

Politecnico di Torino
Facoltà di Architettura II
Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto
Sostenibile



Tesi di Laurea

Costruire in canapa e calce:
Progetto “Case di Luce”

Relatore

Prof. ssa Bosia Daniela

Correlatore

Arch. Pennacchio Roberto

Candidato

Maria Grazia Zullino

Dicembre 2018

*A chi mi è stato sempre accanto
ripetendomi di non mollare mai.*

INDICE

Introduzione	pag. 8
1. La Canapa	pag. 10
1.1 Caratteristiche botaniche.....	pag. 10
1.2 Composizione.....	pag. 12
1.3 Origini e storia della canapa.....	pag. 12
1.4 La canapicoltura ed i contadini.....	pag. 13
1.5 La coltura antica e il suo declino	pag. 17
1.6 Ritorno della canapa.....	pag. 20
1.7 Derivati della canapa in vari settori.....	pag. 22
1.8 La canapa nell'edilizia	pag. 24
1.9 Dalla coltivazione ai prodotti in edilizia.....	pag. 25
2. Hemp and Lime	
2.1 Cenni storici sui leganti: Calce.....	pag. 28
2.2 In Europa e nel mondo canapa e calce.....	pag. 31
2.3 Elementi compositivi del conglomerato in canapa e calce.....	pag. 32
2.4 Tecniche produttive del composto calce-canapa	pag. 35
2.5 Posa in opera.....	pag. 38
2.6 Montaggio degli impianti.....	pag. 38
2.7 Caratteristiche principali e peculiarità del conglomerato in calce e canapa.....	pag. 39

2.7.1 Trasmittanza e conducibilità termica.....	pag. 39
2.7.2 Inerzia termica.....	pag. 40
2.7.3 Respirabilità ed edifici salubri.....	pag. 40
2.7.4 Cattura CO ₂	pag. 40
2.7.5 Isolamento acustico.....	pag. 40
2.7.6 Ecocompatibilità.....	pag. 41
2.7.7 Resistenza al fuoco.....	pag. 41
2.8 Altre proprietà della miscela calce-canapa.....	pag. 42
2.9 Esperimento presso l'Università di Bath.....	pag. 42

3. Edilizia del futuro ad alta efficienza energetica

3.1 Architettura sostenibile ed efficienza energetica	pag. 45
3.2 La crescita dell' efficienza energetica degli edifici in Italia.....	pag. 46
3.3 Mappatura regionale dell'innovazione energetica in edilizia.....	pag. 48
3.4 Efficienza energetica: tre nuovi decreti.....	pag. 49
3.4.1 Attestato di prestazione energetica (APE)	pag. 49
3.4.2 Metodologia di calcolo e requisiti minimi delle prestazioni energetiche.....	pag. 49
3.4.3 Relazione tecnica di progetto.....	pag. 50
3.5 Sostenibilità dei materiali.....	pag. 51
3.5.1 Direttiva 2009/125/CE.....	pag. 51
3.6 La Normativa Regionale.....	pag. 52
3.7 Metodologie di valutazione sostenibilità edilizia	pag. 53

3.8 Sistemi di valutazione e certificazione edifici....	pag. 53
3.9 LEED Italia Nuove Costruzioni e Protocollo Itaca	pag. 54
3.10 Conglomerato canapa e calce in relazione al Protocollo Itaca.....	pag. 57
4. Confronto di tre tipologie di Blocco	pag. 58
4.1 Blocco in Canapa e Calce.....	pag. 58
4.2 Blocco in Calcestruzzo Cellulare.....	pag. 61
4.3 Blocco in Laterizio Alleggerito.....	pag. 63
4.4 Tabella di confronto dei tre blocchi.....	pag. 65
4.5 Scenari con i diversi blocchi.....	pag. 66
5. Canapa e Calce realizzazioni in edilizia	
a. Biomattone.....	pag. 70
a.1 Muratura di tamponamento.....	pag. 70
a.2 Tavolati divisori.....	pag. 71
a.3 Cappotto isolante.....	pag. 71
b. Biocomposito.....	pag. 72
b.1 Coibentazione esterna ed interna.....	pag. 72
b.2 isolamento di coperture e sottotetti.....	pag. 72
b.3 Massetto isolante per pavimenti.....	pag. 73
b.4 Sottofondi e massetti coibenti alleggeriti.....	pag. 73
b.5 Termointonaco.....	pag. 74

5.2 Casa passiva mediterranea: Casa Hi-Low.....	pag. 75
5.3 Florida: Casa in canapa e calce.....	pag. 77
5.4 Supersano (Le): Casa privata in canapa e calce	pag. 79
5.5 Verona: Riqualficazione energetica di un edificio in canapa e calce.....	pag. 81

6. Caso studio: Architettura del futuro zero energy “Case di Luce”

6.1 Complesso residenziale.....	pag. 83
6.2 Area oggetto di rigenerazione urbana.....	pag. 83
6.3 Tipologie d’intervento.....	pag. 85
6.4 Caratteristiche sistema distributivo edifici.....	pag. 88
6.5 Sistema costruttivo.....	pag. 90
6.6 Il progetto “Case di Luce”.....	pag. 92
6.7 Progettazione integrata delle stratigrafie.....	pag. 92
6.7.1 Progettazione della parete esterna.....	pag. 93
6.7.2 Progettazione del solaio interpiano.....	pag. 94
6.7.3 Progettazione del solaio di copertura.....	pag. 95
6.8 Conclusioni.....	pag. 96
6.9 Architettura a basso consumo energetico.....	pag. 97
6.9.1 Le serre solari.....	pag. 97
6.9.2 Fonti rinnovabili e caratteristiche impiantistiche edificio.....	pag. 99

6.10 Analisi comparata blocchi con Canapa e	
Calce con altri tradizionali.....	pag. 101
6.11 Risultato dell'analisi comparata.....	pag. 106
6.12 Riflessioni finali.....	pag. 106
Conclusioni	pag. 108
Bibliografia	pag. 109
Ringraziamenti	pag. 113
Allegato progetto	pag. 115
Allegato intervista progettista	pag. 126

INTRODUZIONE

La seguente tesi si propone di individuare, attraverso un percorso di ricerca, le caratteristiche principali del materiale biocomposito in canapa e calce, evidenziandone le prospettive di impiego, al fine di determinare i presupposti per la ricerca di tipologie adeguate, sia dal punto di vista dell'evoluzione dell'architettura sostenibile che dal punto di vista del risparmio energetico.

Si parte dall'origine, dapprima descrivendo le materie prime che costituiscono la miscela: la canapa e la calce. La prima, espressa inizialmente come pianta e come storia, attraverso le sue proprietà e la sua facilità di coltivazione (dalla preparazione del terreno alla raccolta del prodotto) che l'ha resa una dei prodotti più versatili ed utilizzati nel nostro paese in molti campi. Inoltre si ripercorre una panoramica sulla storia, concentrandosi sul '900 in Italia con le cause che hanno portato al suo declino e al suo successivo ritorno sul mercato, ponendo l'attenzione sulla canapa in edilizia ed i suoi relativi prodotti.

Nel secondo capitolo si passa ad esaminare la calce, dalla sua nascita, alla descrizione principale in due grandi gruppi cui si dividono i leganti: calce aerea e idraulica; si va a descrivere il biocomposito oggetto di studio, dalla sua realizzazione alle tecniche produttive del composto. Vengono riportate le caratteristiche principali e peculiarità del conglomerato in canapa e calce, attraverso la spiegazione di ogni singola proprietà; con l'inserimento di uno studio, fatto dall'Università di Bath in Inghilterra, di una costruzione sperimentale in canapa e calce.

L'introduzione delle problematiche attuali riguardanti i consumi energetici globali e nel campo dell'edilizia, viene menzionata nel terzo capitolo attraverso l'evoluzione normativa intrapresa in Italia per affrontare tali problemi e il concetto di sostenibilità dei materiali, inserendo il protocollo Itaca in relazione al conglomerato in canapa e calce.

Nel quarto capitolo si valutano le caratteristiche prestazionali di tre tipologie di blocco, tra i più utilizzati per la realizzazione di muri di tamponamento quali: Blocco in Canapa e Calce, Blocco in Calcestruzzo cellulare e Blocco in Laterizio Alleggerito. Attenzione maggiore sul blocco in calce e canapa, tramite un confronto, dal punto di vista delle prestazioni tecniche e termiche, e con l'uso di stratigrafie, si passa a valutare quali sono i vantaggi derivanti

dall' utilizzo di questo rispetto agli altri.

L'unione di calce e canapa da l'avvio ad una serie di realizzazioni in edilizia, le quali vengono menzionate interamente nel quinto capitolo; si passa poi ad esaminate da vicino alcune realizzazioni in Europa, dove vengono impiegati questi materiali.

Fino ad arrivare ad uno dei più grandi impieghi in Italia del conglomerato in canapa e calce, come il caso studio "Case di Luce" a Bisceglie in Puglia. Si tratta di un edificio residenziale in calce e canapa, fortemente innovativo , che nasce con l'obiettivo di creare un elevato comfort ambientale ed abitativo, attraverso un bassissimo fabbisogno energetico.

1. La Canapa

La canapa è una pianta erbacea, con cui l'uomo sin dall'antichità ha avuto sempre un rapporto insolito. Nota anche come cannabis, è una specie vegetativa dalle notevoli qualità, che può essere usata ad esempio, come fibra o pianta alimentare. Le sue caratteristiche la rendono ideale per la coltivazione e l'utilizzo ai fini industriali, ed è una pianta che da tempo, per diverse ragioni è oggetto di molte osservazioni.

