla climatizzazione, devono essere opportunamente studiate e modellate.

Anche le tariffe energetiche utilizzate nei calcoli assumono rilevante importanza, così come assume rilevante importanza conoscere il profilo temporale di generazione dell'elettricità.

La simulazione energetica dinamica permette dunque di mettere in relazione profili di generazione e profili di consumo dell'elettricità e associare ad essi la relativa tariffa energetica.

Uno dei maggiori esperti in questo campo è certamente **Andrea Ursini Casalena**. Dottore di Ricerca in Scienze dell'Ingegneria, specializzato in efficienza energetica e sostenibilità ambientale degli edifici, parte dei contenuti di questa trattazione li ho estrapolati proprio dai suoi illuminanti articoli.

Il mercato greenbuilding è per sua natura internazionale e passa attraverso i protocolli di certificazione ambientale degli edifici. Committenti esteri desiderano realizzare edifici efficienti in Italia, e costruttori, studi e società di ingegneria vengono incaricati di fare altrettanto in Europa.

Il vero vantaggio competitivo per offrire un servizio di qualità, si gioca sulla conoscenza degli standard internazionali di certificazione ambientale degli edifici.

Protocollo Sostenibilità Ambientale Edifici (tabella da fonte 2013):

	LEED	BREEAM	CASACLIMA	HQE	DGNB	ITACA
Origine	US	UK	IT	FR	DE	IT
Nuove costruzioni	X	X	X	X	X	X
Ristrutturazioni	X	X	X	X		
Edifici certificati in Italia	10+	10+	3800+	1	0	?
Edifici certificati all'estero	~ 13000	~ 40000	3	~ 1000	179	0
TIPO DI EDIFICIO CERTIFICABILE						
Residenziale	X	X	X		X	X
Terziario	X	X	X	X	X	X
Ricettivo	X		X	X	X	X
Commercio Retail	X			X	X	X
Scuole	X		X	X	X	X

*Una conseguenza della simulazione dinamica è quella di poter ottenere questi certificati. In particolare, il **Protocollo Casa Bioetica** da sempre attua responsabilmente la normative UNI e contempla gli aggiornamenti CAM trattati precedentemente. Per questo motivo **si presta ad ottenere i massimi punteggi della Certificazione Ambientale Statunitense, LEED.***

La **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)** è la superstar dei protocolli di certificazione di sostenibilità degli edifici, vanta oltre 13000 edifici certificati in tutto il mondo, con centinaia di edifici certificati fuori dai confini USA, dall'Europa al sud America, dalla Cina al Golfo Persico.

In Italia è lo standard estero di certificazione più utilizzato e può vantare 25 edifici già certificati e oltre 100 in corso di certificazione.

## Rating System

### Modello di funzionamento per la certificazione LEED

LEED è un "sistema di valutazione" di sostenibilità degli edifici che riconosce un punteggio e il posizionamento legato al conseguimento di "Crediti" nelle diverse aree della sostenibilità. Un credito può essere conseguito se il progetto e/o la costruzione rispetta i requisiti specifici da esso previsti. E' inoltre necessario rispettare un certo numero di requisiti obbligatori contenuti nei cosiddetti "Prerequisiti".

Le aree di sostenibilità rispetto a cui LEED valuta gli edifici sono:

-  IP Integrative process (Processo integrato)
-  LT Location and Transportation (Scelta del sito e trasporti)
-  SS Sustainable sites (Siti sostenibili)
-  WE Water efficienza (Gestione dell'acqua)
-  EA Energy and atmosphere (Energia e atmosfera)
-  MR Materials and resources (Materiali e risorse)
-  EQ Indoor environmental quality (Qualità dell'ambiente interno)
-  IN Innovation (Innovazione)
-  RP Regional priority (Priorità regionale)

Dal punteggio totale raggiunto deriva il livello di certificazione ottenuto:

**Base** (da 40 a 49 punti)

**Argento** (da 50 a 59 punti)

**Oro** (da 60 a 79 punti)

**Platino** (da 80 a 110 punti)

LEED incoraggia e promuove l'adozione di pratiche per lo sviluppo di edifici sostenibili attraverso la creazione e l'implementazione di strumenti e criteri universalmente condivisi ed accettati. Essa fornisce agli utenti e agli operatori del settore edile gli strumenti di cui necessitano per ottenere un risultato immediato e quantificabile relativamente alle prestazioni dell'edificio.