1.1 Caratteristiche botaniche

La canapa è una pianta appartenente alla famiglia delle Cannabaceae. La diffusione della *Cannabis Sativa L.*, in varie regioni del mondo, ha permesso alla specie botanica caratteristiche diverse a seconda del luogo di crescita, grazie anche al suo vivere e svilupparsi a tutte le altitudini. La canapa è una specie annuale e in natura è generalmente dioica, ovvero significa che ogni esemplare è portatore soltanto di fiori femminili o di fiori maschili e prima della formazione dei fiori non è possibile riconoscere il sesso della pianta di canapa.

La varietà di canapa è vastissima, ma nel tempo e con la selezione dell'uomo si sono venute a creare due diverse classificazioni di questa pianta. La prima affermata da D.E. Janichewsky (1924), un botanico russo, con tre diverse specie di canapa:

- *Cannabis Sativa* che può raggiungere un'altezza di quattro metri;
- *Cannabis Indica* non supera gli 1,5-2 metri di altezza;
- *Cannabis Ruderalis* non arriva al metro di altezza;

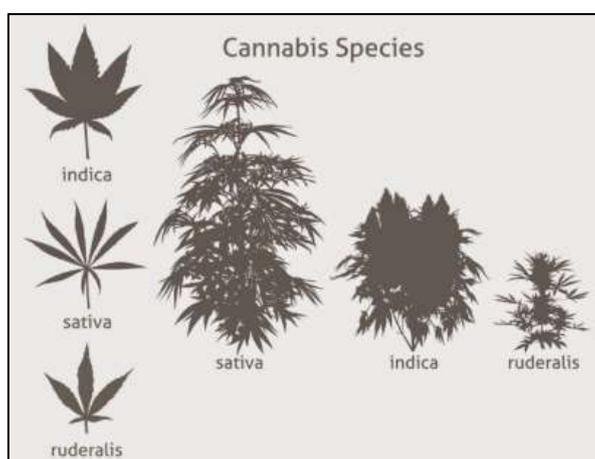


Fig. 1 Specie botaniche appartenenti alla famiglia delle cannabaceae

La seconda, dai canadesi Small e Cronquist nel 1976 affermano invece che esiste una sola specie, la *Cannabis*, composta da due:

- *Sativa*, tipica dei Paesi settentrionali e usata per la fibra e l'olio.
- *Indica*, tipica dei Paesi caldi e ricca di resina e THC

La pianta della canapa è caratterizzata da una lunga radice fittonante e un fusto eretto, dapprima pieno e poi cavo, con struttura esagonale e ricoperta di peli. L'altezza varia a seconda delle varietà, delle condizioni pedologiche e climatiche. La sezione del fusto può variare da pochi millimetri ad alcuni centimetri. Il fusto è formato dal taglio, una corteccia esterna di colore verde costituita da fibre tenute insieme da pectine, e da una parte interna di colore bianco chiamata canapulo. Inoltre le fibre sono riunite in cordoni di varie dimensioni. Più la pianta è grossa più la fibra è grossolana e robusta. Nella stessa pianta la fibra è più grossa verso la radice e più fine verso la cima.

Le foglie a sette punte partono tutte dallo stesso stelo, in numero variabile e sono sottili, di verde intenso, dai bordi seghettati, con evidenti nervature e una sottile peluria. Lo stelo diventa molto resistente man mano che la pianta si avvia a maturazione.

I fiori sono raggruppati in infiorescenze (raggruppamento di rami che portano fiori) e i fiori maschili si distinguono facilmente dai femminili.



Fig. 1.1 Fiore femminile



Fig. 1.2 Fiore maschile

I primi sono staminiferi, riuniti in numerosi grappoli che, a loro volta, formano un pennacchio. Cominciano a svilupparsi sull'ascella fogliare almeno 60 giorni dopo la germinazione. A fioritura completa lasciano cadere il polline, che viene trasportato dal vento sulle piante adiacenti. Le infiorescenze femminili si formano sulle cime una decina di

giorni dopo quelle maschili e assumono la forma a falsa spiga, grossa, diritta e a ciuffo, molto più compatta di quella maschile. Il fiore femminile è verdognolo, mentre quello maschile ha petali giallo-verdi. In natura la canapa inizia la sua fioritura nel periodo estivo, cioè quando iniziano a diminuire le ore di luce. Le piante maschio cominciano a seccare dopo l'impollinazione e sono già secche nel mese di agosto, mentre le piante femmina continuano a vegetare fino alla fine di settembre ed oltre perché devono portare a maturazione il seme. La pianta ha un breve ciclo di vita evolutivo: circa 120 giorni (da metà marzo a metà luglio). La cannabis è in grado di tollerare una portata di precipitazioni dai 30 ai 400 cm all'anno, una temperatura media annuale compresa tra i 6 e i 27°C.

1.2 Composizione

La pianta di cannabis e i suoi prodotti, sono costituiti da un elevato numero di componenti chimici, i più importanti dei quali sono : il thc (ossia il tetraidrocannabinolo) e il cbd (cioè il cannabidiolo).

Il thc, stimola il rilascio di dopamina nel sistema nervoso, è il più conosciuto dei principi attivi ed è in grado di provocare: sensazioni di euforia, ansia, panico, stimolazione dell'appetito. Presenta anche effetti positivi quali: antidolorifico, antinausea. Tutti questi effetti dipendono essenzialmente dalla concentrazione di principio attivo presente nella pianta, ma anche dal soggetto che ne fa uso.

Il cbd, ha effetti sedativi, ipnotici, antiossidanti e antinfiammatori. Il cbd è importante per l'attività sul sistema nervoso centrale, che non induce effetti psicotici, ma al contrario sembra avere proprietà antipsicotiche.

1.3 Origini e Storia della canapa

La Canapa è una pianta antica originaria delle regioni a nord e a sud dell'Himalaya, utilizzata sin dall'antichità, la Cina risulta essere il paese in cui la coltivazione di questa pianta è stata prolungata più a lungo. Antica e misteriosa, risulta essere, ma il fatto che riesca a crescere a tutte le altitudini è stato uno dei motivi che ne ha reso complessa l'identificazione tassonomica e la sua origine.

In Italia una forte diffusione risale all'affermazione delle Repubbliche marinare, durante le quali veniva usata per la produzione di fibre e corde delle vele. Un aspetto molto importante senza dubbio era che sul mercato internazionale, l'Italia risultava essere tra le

migliori come qualità della fibra (Carmagnola e Fibranova), seconda alla Russia.

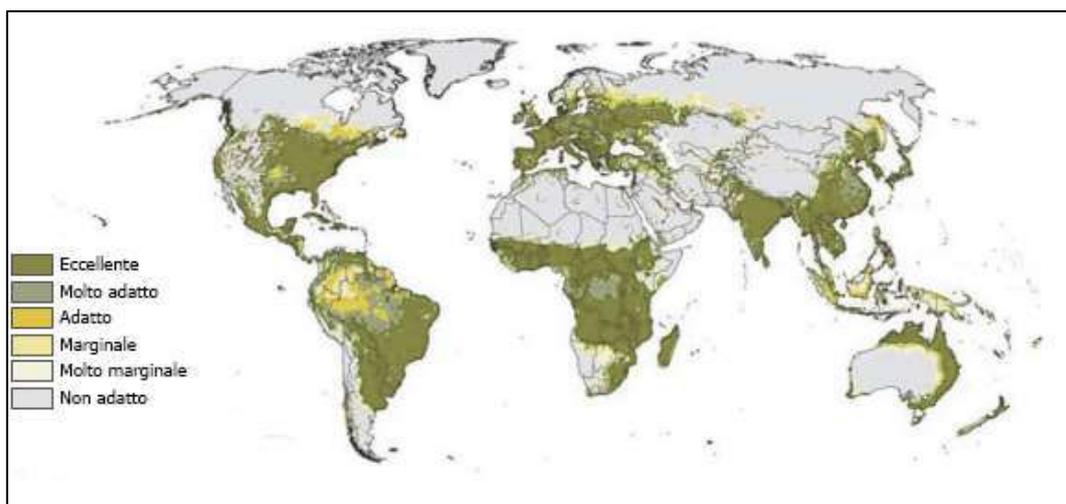


Fig. 1.3 Aree geografiche adatte alla canapicoltura

Grazie al suo ciclo vegetativo breve ed alle molte varietà esistenti¹, la canapa è ubiquitaria, praticamente coltivata o potenzialmente coltivabile in tutto il mondo. Durante quegli anni la produzione della canapa sul territorio italiano era maggiore nella zona Emiliano Veneta.

I climi più favorevoli sono comunque quelli caldo-umidi delle regioni temperate, che consentono lo sviluppo di grandi masse di sostanza organica.

L'abbondante umidità le giova molto quando è coltivata su terreni permeabili, mentre è dannosa ove si presentano prolungati ristagni idrici che soffocano le radici. Durante la maturazione dei semi, non solo resiste bene all'umidità dalla fioritura in poi, ma è più produttiva in presenza di piogge. Teme però i freddi autunnali precoci.

1.4 La canapicoltura ed i contadini

La canapicoltura è come dice la parola stessa, la coltivazione della canapa che aveva come protagonisti i contadini.

“Tutti, proprio tutti erano coinvolti nel lavoro, nel periodo della canapa; uomini e donne, grandi e piccoli, vecchi e giovani. Lavori pesanti, lavori semplici, facili e difficili, brevi e lunghi. Dall'alba al tramonto. Questa era la canapa: il nostro tormento, la nostra speranza²”

¹ Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa

² Burani M., Fabbri F. (1997), *C'era una volta la canapa: immagini e testimonianze*, pag. 3, Anzola Emilia.

Tutto questo denota come ci sia un percorso alla base della coltivazione della canapa. Così si spiega anche l'elevato fabbisogno di manodopera richiesto³. Per far capire meglio le varie fasi di questa lavorazione descriverò passaggio per passaggio tutte le fasi, da quelle di produzione a quelle di lavorazione: dalla preparazione del terreno al prodotto finito.

La preparazione del terreno

Il terreno per la coltivazione della canapa, esigeva lavorazioni accurate. La tecnica applicata nell'Ottocento prevedeva, tre rifenditure a distanza di circa 15 giorni l'una dall'altra. L'ultima aveva lo scopo di sotterrare il letame e il seme. In autunno, tra la fine d'ottobre e la fine di dicembre, ai canapai si applicava la vangatura. Nel '700, si introdusse la ravagliatura, una nuova tecnica che sostituiva l'antica vangatura, comunque ancora applicata nella seconda metà dell'Ottocento nei canapai di piccola estensione.



Fig. 1.4 Lavorazione canapa



Fig. 1.5 Utensili usati nella lavorazione

I macchinari che venivano utilizzati per lavorare la terra come l'aratro, trainato dai buoi, serviva a creare un solco della profondità di circa 30 cm. Gli uomini impegnati in questa lavorazione, seguivano aumentando ulteriormente il solco con la vanga (circa 20 cm) e depositando le zolle di terra su quelle rovesciate dall'aratro. L'aratro impiegato nelle lavorazioni del terreno era di tipo asimmetrico⁴, a struttura portante di legno e organi di lavoro di ferro. L'introduzione della ravagliatura (operazione di aratura più profonda dell'ordinario) portò delle modifiche all'avantreno dell'aratro. La tecnica più utilizzata, ma

³ Romagnoli G. (1976), *Storia di una fibra prestigiosa nella civiltà contadina bolognese: la canapa*, pag. 151, Bologna.

⁴ www.museociviltacantadina.bo.it

successivamente poi abbandonata nel Novecento per dare spazio all' uso di concimi chimici.

Dalla semina al raccolto

La semina era una procedura molto importante per i contadini, e non solo, donne e ragazzi, seguivano il seminatore ricoprendo con la zappa il seme appena gettato, gli altri uomini invece seguivano con il rastrello, per spianare il terreno.

Con la diffusione delle seminatrici meccaniche, dalla seconda metà dell'Ottocento in poi, ci fu un miglioramento di questa fase. Tra la fine d'aprile e i primi di maggio, quando le piante raggiungevano l'altezza di circa 10 cm, si eseguivano una o due sarchiature (lavorazione che consiste nel taglio o nel rimescolamento del suo strato superficiale), al fine di estirpare le erbe dannose alle piante.

Nel Secondo Dopoguerra piccole trattrici, sostituirono i buoi nel traino delle falciatrici.

I fasci man mano tagliati erano depositi sul terreno a due a due a formare una x. Mentre durante l'essiccazione in un periodo da due a sei giorni, le cime della pianta erano battute ripetutamente sul terreno per distaccarne foglie e infiorescenze. Gli steli poi, erano serrati e legati con steli di canapa dalla cima fino alla metà del loro sviluppo, successivamente gli steli venivano selezionati, secondo la loro lunghezza e grossezza messi in fasci.

Al termine delle operazioni di selezione, restavano steli corti o rotti, che, sottoposti ai successivi processi lavorativi, fornivano tiglio o stoppa.



Fig. 1.6 Raccolto della canapa

Preparazione del prodotto

Iniziava a questo punto la fase della “macerazione” al fine di estrarre le fibre dalla pianta. I fasci venivano posti per 6-9 giorni in vasche piene d’acqua dette “maceri” o “maceratoi”. Una volta estratte dall’acqua, i fasci venivano messi in verticale formando delle capanne in modo che l’acqua scolasse bene. Venivano poi stesi su un campo d’erba per 2-3 giorni affinché si asciugassero e si essiccassero. A questo punto iniziava l’operazione di “stigliatura”, ovvero l’operazione di separazione della fibra dalla parte legnosa.



Fig. 1.7 Stigliatura meccanica-manuale



Fig. 1.8 Donne che lavoravano la canapa

Dopodiché si procedeva con la “gramolatura” al fine di rendere la fibra morbida e fine. Infine si concludeva il lungo iter della canapa con la “scotolatura” consistente nel far passare la fibra attraverso un piccolo pettine di legno, liberandola dagli ultimi residui legnosi e rendendola ben liscia e pronta per le successive operazioni. A questo punto si era ottenuto la materia prima grezza, pronta per essere lavorata per ottenere il prodotto finito. La lavorazione conclusiva, di competenza delle donne era la filatura, l’orditura, la sbiancatura e tessitura, operazioni che duravano per tutto l’inverno. Dalla filatura e tessitura della canapa si ricavavano lenzuola, tovagliato, asciugamani, federe, strofinacci da cucina e biancheria per uomo e donna⁵. La parte più pregiata della fibra era destinata a divenire tela mentre, con quella di minor valore, chiamata stoppa, si producevano corde e spaghi.

⁵ www.commercioetico.it

1.5 La coltura antica e il suo declino

Le prime testimonianze storiche risalgono all'impero di Shen Nung (2700 a.C.), dove la canapa è indicata come la prima pianta tessile allora in uso. Il primo a menzionare questa pianta, per quanto riguarda il mondo greco-latino, è lo storico greco Erodoto di Alicarnasso vissuto tra il 490 e il 420 a.C. La vera e propria affermazione avvenne nei primi secoli del Medioevo. Durante l'epoca dei Comuni, la canapa favorì lo sviluppo del lavoro familiare ed artigianale. La coltivazione e lavorazione si era ormai largamente diffusa nella pianura padana, soprattutto in Emilia e particolarmente nel Bolognese, che, a quel tempo, era il maggiore centro di produzione italiano. Il periodo di vero fulgore di questa coltura in Europa⁶, iniziò fra il XIV ed il XV secolo e durò per oltre 500 anni. In questo periodo la canapa riscoprì un ruolo importante sia per l'agricoltura sia per l'economia in generale. Nel corso del XVI secolo, la canapa si diffuse nel continente americano per la richiesta espressa dai primi insediamenti europei di avere un'importante risorsa per la produzione in loco di tessuti, filati e altri prodotti.

Anni	Produzione in q. li
1860-1870 (in media)	500.000
1870-1874 (in media)	965.000
1879-1883 (in media)	853.000
1884	821.000
1885	794.000
1886	824.000
1887	850.000
1888	698.000
1889	846.000
1890	792.000
1891	714.000
1892	646.000
1893	675.000
1894	795.000
1895	757.000
1900	800.000

Tabella: Andamento della produzione di canapa in Italia dal 1860 al 1900

⁶ Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa

Successivamente la prima guerra mondiale si ebbe una drastica diminuzione nella coltivazione della canapa, così da portare velocemente da quasi 80.000 ettari ai 1860 ettari nel 1969, a 899 ettari e un rendimento di 10.000 quintali nel 1970. Pur mancando una trattazione sistematica del ruolo della canapa nell'antichità, vari modi molteplici documenti ne attestano comunque la presenza e il rilievo.

Dovuto principalmente ad un consistente ribasso dei prezzi dei prodotti agricoli, che colpì tanto i cereali, quanto le colture industriali. Il calo dei prezzi derivava da una vera e propria speculazione⁷, che aveva colpito la canapicoltura a partire dal 1870. A determinare questo calo tra gli anni '80-'95 del secolo XIX non contribuì solamente la speculazione, ma anche la forte concorrenza da parte di altre piante tigiose e di tessuti esteri, come il cotone e la juta; il sistema di lavorazione che obbligava un alto tasso di manodopera.

Anni	Superficie coltivata a Canapa (ettari)
1870-1874 (in media)	135.000
1879-1883 (in media)	120.000
1890	110.000
1891	105.000
1892	101.000
1893	101.000
1894	105.000
1895	105.000
1900	100.000

Tabella: Andamento della produzione di canapa in Italia dal 1860 al 1900

La crisi si era manifestata maggiormente nelle regioni settentrionali⁸ (già nel 1938 non si produceva più canapa in Val Padana), mentre in Campania sino al 1964 era stata opposta una certa resistenza alla recessione, nella speranza di una ripresa che appariva sempre più impossibile. La canapicoltura non riuscì a modernizzarsi soprattutto per la mancanza di capitali da investire, simbolo di una politica economica ben diversa da quella presente.

La canapa italiana era di altissima qualità, il che rendeva possibile una notevole esportazione del prodotto. In Italia nel 1933 furono emanati i primi provvedimenti e

⁷ Dell'Orefice A. (1983), *Note sulla canapicoltura nel Mezzogiorno d'Italia durante il XIX secolo*, pag. 25, Napoli.

Enciclopedia Motta (1997), volume Piante, alla voce "canapa" a cura del professore Crescini, Milano.

⁸ Capasso S. (1994), *Canapicoltura e sviluppo dei comuni atellani*, pag.35, Frattamaggiore.

costituiti i Consorzi provinciali obbligatori per la difesa della canapicoltura, che, dopo vicissitudini varie, si concentrarono, a partire dal 1953, nel Consorzio Nazionale Produttori Canapa. Fu instaurata una nuova politica economica, dalla quale la canapicoltura smise di essere un interesse privato per diventare quello di un'intera nazione. Con la fine della Seconda Guerra Mondiale, ricominciò la tendenza negativa, che poi portò nel giro di un ventennio, alla totale sparizione della canapicoltura. La canapicoltura, lasciata a se stessa, scomparve dal nostro territorio.

Il secondo importante fattore che portò alla scomparsa della canapicoltura fu il proibizionismo. Con l'avvento del nuovo secolo, le politiche proibizioniste contro le droghe furono introdotte in altri stati e, in Italia, i primi decreti contro gli stupefacenti risalgono al 1923, durante il regime fascista che, se da un lato esaltava la canapa per gli usi industriali, dall'altro considerava la variante indica e l'hashish come un "*nemico della razza*". Le politiche proibizioniste, che cercarono di distinguere la canapa sativa, dalla canapa indica, la marijuana, portarono paradossalmente a risultati contrari a quelli sperati. Fumare marijuana divenne un fenomeno di massa. La canapa e la sua versatilità facevano paura. La nascente e promettente industria petrolchimica si sentiva minacciata dall'estesa coltivazione della *Cannabis Sativa L.* Infatti molti dei prodotti derivati dai processi industrializzati quali carta, fibre tessili, olii combustibili, farmaci e altro, possono essere realizzati con materie prime derivanti dalla canapa.