L'US Green Building Council ha sviluppato, attraverso un processo aperto ai contributi dei Soci e basato sul consenso degli stessi, **diversi Sistemi di Rating o Rating Systems per diverse tipologie di edificio e di intervento**, in cui sono presenti un numero di Crediti comuni a tutti ed alcuni Crediti specifici per tipologia:

#### **LEED BD+C Building Design + Construction**

Valido per:

- New Construction & major renovation;
- Core & Shell;
- Data Centers;
- Warehouse, Distribution Centers;
- Hospitality;

- Schools;
- Healthcare.

Questo rating è stato creato per il conseguimento di elevate prestazioni nella progettazione e costruzione di Nuovi Edifici e Grandi Ristrutturazioni e comprende una ampia rosa di tipologie funzionali. Ad esempio:

### **Core & Shell**

LEED Core & Shell aiuta designer, costruttori, imprenditori e proprietari di nuovi edifici a implementare un design volto alla sostenibilità nell'iter progettuale delle strutture. "Core & Shell" interessa gli elementi di base dell'edificio come la struttura, l'involucro e il sistema HVAC. Questo rating è pensato come un sistema complementare a LEED ID+C in quanto entrambi sviluppano in modo congiunto criteri per "green building" rivolgendosi a imprenditori, proprietari e locatari. LEED "Core & Shell" incoraggia l'implementazione di pratiche sostenibili nella progettazione e nella costruzione in tutte le aree su cui l'imprenditore edile ha il controllo. In questo modo gli imprenditori possono operare scelte "verdi" da cui i futuri locatari potranno trarre beneficio. In conclusione, questo rating vuole creare una sinergia di relazioni che permetteranno ai futuri inquilini di avvantaggiarsi tramite le strategie sostenibili effettuate dall'imprenditore.

### **Schools**

LEED "Schools" premia l'unicità del design e della costruzione per gli edifici scolastici, cercando di rispondere ai bisogni specifici di questi spazi. Basato sull'impronta di LEED "New Construction", offre risposte alla progettazione di edifici scolastici come, ad esempio, soluzioni planimetriche ed acustiche, strategie per il mantenimento della salubrità dell'aria, pratiche per lo sviluppo sostenibile del sito. Questo rating si rivolge alla singolarità delle problematiche che riguardano gli edifici scolastici e alle questioni relative alla salute degli occupanti. LEED "Schools" fornisce uno strumento unico e comprensivo che si propone di ottenere edifici scolastici verdi, ad alte prestazioni ambientali, salubri per gli studenti e gli insegnanti ed efficaci dal punto di vista dei costi-benefici.

### **Retail**

LEED per le "Vendite" riconosce la specifica natura della progettazione e costruzione degli spazi adibiti alla vendita e i particolari bisogni a questi associati.

### **Healthcare**

LEED per la "Tutela della salute" promuove una pianificazione, progettazione e costruzione delle strutture sanitarie, e sviluppa pratiche specifiche per i particolari bisogni del mercato sanitario, inclusa la degenza a lungo termine, le esigenze ambulatoriali, gli uffici medici, l'assistenza, il settore dell'educazione e della ricerca. Questo rating pone all'attenzione dei committenti, dei progettisti, dei costruttori e degli utilizzatori questioni importanti come la sensibilizzazione alle sostanze chimiche e inquinanti, la distanza del parcheggio dalle aree sanitarie e l'accesso agli spazi naturali.

### **LEED O+M Operation + Maintenance Existing Buildings**

LEED per "Edifici Esistenti" costituisce un punto di riferimento per utenti e operatori relativamente alle tematiche della progettazione, del miglioramento e del mantenimento del costruito. Le misure adottate hanno l'obiettivo di massimizzare l'efficienza e minimizzare l'impatto sull'Ambiente. Tale sistema è rivolto all'intero edificio nella sua complessità, incluse tutte le questioni relative alla manutenzione dello stesso, ai programmi di riciclaggio dei rifiuti prodotti e agli interventi di miglioramento effettuabili. Il rating è applicabile sia a edifici esistenti mancanti di precedente certificazione LEED che a edifici certificati precedentemente attraverso LEED BD+C e LEED NC.

## **LEED ID+C Interior Design + Construction**

Valido per:

- Commercial Interiors;
- Retail;
- Hospitality.

Il rating per interni commerciali è un punto di riferimento per coloro che vogliono potenziare e migliorare attraverso scelte sostenibili le progettazioni e installazioni di interni del proprio spazio commerciale; esso costituisce un sistema riconosciuto per la certificazione di interni sostenibili ad alte prestazioni ambientali, che risultano essere spazi salutarì e piacevoli con un basso costo di mantenimento e un impatto ambientale ridotto.