Fig. 1.9 1941 H. Ford presenta la "Hemp car"; 2013 Lotus presenta Eco Elise, prototipo realizzato con materiali rinnovabili, compresi lavorati della canapa

Il pioniere dell'automobile Henry Ford affermava infatti, alla fine degli anni '20 che *“il carburante del futuro sta per venire dal frutto, dalla strada o dalle mele, dalle erbacce, dalla segatura, insomma, da quasi tutto. C'è combustibile in ogni materia vegetale che può essere fermentata e garantire alimentazione”* e nel 1941 la *Hemp Body Car* era una realtà: costituita per il 70% da plastiche vegetali, ricavate da semi di canapa e soia, con un motore alimentato da metanolo di canapa, ovvero canapa distillata, il cui impatto inquinante era pari a zero.

Il proibizionismo raggiunse anche l'Europa nel 1961 quando l'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite), promulgò il "Single Convention Act", che affermava la cannabis uno stupefacente, proibendone la coltivazione. Nello stesso anno in Italia venne sottoscritta la "Convenzione Unica sulle Sostanze Stupefacenti" la quale aveva come obiettivo quello di far sparire la pianta nel giro di 25 anni.

1.6 Ritorno della Canapa

La reintroduzione della coltura della canapa a livello europeo risale al 1970 quando, con il regolamento n° 1308 del 29 Giugno 1970, furono stanziati aiuti economici per ogni ettaro di terreno coltivato a canapa, con l'obbiettivo di regolare i mercati di quel settore. Il regolamento C.E. 619/71 del 22 marzo 1971 fissò le norme generali per la concessione dell'aiuto, che veniva accordato solo per la coltivazione di determinate varietà, tra cui la Carmagnola e la Fibranova (sementi italiane), che avessero un contenuto di THC (delta-9-7 tetraidrocannabinolo, sostanza psicotropa prodotta dai fiori della canapa) inferiore alla soglia del 0,2%. Nel 1975 tuttavia, a seguito della "Legge Cossiga" contro gli stupefacenti, gli ultimi ettari coltivati a canapa sparirono.

In Italia la coltivazione⁹ è tornata possibile dal 1998. Le maggiori difficoltà per un rilancio in grande scala si sono incontrate sul piano logistico: ovvero i processi di lavorazione mancano come gli impianti di prima trasformazione per separare la fibra dal “canapulo” in prossimità delle aree di coltivazione (operazione che un tempo si eseguiva a mano⁹) e di conseguenza i costi di trasporto risultano eccessivi. Agli inizi del 1998, cosa molto importante da menzionare fu anche la nascita in breve tempo di molte associazioni interessate alla canapa ed ai suoi utilizzi industriali.

⁹ Madia T., Tofani C. (1998), *La coltivazione della canapa, una semplice guida per i coltivatori che desiderano coltivare canapa (Cannabis sativa)*, Coordinamento Nazionale per la Canapicoltura, Disponibile sul sito internet: www.gruppofibranova.it

Tra queste spicca, agli inizi del 1998, il Coordinamento Nazionale per la Canapicoltura (ASSOCANAPA) per iniziativa di un ristretto gruppo di agricoltori ed appassionati tra cui Cesare Tofani, attuale presidente di Gruppo Fibranova.

Ha consentito l'approvvigionamento del seme agli agricoltori che nel frattempo ne avevano fatto richiesta e fornito assistenza per i problemi tecnici e legali. Tutto questo grazie soprattutto all'intensa collaborazione con diversi Enti di Ricerca nazionali ed europei.

Un'altra associazione è il Consorzio Canapaitalia, fondato nel Luglio del 1999 in Emilia Romagna e con precisione a Ferrara, storica sede della canapicoltura nostrana.

Altra associazione di spicco è CANAPUGLIA (di grande aiuto nel mio percorso di tesi) fondata nel 2011 in Puglia e con precisione avente sede a Conversano. Obiettivo di questa associazione è promuovere una cultura sostenibile attraverso una coltura ecologica: la canapa. Incentivare la coltivazione della Canapa, antica coltura italiana. Favorire l'utilizzo dei prodotti derivanti da questa risorsa in Agricoltura, nell'Alimentazione umana, nell'Edilizia pubblica e privata, nel settore della Carta, nella Medicina, nel settore dell'Energia e della Bonifica di terreni contaminati.

Oggi la legislazione di riferimento per gli agricoltori italiani è costituita dalla *Circolare del MIPAF* (Ministero delle Politiche Agricole e Forestali) n°1 protocollo 200 del 8/5/2002 "Regime di sostegno a favore dei coltivatori di canapa destinata alla produzione di fibre" e dalla *Circolare del Ministero della Salute* del 22/5/2009 "Produzione e commercializzazione di prodotti a base di semi di canapa per l'utilizzo nei settori dell'alimentazione". Queste circolari prestano attenzione agli obblighi a cui ciascun coltivatore deve fare riferimento.

Questo ritorno della canapicoltura è avvenuto su basi completamente diverse rispetto al passato. La moderna canapicoltura si sta sviluppando sia affidando all'industria tutte le fasi produttive post-raccolta, che ampliando i suoi utilizzi. Attualmente si possono ricavare 4 prodotti, da cui possono derivare un gran numero di prodotti finali di cui i più importanti sono :

- Fibra lunga (tessuti per abbigliamento, arredamento, corde, tappeti);
- Fibra corta (carta, feltri isolanti, geotessili, compositi);
- Canapulo (pannelli isolanti, materiale inerte per l'edilizia, lettiere);
- Semi (olio alimentare, cosmetica, vernici, resine).

1.7 Derivati della canapa in vari settori

Un modo per evidenziare l'importanza del ritorno della canapa, consiste nell'elencare gli utilizzi ed i differenti prodotti che se ne possono ricavare.

Produzione di carta

La più antica testimonianza di un foglio di carta fatto con la canapa risale al 2700 a.C. nella provincia di Shen Nung, in Cina.

Il recente rinnovato interesse nella canapa come produttrice di fibra per la carta sembra originare da un forte motivo ambientale. Per fabbricare carta si utilizzano sia la parte fibrosa che quella legnosa (canapulo) della canapa; con la prima si produce carta d'alta qualità, sottile e resistente, con la seconda carta da giornale e cartoni. La canapa non necessita di pesticidi o erbicidi e produce da tre a quattro volte fibra in più per ettaro all'anno delle foreste.

E infine: il riciclaggio della carta è stato inventato per sopperire all'errore di eliminare le nostre foreste primarie.

Tessile

Molti possono essere gli usi tessili della canapa: fibra lunga di qualità (destinata all'industria di tipo liniero) e fibra corta cotonizzata (fibra corta destinata all'industria di tipo cotoniero-laniero). Le più grandi difficoltà nella produzione della fibra di canapa utilizzata in campo tessile riguarda le lavorazioni di scissione della parte fibrosa dal canapulo.

L'altro settore ad elevato valore aggiunto è quello dell'arredamento e della biancheria per la casa. La canapa trasferisce tutti i benefici del lino aggiungendone altri, quali: effetto mano morbida, durata nel tempo dei capi, manutenzione più semplice. La fibra di canapa che si fila nel mondo oggi proviene soprattutto dalla Cina, mentre in alcuni stati del Sud America (Cile, Perù) coltivazioni di canapa alimentano l'artigianato locale.

Biomassa

La canapa, per la sua alta resa in massa vegetale, è considerata anche la pianta ideale per la produzione di combustibili da biomassa in sostituzione dei prodotti petroliferi.

Attraverso un procedimento di pirolisi o compostaggio biochimico, la canapa può essere trasformata in un combustibile.

Lattiera per bestiame

Dopo che le fibre sono state rimosse dallo stelo, rimane ancora circa il 70 % della pianta, la parte legnosa, chiamata canapulo; questo è molto assorbente, circa 12 volte più della paglia, e può assorbire liquidi per più di cinque volte il suo peso. In Francia viene utilizzato come lettiera per il bestiame. Le parti più piccole del canapulo vengono pressate in pallottoline e commercializzate come lettiere per i gatti.

Alimentare: olio e farina

La canapa può essere industrialmente utilizzata non solo per la sua fibra e per la parte legnosa, ma anche per il seme. Oltre a contenere proteine di elevato valore biologico hanno anche un alto valore nutritivo. L'olio è ricco di grassi insaturi e quindi ideali per prevenire le malattie del sistema cardiocircolatorio. La farina è un prodotto che in questo momento sta avendo un buon sviluppo in Italia, con richieste sempre maggiori da pizzerie e panetterie.

Risanamento zone inquinate

La canapicoltura, è una pratica miglioratrice, capace di aumentare la fertilità del terreno e di ripulirlo da tutte le erbe infestanti e ben si inquadra nel concetto di eco-sostenibilità. La canapa può essere utilizzata anche come pianta fitodepurativa per il risanamento delle aree inquinate dall'industria chimica. E' infatti una pianta infestante ed estremamente resistente su ogni terreno, capace grazie alle radici, di assorbire notevoli quantitativi di inquinanti, trattenendoli nelle foglie e nei semi.

Medicinale

L'interesse nei confronti dell'utilizzo della canapa in medicina è notevolmente cresciuto

nell'ultimo decennio, e sono nate molte associazioni che oggi se ne occupano, nel nostro paese c'è la Medicalcannabis.