## **LEED Homes**

Valido per:

- Homes;
- Multifamily.

LEED "Homes" promuove la progettazione ed il design di edifici residenziali "verdi" ad alte prestazioni ambientali. Una casa LEED utilizza meno energia, acqua e risorse naturali, produce meno rifiuti ed è più sana e confortevole per gli utenti. I benefici di un edificio residenziale LEED includono la riduzione dei consumi energetici e idrici, delle emissioni in atmosfera di gas inquinanti, CO2 e tossine e degli agenti inquinanti nell'ambiente interno....

## **LEED ND Neighborhood Development**

Valido per:

- New Land Projects;
- Redevelopment Projects.

Questo sistema di rating integra i principi di crescita intelligente e riqualificazione in campo urbanistico e di edilizia sostenibile, comprendendo interventi che da un sistema di edifici in relazione fino a grandi dimensioni considera il tema della sostenibilità a scala di quartiere e sull'ambito territoriale.

## **Gli standard LEED in Italia**

### **LEED Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni**

Il protocollo LEED Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni 2009 è il frutto di un lavoro di trasposizione che ha portato non solo all'introduzione di norme di riferimento italiane ed europee ma anche all'adattamento alle esigenze del mercato edile nazionale. Il sistema di certificazione è sviluppato e declinato per realtà costruttiva, normativa e produttiva italiana e viene riconosciuto nel mercato globale facendo parte dei sistemi di rating LEED.

### **GBC Home Edifici Residenziali**

GBC HOME è lo standard di riferimento in Italia per il mercato residenziale, un sistema volontario, basato sul consenso comune dei soci e guidato dal mercato. Si tratta di un prodotto a marchio GBC Italia studiato specificamente sulle caratteristiche abitative e costruttive proprie della realtà italiana, a partire dallo standard americano LEED for Homes. GBC HOME mira ad incentivare temi come la salubrità, durabilità ed economicità e le migliori pratiche ambientali nella progettazione e nella costruzione.

# 11. Conclusioni

L'analisi dei sistemi costruttivi contemporanei ha messo in evidenza alcune lacune, soprattutto inerenti l'involucro edilizio, in particolare relative alla carenza di massa inerziale e Capacità areica interna periodica. Inoltre non vengono soddisfatti minimamente i requisiti delle nuove Normative di riferimento (CAM) e nella maggior parte dei casi vengono utilizzati materiali poco salubri.

Per quanto riguarda i futuri risvolti legati alla Normativa nZEB, si prospetta il rischio di aumentare le conseguenze negative sulla salute dell'Uomo, incentivando l'uso degli impianti artificiali per il controllo dell'aria interna.

L'introduzione dell'Economia circolare può essere di grande aiuto per iniziare a guardare un futuro più sostenibile, così come la progettazione bioclimatica, principio cardine che da sempre regola l'architettura, se applicata porterebbe gli edifici ad avere livelli di comfort migliori e a contenere i consumi energetici.

In un mondo pieno di incertezze e "mala-informazione", cresce il desiderio di dare un senso vero alle nostre passioni. I "saggi" sanno bene che la volontà di cambiare il mondo altro non è che cambiare noi stessi. Credo fermamente nella passione che ognuno matura nella propria esistenza, perché è lei che entusiasma, coinvolge e gratifica più di ogni altra cosa.

In questo contesto non ci sono posizioni scomode, tutto ciò che si fa, è fatto con il cuore, tanto grande in noi stessi quanto grande la nostra condivisione.

Lo stile di vita, come l'ambiente in cui viviamo, è parte della nostra cura personale e dello star bene.

Proprio secondo questi principi, ho potuto conoscere e condividere la missione di Casa Bioetica della società HRE Green Building.

L'etica dei valori unita allo studio olistico ha permesso la giusta evoluzione tecnologica per arrivare alla più "profonda bioedilizia".

Casa Bioetica è il frutto di sperimentazioni e applicazioni durate più di 10 anni, partite inizialmente come esperienze e poi divenute passioni, che hanno portato ad approfondire studi e ricerche provenienti dai vari laboratori universitari e Centri di Ricerca internazionali.

Negli ultimi 5 anni è partito il vero e proprio progetto di Ricerca e Sviluppo che oggi si affaccia al mondo dell'architettura e dell'edilizia con un Protocollo unico nel suo genere.

Questa serie di risultati si sono concretizzati arrivando alla realizzazione di "Gioia", la prima Casa Bioetica che adotta integralmente il suo progetto modello. Attualmente sono in fase di avvio altre abitazioni, ognuna pensata per ciascuna fascia climatica, con l'obiettivo di monitorarne i risultati in termini di comfort abitativo in relazione all'efficienza energetica e proseguire i lavori di ricerca.