1.8 La canapa nell'edilizia

La canapa per usi edili è stata riscoperta da circa trenta anni. In Francia, nel 1986, l'idea di impiegare il canapulo come aggregato per il confezionamento di un conglomerato leggero e isolante, è stata iniziata da Charles Rasseti, in collaborazione con la *Chanvriere de l'Aube* per il rinnovamento della *Maison de la Turquie*, a Nogent sulla Senna.

Importante caratteristica delle opere nelle quali vengono impiegati i materiali di canapa è la solidità, dovuta al fatto che questi materiali, essendo molto ricchi di silice, mineralizzano diventando pietra.



Fig. 1.10 Maison de la Turquie, a Nogent sulla Senna

La particolare salubrità dei materiali per l'edilizia prodotti con la canapa è dovuta alla struttura delle fibre liberiane e legnose che li costituiscono che svolgono continuamente processi alternativi di condensazione dell'umidità all'interno e di evaporazione di essa verso l'esterno.

1.9 Dalla coltivazione ai prodotti in edilizia

La coltivazione della canapa risulta essere sostenibile dal punto di vista ambientale.

La pianta della canapa ha un ruolo importante nell'edilizia, si tratta di un campo innovativo, ancora in via di sperimentazione. Due risultano essere le componenti dalle quali è possibile ricavare, prodotti da utilizzarsi nel settore edile: il seme e lo stelo.

Il seme di canapa rappresenta un elemento naturale e può essere anche consumato crudo come integratore alimentare. Esso viene inoltre utilizzato nella preparazione di olio di canapa, utilizzato in ambito alimentare, ma anche in ambito cosmetico.

La canapa risulta essere un materiale sostenibile, biocompatibile, riciclabile, rinnovabile. Ha numerose caratteristiche come: leggerezza, traspirabilità, resistenza a muffe ed insetti, alto isolamento termico e acustico, regolatore di umidità.



Figura 1.11 Semi di Canapa 1.12 Oli naturali di canapa.

Fonte: www.greenme.it

Dallo stelo della canapa si possono ricavare a sua volta una parte legnosa, detta canapulo, capace di assorbire i liquidi ricco di silicio, e da una parte fibrosa esterna, molto resistente agli sforzi di trazione.

Dalla fibra i prodotti realizzati nel campo dell'edilizia sono :

- Tappeti isolanti in fibra di canapa, realizzati soprattutto per i pavimenti galleggianti o radianti in quanto riducono l'abbattimento dai rumori di calpestio¹⁰.

¹⁰ www.lamaisonverte.it



Fig. 1.13 Particolate tappeti di fibra di canapa.

- Materassi e pannelli isolanti in fibra di canapa: questi materassi e pannelli di canapa possono essere utilizzati per l'isolamento di pareti, solai e coperture, sia per le nuove costruzioni che per quelli di riqualificazione e come tamponamento di strutture in legno¹¹.



Fig. 1.14 Pannelli in fibra di canapa per realizzazione dell'isolamento di tramezzi interni e di solai.

Fonte: www.iso hemp.be

- Geotessili in fibra di canapa: questo materiale risulta essere composto da un'elevata resistenza a trazione anche da bagnato.

La maggior applicazione di questi materiali è il contatto con il terreno.

Dal canapulo i prodotti realizzati nel campo dell'edilizia sono :

- Canapulo sfuso: il canapulo così realizzato viene utilizzato per isolare superfici piane non calpestabili oppure per il riempimento di intercapedini dei muri o solai¹².

- Calce-canapulo: questo materiale con l'aggiunta di acqua subisce un processo di mineralizzazione, trasformandosi in un prodotto solido e ricco di numerose caratteristiche termiche ed igrometriche, che andremo a verificare nei prossimi capitoli.

¹¹ www.diasen.com

¹² www.equilibrium-bioedilizia.com



Fig. 1.15 Calce e canapulo per realizzazione di sottofondi.

I benefici dell'utilizzo della canapa in edilizia

L'utilizzo di prodotti realizzati con il binomio canapa-calce, presenta grandi vantaggi a seconda degli spessori e della densità:

- inerzia termica
- traspirabilità delle murature ed eliminazione delle condense interstiziali
- isolamento acustico
- resistenza al fuoco
- riciclaggio del materiale di risulta
- smaltimento
- sequestro della CO²

In più l'utilizzo di materiali con alte prestazioni reperibili in loco, riduce i costi di costruzione ed attiva la filiera produttiva locale oltre ad essere un guadagno per l'ambiente e per il paesaggio.

2 Hemp and Lime

2.1 Cenni storici sui leganti: Calce

Il primo materiale usato per tenere insieme le costruzioni primitive è stata l'argilla, prima cruda e poi anche cotta, molti popoli hanno avuto modo di osservare, esaminando l'effetto di incendi su pietre di tipo calcareo, la formazione di una polvere molto reattiva con l'acqua e in grado di indurire nel tempo.

Il primo esempio ritrovato di calce idrauliche si fa risalire probabilmente ad opera dei Fenici. Nell'epoca romana la calce è largamente conosciuta, adoperata e sono abbastanza avanzate le tecnologie di fabbricazione e di applicazione.

Nel 1755 l'inglese Black, nella decomposizione del calcare parla di aria fissa o fissata (anidride carbonica). Nello stesso periodo Smeaton stabilisce chiaramente il rapporto tra quantità di argilla presente nel calcare e proprietà idrauliche del prodotto ottenuto dopo cottura.

Il nome cemento per identificare un legante di buone proprietà meccaniche si trova per la prima volta in un brevetto di Parker del 1791 che propone il prodotto di cottura di calcare e argilla senza per altro arrivare a formazione di fase liquida, e quindi ancora lontano dal cemento oggi conosciuto. Bisogna infatti arrivare al 1844 per riscontrare che aumentando la temperatura di cottura della miscela fino a comparsa di fase liquida e macinando finemente i granuli così ottenuti si ha una polvere molto reattiva con l'acqua e in grado di indurire notevolmente: il cemento come oggi lo intendiamo, con la nascita delle prime fabbriche in Inghilterra e poi in tutto il mondo.

La calce è un materiale che fa parte della categoria dei leganti maggiormente utilizzati ai gessi ed ai cementi. I leganti in sostanza sono tutti quei materiali che consentono la preparazione di composti di tipo fluido (le malte) aventi la peculiare caratteristica di essere in grado, passando allo stato solido, di unire tenacemente i materiali da costruzione. Le malte hanno la doppia funzione: sia di collegare i singoli elementi costituenti le murature quali pietre, blocchi o mattoni, sia di trasmettere e ripartire le sollecitazioni agli elementi resistenti principali in modo uniforme .

I leganti si suddividono in due grandi gruppi: i leganti aerei e i leganti idraulici.

I primi hanno la caratteristica di compiere il percorso descritto solo se esposti all'aria, o meglio, all'anidride carbonica dissolta nell'aria. I secondi, invece, sono in grado di passare allo stato solido anche o solo se immersi in acqua.

L'elemento che differenzia i leganti idraulici da quelli aerei è " l'indice di idraulicità", valore direttamente proporzionale alla quantità di argilla presente nei calcari, che può essere naturale o ricavata artificialmente. La principale proprietà della calce è data dalla durezza, presenta un'elevata permeabilità al vapore e porosità, trasmettendo traspirabilità e salubrità agli ambienti. Conducibilità termica inferiore rispetto al cemento e la sua alcalinità protegge dalla formazione di muffe e dall'attacco di roditori.

Calce aerea

Il più conosciuto e diffuso fra i leganti aerei è la calce (ossido di calcio), viene ottenuto dalla cottura del carbonato di calcio ad una temperatura di 950/1000°C.

La calce trova impiego in metallurgia, nell'industria chimica, nella depurazione delle acque in agricoltura e in molte altre applicazioni minori. L'impiego principale della calce in edilizia è in associazione alla sabbia per dar luogo alle malte in grado di far presa e indurire all'aria. La Calce è data dall'unione di rocce calcaree, rocce sedimentarie ricche di carbonato di calcio (CaCO₃). Vi è un processo che trasforma la pietra calcarea in calce costituito da quattro fasi :

- SELEZIONE DEL CALCARE: la struttura della calce selezionata deve avere una configurazione microcristallina con alto contenuto di carbonati, di natura argillosa.
- COTTURA: in questa fase , il calcare viene messo in appositi forni dove viene cotto a temperature elevate. Avviene una reazione chimica che porta il carbonato di calcio a diventare ossido di calcio e anidride carbonica, chiamata *reazione di calcinazione*:



In questa fase occorre che la superficie attiva dell'ossido di calcio risulti elevata, motivo per il quale i forni arrivano a temperature attorno ai 900°C.

I forni hanno la tipica forma a tino circolare, rivestiti all'interno da mattoni resistenti ,arrivano ad altezze fino ai 20 m. Vi è un carrello che trasporta la calce nel dispositivo di alimentazione. Mentre andando verso il basso il calcare si preriscalda e nella parte centrale invece avviene la cottura.

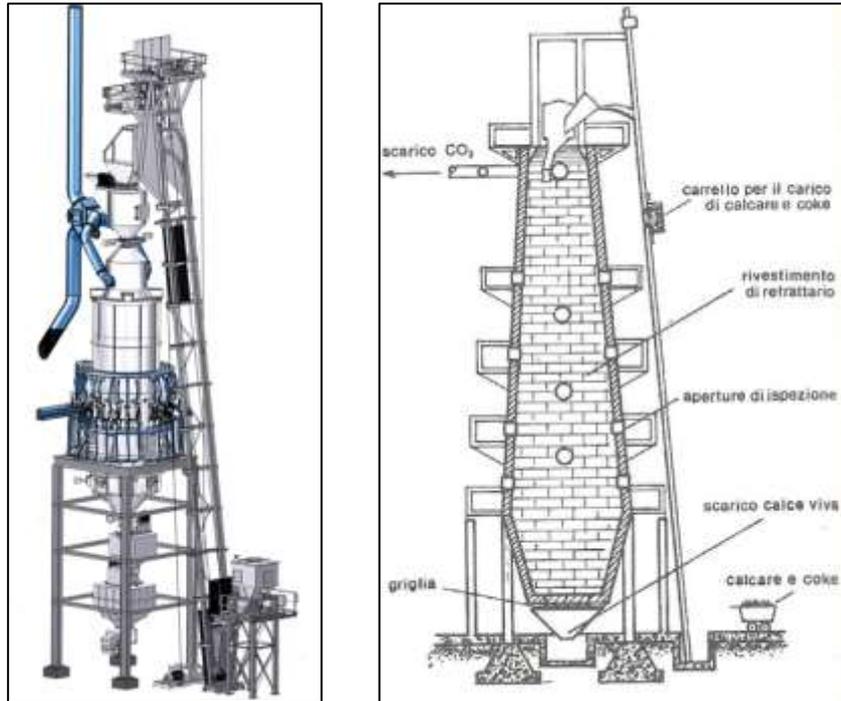
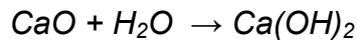


Figura 2.16 Forni per la cottura della calce. Fonti: Mariani, I leganti, ed. Ambrosiana e www.cimprogetti.com

- SPEGNIMENTO: A fine cottura la calce non reagisce sola, ma viene trattata con acqua, ricavando una polvere bianca, denominata calce spenta.



- CARBONATAZIONE: L'ultima reazione è la carbonatazione. Questo processo, avviene solo in presenza di anidride carbonica, che trasforma la calce spenta in calcite, terminando il ciclo della calce.

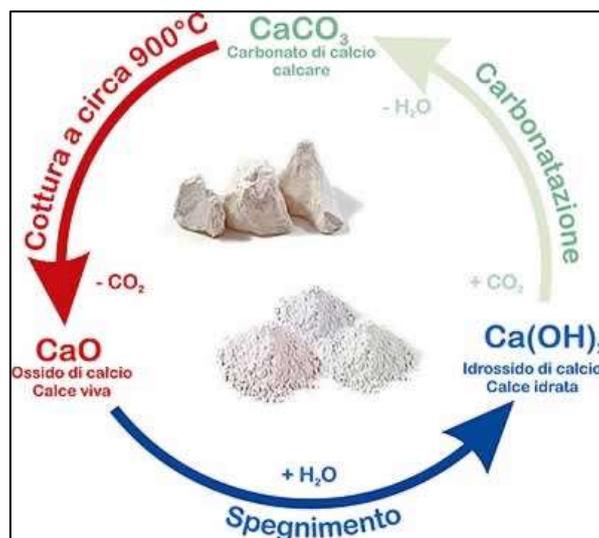
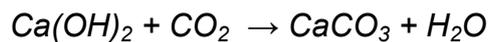


Figura 2.17 Il ciclo della calce. Fonte: www.materialisostenibili.it

Calce idraulica

La calce idraulica è un legante a base di idrossido di calcio che può far presa anche se immersa in acqua. Nell'antichità venivano usati calcari marnosi, cotti in forni che potevano arrivare ad una temperatura massima di circa 1000 °C. Il prodotto ottenuto in cottura dalla fusione del calcare con l'argilla fu chiamato dai romani calce idraulica, perché era un legante che aveva come caratteristica la possibilità di indurire sia all'aria aperta che sott'acqua. Da non confondere assolutamente con la *calce idrata* (spiegata sopra), in quanto appartengono a due famiglie diverse.

La calce idraulica appartiene ai leganti idraulici, cioè alla famiglia dei cementi. Infatti oltre ad essere chiamata calce idraulica viene comunemente detta cemento povero. Infatti ne ha tutte le caratteristiche sia di struttura che di resistenza.

2.2 In Europa e nel mondo canapa e calce

La canapa miscelata con la calce idraulica ha iniziato a diffondersi nell'edilizia intorno ai primi anni '90. La Francia risulta essere il più grande produttore di canapa, con circa 4000 tonnellate di canapulo utilizzate nell'industria edile.

Nei secoli passati il canapulo o anche canapulo e la fibra ridotti in pezzetti sono stati impiegati come materiali da costruzione, mescolati con argilla o calce. Gli steli sono stati utilizzati per realizzare strutture leggere, che venivano intonacate per creare soffitti e tramezzi.

Non si sa con esattezza chi per primo riutilizzò questo biocomposito, ma alcuni indizi hanno fatto sì che Troyes (Francia) venisse considerata come città madre.

Furono tre società in particolare che aiutarono la sua espansione e sviluppo: l'azienda "isochanvre" iniziò a produrre e distribuire il biocomposito di canapa e calce come alternativa al cemento tradizionale, mentre Bernard Boyeux con l'associazione "Construire en Chanvre" ed Yves Khun con la "Association d'Adam" aiutarono a mettere in relazione gli interessati della neonata industria.

Il secondo paese europeo in ordine cronologico a interessarsi al biocomposito è stato il Regno Unito, anche se qui è stato introdotto piuttosto di recente.

Tutt'ora vi sono progetti in corso in tutta Europa, tra i quali Germania, Spagna e appunto l'Italia. In Italia una figura importante che lavora con questo materiale da diversi anni è

Oliver Zaccanti, il quale ha realizzato e sta realizzando edifici nella provincia di Modena. Nel 2011 l'impresa Equilibrium si è interessata a questo materiale partecipando e promuovendo eventi e convegni nazionali e internazionali, che hanno portato al loro primo cantiere a metà 2011, con protagonista Paolo Ronchetti¹³. Equilibrium è un'impresa sociale che opera nel settore della bioedilizia, dei materiali da costruzione naturali e delle tecnologie per l'efficienza energetica¹⁴.

Un altro grande edificio, derivato dalle qualità della canapa mista alla calce è stato progettato dallo studio di architettura Pedone Studio e realizzato dalla Pedone Working srl in collaborazioni con varie aziende tra cui Equilibrium e Canapuglia. Si tratta del più grande edificio abitativo in tutta Europa realizzato in canapa e calce: Case di Luce, si trova a Bisceglie e rappresenta il vero fulcro per l'efficienza energetica e comfort abitativo italiano, su cui verterà il caso studio della mia tesi.

2.3 Elementi compositivi del conglomerato in canapa e calce

Il mercato dell'edilizia sostenibile e alternativo a quello tradizionale è molto importante, in quanto si va verso nuove tecniche costruttive sempre più ecocompatibili come: l'unione di calce e canapa.



Fig. 2.18 Elementi che compongono il conglomerato canapa e calce

Il composto che ne deriva è un materiale da costruzione spesso definito in inglese come: Hemp and Lime¹⁴. Concepito inizialmente come sostituto al riempimento di paglia e fango degli edifici a struttura in legno, il conglomerato di canapa e calce è un materiale

¹³ Ronchetti P. (2007), *Il cemento di canapa e calce: un promettente materiale e metodo di costruzione per l'edilizia sostenibile*, 2007, disponibile sul sito internet: www.usidellacanapa.it

¹⁴ www.canapaindustriale.it

biocomposito ottenuto dalla combinazione della parte legnosa dello stelo di canapa, conosciuta come canapulo, ed un legante a base di calce aerea miscelati con acqua.

Canapulo: detto anche “legno di canapa”, è il residuo legnoso ottenuto dalla lavorazione dello stelo della canapa per la separazione della fibra, utilizzata per la produzione di tessuti, corde e materiali per l’edilizia. La canapa rappresenta all’interno del composto un materiale riempitivo leggero. La porosità del canapulo influenza le caratteristiche fisiche del conglomerato di canapa: una delle quali è la leggerezza, una forte duttilità meccanica, ma anche la capacità di regolare l’umidità negli ambienti; un altro aspetto dovuto alla porosità è senza dubbio la conduttività termica, che dipende dalla formulazione della miscela.

È stato osservato che la quantità di canapulo determina proporzionalmente una perdita di massa, dovuta all’acqua che l’aggregato vegetale trattiene e rilascia, in funzione delle condizioni ambientali esterne al materiale. Il suo equilibrio idrico è comunque raggiunto a 10 mesi di maturazione.

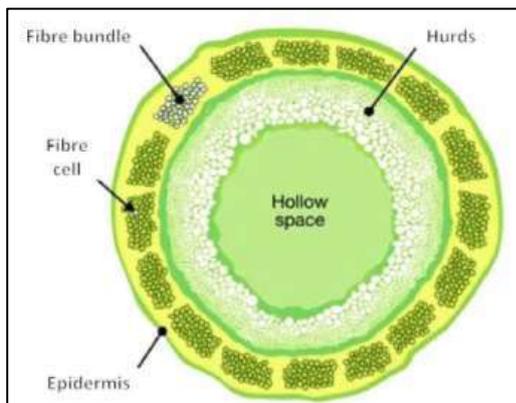


Fig. 2.19 Raffigurazione di una sezione di stelo di canapa

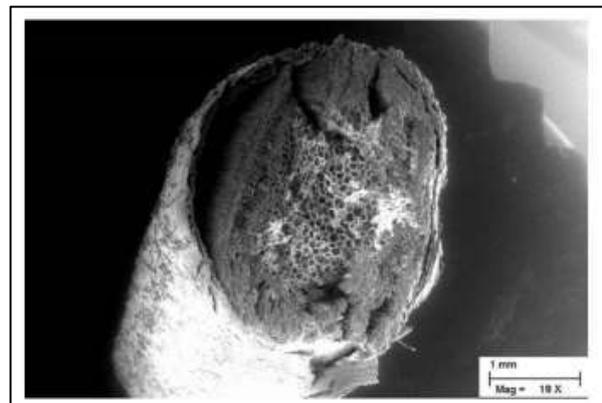


Figura 2.20 Immagine microscopica del canapulo

La sezione al microscopio evidenzia due dimensioni differenti di cavità: la macro-porosità, definisce un basso fattore di resistenza al vapore e dunque un’alta traspirabilità; la micro-porosità determina diverse proprietà di trasferimento dell’umidità.