Nell'epoca della complessità e della tecnologia più sofisticata, la sfida è quella di riprendere a costruire con materiali e tecnologie semplici: legno, acciaio, calce, terra cruda e canapa; questo vuol dire riappropriarsi di una dimensione << umana >> nel pensare l'abitazione "su misura", per chi vuole vivere in armonia con l'Ambiente che ci ospita. Certo lo sviluppo tecnologico non può arrestarsi, è nella natura delle cose e della storia dell'umanità, ma certamente può essere destinato a funzioni più complesse.

Casa Bioetica da sempre valuta non solo questi aspetti, ma tutte le più intime e strette interazioni tra essa e tutto ciò che la circonda. Considera fondamentale l'involucro inerziale, i materiali naturali impiegati, l'analisi bioclimatica, la progettazione antisismica evoluta, la reale efficienza energetica, i problemi relativi all'inquinamento domestico e alle geopatite, il Feng Shui...., Casa Bioetica offre uno straordinario valore aggiunto e sensibilizza la nuova architettura contemporanea.

Oggi si parla di ecologia e risparmio energetico, soprattutto abusando del termine sostenibilità.

Ma non esiste sostenibilità senza etica: l'etica si matura nel profondo ed ha come obiettivo far del bene, principio basato su ciò che possiamo offrire alle nuove generazioni future senza continuare a guardare solo i profitti attuali.

## 12. Riferimenti

Gran parte dei riferimenti sono stati menzionati durante la trattazione della tesi, incluse le persone che hanno redatto articoli o risultati di ricerca.

Le relative immagini e foto sono invece state estrapolate dal portale di ricerca "google immagini" e dai contenuti presenti nei riferimenti sitografici.

SITI INTERNET:

- [www.terra-award.org](http://www.terra-award.org);
- [www.craterre.org](http://www.craterre.org);
- [www.iccrom.org](http://www.iccrom.org);
- [www.earthbuilding.org.nz](http://www.earthbuilding.org.nz);
- [www.mattonesumattone.org](http://www.mattonesumattone.org);
- <http://architetturedallaterra.it/tecniche-costruttive-in-crudo-dalla-tradizione-allinnovazione/>;
- <http://www.terrarossaonline.it/architetture.html>;
- <https://it.wikipedia.org>;
- <http://digilander.libero.it/locomind/trullo/trullo.htm> (tratto dalla rivista "Locorotondo, rivista di economia, agricoltura, cultura e documentazione n°5", Fasano, Grafischena Editore, luglio 1989, pp.11-17);
- <http://www.zeroabita.it/bioarchitettura/bioclimatica/>;
- <http://www.nanodiagnosics.it/it/>;
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>;
- [http://www.lifeme.it/p/blog-page\\_24.html](http://www.lifeme.it/p/blog-page_24.html);
- <https://www.dionidream.com/>;
- <https://www.epa.gov/>;
- <https://www.legambiente.it/>;
- <http://www.wwf.it/>;
- <http://www.equilibrium-bioedilizia.it/>;
- <http://www.ecodesign.it/it/>;
- <http://www.acca.it/software-lca-life-cycle-analysis>;
- <http://www.mygreenbuildings.org/>;
- <http://www.greenmap.it/it/certificazione-leed/>;
- <http://www.hregreenbuilding.com/>;
- <http://www.hrecasa.it/>;
- <http://www.assocanapa.org/edilizia.htm>;
- <http://www.salute.gov.it/portale/home.html>.

#### LIBRI APPROFONDITI :

- Le meraviglie dell'architettura in terra cruda, E, Galdieri. 1982;
- Scritti sulla terra cruda E.Galdieri, 2010;
- Guida pratica alle costruzioni in terra cruda, alessandro Giorgi, 2014;
- Il paesaggio delle case in terra cruda, R. Mattone, 2010;
- Building with Earth ,Design and Technology of a Sustainable Architecture, Gernot Minke 2006;
- B. Narici, G. Scudo, C. Talamo, *Costruire con la terra*, Esselibri, Napoli, 2001;
- Il manuale telematico della terra cruda, Maddalena Achenza, Ulrico Sanna,2009;
- La terra cruda nelle costruzioni: dalle testimonianze archeologiche all'architettura sostenibile, Maria Luisa Germanà e Rosalba Panvini,2007;
- Terrarossa: Le Case Di Terra Della Frascheta, 1 dic 2007 di Francesca Chiara Robboni.