Un altro concetto importante è la sensibilità del materiale all’azione di gelo/disgelo.

Calce: Il legante a base di calce serve per legare e tenere insieme i pezzi di canapulo oltre a cristallizzarlo indurendolo e solidificandolo. I leganti che intervengono nella produzione del conglomerato in calce e canapa sono le calce idrauliche, pozzolaniche o sabbie

vulcaniche.

Acqua: assicura la reazione chimica tra il legante e la canapa, oltre a rendere la miscela fluida e facilmente lavorabile.

La miscela di calce e canapa¹⁵ è in grado di ridurre le emissioni di diossido di carbonio grazie alle sue proprietà di isolamento termico e di sequestrare CO₂ nella struttura degli edifici , inoltre la canapa risulta essere un materiale che non crea problemi di smaltimento: il biocomposito è riciclabile in quanto, se sgretolato e rimpastato in betoniera con nuova calce e acqua, può essere riutilizzato. Il conglomerato è sostenibile, materiale prodotto a livello locale è in grado di collegare direttamente industria e agricoltura e risulta avere anche notevoli risvolti benefici.

Può inoltre essere utilizzato in forma di mattoni e come intonaco isolante. La miscela viene solitamente gettata all'interno di pannelli in legno che fanno da temporaneo contenimento e successivamente pressata in modo da assicurare una posa omogenea.



Fig.2.21 Miscela canapa e calce
(Fonte Wolley e Bevan, 2007)

¹⁵ Bevan, B., Woolley T.(2007),Hemp lime construction: A guide to building with hemp lime composites, Berkshire, England.

2.4 Tecniche produttive del composto calce-canapa

I processi produttivi del conglomerato in canapa e calce, sono dati dalla miscelazione di questi due ingredienti calce e canapulo, elaborati in grandezze e proporzioni diverse, per dare vita a diversi prodotti a base di calce e canapa.

La miscelazione: la prima cosa da effettuare è dosare attentamente i prodotti da miscelare, attraverso tabelle fornite dai produttori.

	Canapulo (Kg)	Calce (Kg)	Acqua (Kg)
Intonaci	1	8	5
Murature	1	2,2	3,5
Solai	1	2,75	5
Coperture	1	1	2

Dosaggi di riferimento.

Fonte: "Règles professionnelles d'exécution d'Ouvrage en Béton de Chanvre"

Successivamente, la miscelazione dei materiali avviene in due modi differenti:

- *Applicazione manuale:* viene miscelato l'impasto prima attraverso miscelatore ad asse planetario o betoniera. L'applicazione manuale prevede due tipi di miscelazione della mescola: miscela con acqua e calce, e l'aggiunta dopo del canapulo; oppure prima miscela di acqua con canapulo e dopo l'aggiunta di calce.

La betoniera a bicchiere classica viene usata quando lo spazio a disposizione è limitato. Il miscelatore ha una capacità di carico maggiore ed è più conveniente per il mescolamento di materiali eterogenei; per la miscelazione degli intonaci invece è da preferirsi il miscelatore a vite senza fine in quanto agevola la formazione di una miscela più uniforme. Il canapulo viene prima bagnato introducendo un terzo dell'acqua, successivamente viene aggiunto gradualmente il legante e il resto dell'acqua. Durante questo processo è importante seguire correttamente le istruzioni¹⁶.

¹⁶ Colombo C, Ruggieri O., Edilizia a basso impatto ambientale: Analisi del ciclo di vita di materiali naturali a base di calce canapulo, Politecnico di Milano, Facoltà di Ingegneria per l'Ambiente e il territorio, a.a. 2011/2012, Milano.



Fig. 2.22 Miscelazione Calce e Canapa con Betoniera classica.



Fig. 2.23 Miscelatore a vite senza fine da cantiere.

- *Applicazione con macchinari* : il metodo più comune è quello a spruzzo, utilizzata per realizzare massetti, muri, isolamenti ecc..., non vi è la necessità del miscelatore in quanto la macchina ha già la funzione di miscelare l'impasto oltre a gettarlo sulla superficie.

Vi sono delle regole da seguire durante la miscelazione e prevedono che :

- Il prodotto finale sia umido ma non bagnato;
- La quantità di acqua vari a seconda della temperatura dell'aria;
- Il bisogno d'acqua vari a seconda delle proporzioni di legante usato;
- E' consigliato, quando viene utilizzata al betoniera, svuotare il legante in una carriola e caricare il miscelatore con un badile;
- Al termine della miscelazione i macchinari siano abbondantemente risciacquati onde evitare grumi.

Pompe a proiezione per l'applicazione a spruzzo del Natural Beton

Una delle maggiori criticità da affrontare nel processo di produzione del conglomerato è la capacità assorbente della canapa.

Una miscela asciutta di legante e canapulo viene condotta dall'aria in un tubo flessibile al quale, nella parte terminale, confluisce una derivazione a sezione minore che introduce acqua per umidificare il composto . In questo modo gli aggregati non hanno molto tempo per assorbire significative quantità di acqua, ma solo il necessario.

Gli effetti di questo processo sono di tre tipi:

- Riduzione dei tempi di presa;
- Migliore compattezza e densità del materiale, grazie alla velocità di proiezione;
- Incremento delle proprietà meccaniche e termiche, legate alla compattezza del materiale.

Elementi principali delle pompe a proiezione per l'applicazione a spruzzo:

- componente per afflusso del canapulo;
- componente per miscelazione e afflusso del legante;
- lancia di spruzzatura

Questo insieme dà il via ad un'ampia varietà di lavorazioni del conglomerato: muri di tamponamento perimetrali, isolamento pareti dall'interno, isolamento pareti dall'esterno, termointonaco traspirante di finitura. I tempi di posa risultano essere estremamente ridotti.



Fig. 2.24 Applicazione della miscela calce canapa con macchinario a spruzzo a Bisceglie, Casa di Luce.

Asciugatura: in questa fase i tempi di asciugatura variano a seconda del tipo di calce utilizzata, più lunghi con calce aerea e più brevi con calce idraulica, dal tipo d'applicazione (manuale o a spruzzo) e delle condizioni climatiche.

Finiture e rivestimenti: durante la scelta delle rifiniture, va considerata la capacità di

traspirabilità del materiale.

2.5 Posa in opera

Il metodo di posa in opera deve poter rispondere alle esigenze del materiale applicato. In un cantiere i tempi di presa molto lunghi incidono sulla produttività del cantiere. I calcestruzzi convenzionali raggiungono la maturazione precisamente a 28 giorni, per essere considerati idonei al ruolo di “autoportanza”.

La maturazione è fortemente influenzata dalle condizioni ambientali esterne: temperature troppo alte possono causare un'eccessiva evaporazione superficiale, mentre le basse rallentano le reazioni di idratazione dei leganti.

Alle condizioni ambientali si uniscono: il mantenimento della lavorabilità, i tempi di presa, lo sviluppo delle resistenze meccaniche.

Le principali modalità di posa in opera in situ per questo materiale sono la tecnica di riempimento dei casseri con compattazione e la tecnica della proiezione.

2.6 Montaggio degli impianti

Qualsiasi tipo di impianto su muratura calce e canapa è facilmente realizzabile, bisogna soltanto attenersi ad alcune accortezze, come collocare l'impianto in modo da rimanere incorato nel getto e di mantenere una distanza di almeno 2-3 cm tra una tubazione e l'altra.

Il freno di scatolette elettriche e tubazioni può essere effettuato tramite cemento a presa rapida, meglio se naturale.



Fig. 2.25 Scanalature per inserimento di scatolette e tubazioni.

Gli impianti collocati nelle partizioni o chiusure orizzontali, vengono sempre annegati nel getto e collocati su un massetto di calce e sabbia, mentre l'impianto di riscaldamento a pavimento dovrà essere posizionato su un massetto e poi ricoperto da uno strato isolante.



Fig. 2.26 Impianto di riscaldamento a pavimento su massetto in calce e canapa e copertura dell'impianto con massetto in calce e sabbia.

2.7 Caratteristiche principali e peculiarità del conglomerato in calce e canapa

2.7.1 Trasmittanza e conducibilità termica

Il conglomerato in canapa e calce ha una buona capacità di accumulo termico, impedisce il passaggio di caldo e freddo dall'esterno all'interno dell'edificio e viceversa, limitando gli sbalzi di temperatura. Vi sono differenti studi sulla misura dei parametri termici, uno tra i più rilevati è quello effettuato da R. Walker e S.Pavia in cui viene misurata la conducibilità termica attraverso la trasmittanza termica U , con valori compresi tra 0,39 e 0,46 W/m^2K e l'aumento invece del valore con la densità. Secondo un lavoro di Cerezo del 2005, dove i valori risultano essere compresi tra 0.06-1.0 $W/m \cdot K$ per la bassa densità di miscele di 200 kg/m^3 e tra 0.1 e 0.13 $W/m \cdot K$ per la media densità di miscela di 450 kg/m^3 . I valori di conducibilità termica per le murature in canapa e calce sono generalmente influenzati dalla destinazione dei blocchi, termico o strutturale, dai metodi di compattazione e dalla loro combinazione generale.

L'azienda Equilibrium invece in Italia ha espresso valori di conducibilità termica pari a 0,053 W/mK , per la miscela leggera 1:1, ed $\lambda=0,07$ W/mK sia per il getto che per il Biomattone, valori ritenuti inferiori rispetto ai regolamenti vigenti.