#### TESI CONSULTATE :

- CASE CHE NASCONO DALLA TERRA: LA TAIPA IN PORTOGALLO, progetto di ricostruzione e ampliamento di un rudere in terracrua nell'Alentejo, Daniela Cimino, 2011/2012;
- "Progettare e costruire con la terra cruda", Gian Luigi Prati POLITECNICO TORINO, 2010;
- Il ritorno della terra cruda per l'edilizia sostenibile: la duttilità dei tamponamenti negli edifici soggetti a sisma, Nicola Bettini, Università degli studi di Brescia e Trento, 2009-2010;
- LA FUNZIONE DI MOISTURE BUFFERING ESERCITATA DALLA TERRA CRUDA IMPIEGATA COME INTONACO: VALENZA NELL'AMBITO DELLA CONSERVAZIONE, Alice Rabaglia, Università degli studi di Parma, 2010-2011.

## 13. Ringraziamenti

In questo lungo e intenso cammino che mi ha portato al raggiungimento del primo traguardo universitario ho avuto un profondo apprendimento, non solo a livello scientifico, ma anche personale. In primis dovuto al metodo accademico di Ingegneria, la sua impronta fiscale e seria mi ha sicuramente allargato la mente verso il continuo entusiasmo nella ricerca, volta come esperienza per arricchire la mia coscienza, diventando parte integrante del mio stile di vita.

La voglia di non fermarsi alla semplice apparenza superficiale ma di curare e approfondire il dettaglio per imparare ogni giorno una lezione nuova, nel bene o nel male, nell'ossessione o noia, nel fallimento o gloria, ha allargato il mio orizzonte.

Le difficoltà nel raggiungere questo primo obiettivo di laurea con anni di fuori corso, mi hanno permesso di ottenere una grande "Crescita Personale" (interiore e spirituale).

La parola "io" – dice Eckhart Tolle – è la più grande delle illusioni.

In una società in cui si è sempre proiettati nel mondo esterno, verso ambizioni, desideri, problemi, paure, non si sta mai fermi ad ascoltare se stessi. Con il bisogno di controllare tutto, la necessità di essere approvati, il diritto di giudicare gli altri, guardiamo le cose dal punto di vista della personalità (ego) e non con l'anima.

La vera grandezza risiede nella nostra consapevolezza, quindi non serve dimostrare di arrivare più lontano o voler sempre di più da noi stessi, perché questo porta ad una inevitabile insoddisfazione, che deve sempre ricercare nuove ragioni, finendo nell'illusione della realtà.

Accogliere quello che c'è – qui e ora – ci libera dal giudizio della mente e ci riporta alla vera essenza delle cose. Non sto dicendo che il giudizio è sbagliato e che non bisogna giudicare, ma semplicemente di vivere ciò che è. Questa è l'idea della "Non-Dualità", principio ormai dimostrato anche dalla scienza.

Seguire le proprie passioni porta a nutrire l'anima. Non c'è illuminazione senza crescita personale, in ogni persona, come si evince dalle grandi dediche di personaggi illustri.

E' mio desiderio ringraziare tutte le persone che mi hanno supportato ed aiutato sia durante lo svolgimento di questa tesi, sia negli anni trascorsi al Politecnico di Torino.

Esprimo la mia gratitudine a mia madre e a mio padre, senza i quali questa tesi non sarebbe esistita. Con il loro instancabile sostegno, morale ed economico, mi hanno permesso di arrivare fino a qui, contribuendo alla mia formazione.

Al mio relatore Prof. Emilia Garda, per avermi pazientemente ascoltato e consigliato nella stesura della tesi. Ai professori di ogni corso che, ognuno a suo modo, mi hanno trasmesso le conoscenze frutto della loro grande esperienza, facendomi appassionare alle materie.

La società HRE Green Building srl., nella figura del fondatore di Casa Bioetica Dott. Elis Del Re e dell'intera squadra di lavoro, per avermi seguito ed aiutato nella stesura e, a superare tutte le difficoltà presentatesi durante lo svolgimento della tesi.

Un ringraziamento doveroso va a tutti i miei amici.

Ci siamo sempre sostenuti a vicenda, durante le fatiche e lo sconforto che hanno caratterizzato il nostro percorso, come nei momenti di gioia e soddisfazione al raggiungimento del traguardo.

In particolare i compagni di corso Flavio Pallavicino, Dominic Torta, Sergio Misiti, Luigi Scotto, Milena Vaccaro, Franco James e Alfredo Cristinzio.

Grazie di Cuore