2.7.2 Inerzia termica

La massa importante permette di accumulare calore e di rilasciarlo lentamente con un effetto simile a quello percepito nelle case con muri di pietra: fresco d'estate e caldo d'inverno. Il calce-canapulo nonostante sia leggero come materiale presenta delle

caratteristiche simili a quelli dei materiali pesanti, capace di accumulare calore e di isolare. Ciò consente al materiale di rispondere alle condizioni ambientali in modo molto più efficace e permettono di equilibrare le variazioni termiche e quelle dell'umidità.

2.7.3 Respirabilità ed edifici salubri

Il materiale in calce e canapa permette il passaggio dell'umidità, evitando problematiche di condensa e di cattiva qualità dell'aria all'interno dell'edificio. Grazie al contenuto di calce idrata e alla naturalità delle materie prime, il biocomposito offre ambienti salubri e privi di sostanze tossiche.

2.7.4 Cattura CO₂

Il materiale in calce e canapa è in grado di catturare e sequestrare CO₂ dall'atmosfera. Caratteristica possibile grazie alla canapa, la pianta che in natura produce più biomassa, e a un processo di produzione a ridottissimo impatto ambientale. Costruire in bioedilizia è conveniente per l'uomo e l'ambiente.

2.7.5 Isolamento acustico

Grazie alla sua porosità, il materiale garantisce un ottimo isolamento acustico. Uno dei requisiti fondamentali per esprimere l'isolamento acustico di elementi verticali ed orizzontali è il *potere fonoisolante*.



Fig. 2.27 Requisiti acustici per le abitazioni Europee.

Come mostra il grafico sopra¹⁷, il potere fonoisolante apparente $R'w$ è l'indice acustico che definisce la capacità delle partizioni, orizzontali o verticali, di abbattere il rumore. In Italia, il valore limite di questo parametro risulta meno riduttivo, rispetto agli altri paesi europei.

2.7.6 Ecocompatibile

L'impasto è composto prevalentemente da truciolo vegetale mineralizzato con calce naturale, e quindi gode di elevati standard di eco-compatibilità: oltre ad essere riciclabile e biodegradabile, possiede un bassissimo livello di energia incorporata nel materiale e l'elevata capacità di bloccare il passaggio di caldo e freddo, riducendo al minimo i consumi energetici, rendono questo materiale altamente ecocompatibile.

2.7.7 Resistenza al fuoco

La resistenza al fuoco è definita come l'attitudine di un elemento costruttivo a conservare, entro un periodo, la stabilità, la tenuta e l'isolamento termico. Il materiale in calce-canapulo è ignifugo in quanto la canapa, pur essendo un composto organico combustibile, subisce, un processo di mineralizzazione. Il materiale infatti viene classificato come "resistente alla fiamma" senza rilascio di fumi tossici o infiammabili, e rientra nella categoria A1 (materiali incombustibili) secondo la norma europea UNI EN 13501-1 sulla classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione.

¹⁷ Campolongo G. (2011) "I danni d'isolamento acustico riparabili e il minor valore per i danni non riparabili", Milano.

2.8 Altre proprietà della miscela calce-canapa

Il materiale calce e canapa presenta ulteriori caratteristiche, meno rilevanti ma non per questo non importanti come:

- *Protezione dalle infestazioni*: la miscela in calce e canapa non risulta essere soggetta ad attacchi da roditori in genere grazie principalmente alla reazione di mineralizzazione della canapa in unione alla calce.
- *Riciclabilità*: Il biocomposito al termine del suo ciclo di vita è totalmente riutilizzabile, può essere facilmente sgretolato e nuovamente impastato aggiungendo acqua e calce in betoniera.
- *Tossicità*: Il biocomposito in canapa e calce è un materiale naturale con nessuna o pochissima tossicità o a basse emissioni di gas, l'unico problema potrebbe essere ricavato dalla produzione delle polveri, che andrebbero ad irritare le vie inalatorie.

2.9 Esperimento presso l'Università di Bath

Questo edificio sperimentale, seguito da una ricerca approfondita fatta dal Dottor Lawrence, docente e ricercatore presso il Dipartimento di Architettura e Ingegneria dell'Università di Bath¹⁸, in Inghilterra, è stato realizzato per sperimentare le prestazioni termoigrometriche di una costruzione in canapa e calce.

L'edificio è posizionato sopra un pavimento truciolare sospeso, rifinito con isolante a celle chiuse, insieme al soffitto costituito dallo stesso tipo di isolamento, calcolati entrambi per avere un valore U di $0.15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

L'edificio ha una pianta di piccole dimensioni, mentre le pareti sono formate da supporti in legno, posizionati sul lato interno dei muri e rivestiti con una cassaforma composta da una base in silicato di magnesio. Una parete in canapa-calce spessa 200mm, supera il livello del soffitto coibentato.

Le finestre e le porte sono formate da vetro camera a bassa emissione di argon. Le giunzioni tra parete e pavimento, parete e soffitto, pareti e porte e finestre erano sigillate con nastro permeabile al vapore. Il soffitto è stato rivestito con cartongesso. La tenuta all'aria degli interni dell'edificio era eccezionalmente, superiore allo standard Passivhaus.

¹⁸ www.equilibrium-bioedilizia.it



Fig. 2.28 Esperimento con l'edificio in canapa e calce all'università di Bath

Riguardo l'edificio di sperimentazione denominato HemPod, si è utilizzata la miscela composta con una proporzione 1:1,5 da nucleo di canapa Tradical® HF e da legante Tradical® HB, applicando una pressione minima per raggiungere la densità desiderata di 275 kg.m^{-3} .

Per far sì che ci siano dei confronti, vengono presentati anche dei dati riguardanti un ufficio non riscaldato a Liskeard, Cornovaglia. I due siti si trovano a 200km di distanza l'uno dall'altro e sono quindi soggetti a diverse condizioni atmosferiche: l'ufficio si trova in un luogo la cui temperatura è variabile, mentre l'HemPod deve sopportare mutevoli condizioni di umidità. Questo edificio è composto da pannelli di legno e i muri sono ricoperti da uno strato di 150mm di isolante in lana minerale e da 12mm di *oriented strand board* (OSB), ovvero da un pannello in truciolo lavorato i cui strati sono compressi e orientati specificatamente, con uno schermo antipioggia esterno in legno.

- Temperatura

La variazione media giornaliera della temperatura interna dell'HemPod era di $2,3^{\circ} \text{ C}$, contro una esterna di $11,6^{\circ} \text{ C}$ (equivalente ad un effetto di smorzamento della temperatura dell'80%); nell'ufficio invece c'era una variazione media giornaliera interna di $6,8^{\circ} \text{ C}$ ed esterna di $13,5^{\circ} \text{ C}$ (effetto smorzamento al 49%).

- Umidità

Il risultato è un'umidità relativa interna nell'HemPod incredibilmente stabile rispetto all'ufficio, dove varia di $\pm 7\%$, mentre esternamente di $\pm 20\%$ (notevolmente maggiore di quella osservata nell'HemPod). Inoltre i dati dimostrano che l'impiego del composto canapa e calce conferisce maggiore stabilità delle condizioni mantenute all'interno dell'HemPod, a fronte dell'edificio costituito con pannelli di legno e isolato con lana minerale.

- Smorzamento igroscopico

Come con il trasferimento di calore, allo stesso modo il trasferimento di umidità attraverso le pareti è notevolmente moderata dal conglomerato di canapa e calce. Esso è in grado di realizzare un trasferimento rapido di liquido, un'elevata ritenzione dell'umidità ed elevata permeabilità al vapore acqueo. Tutte queste capacità agiscono per evitare la formazione di condensa e gestire l'ambiente interno per mantenere condizioni confortevoli.

Risultati

- L'umidità relativa interna viene mantenuta stabile.
- La temperatura rimane stabile (circa 4° C superiore rispetto alle condizioni esterne).
- L'impiego di materiali a basso contenuto di carbonio contribuisce alla riduzione delle emissioni di CO₂.

3.1 Architettura sostenibile ed efficienza energetica

L'ambiente circostante è stato da sempre modificato dall'uomo, utilizzando le risorse che la natura gli offriva impiegandole per le proprie attività. Uno degli scopi fondamentali del vivere bene e del fare architettura è quello di mettere in relazione l'uomo con lo spazio costruito e l'ambiente naturale, in modo da creare un tutt'uno.

Nel 1987, il Brundland Report della World Commission on Environment and Development, concepì una memorabile e storica definizione del concetto di Sostenibilità. La definì come *“ lo sviluppo che soddisfa i bisogni del mondo presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare, a loro volta, i propri bisogni.”*

L'architettura sostenibile ora sempre più presente nel mondo dell'edilizia, del fare architettura, a livello locale e internazionale, pone l'attenzione sulla parola sostenibilità, importante soprattutto per due ragioni, a livello funzionale per il rapporto con l'ambiente circostante e formale attraverso la propria immagine, deve dimostrare la consapevolezza ecologica. Viene quindi definita come un “approccio culturale”, cioè non interessa solo l'edilizia, ma prende visione di altri temi come i principi dell'ecologia e il concetto appunto di sostenibilità. Questo tipo di architettura limita l'impatto ambientale, ponendo come dato fondamentale l'efficienza energetica, il comfort abitativo, l'utilizzo di strutture e tecnologie rinnovabili. Fondamentale per fare architettura sostenibile è considerare elementi tipo: l'orientamento, il soleggiamento e l'ombreggiamento, i fattori di ventilazione naturale ecc..., tutto studiato per interagire con l'ambiente e con le sue caratteristiche principali.

La riduzione dell'impatto ambientale ed il costo energetico complessivo del settore edilizio sono delle tematiche complesse ed importanti dove occorre un approccio maggiormente attento ad una progettazione che tenga conto della biocompatibilità, della sostenibilità delle costruzioni al fine di limitare gli impatti nell'ambiente. Un edilizia sostenibile non è più una scelta, ma un bisogno per migliorare la vita dei cittadini e del resto che ci circonda. Anche grazie agli interventi normativi, è cresciuta sempre di più l'attenzione per questo tema del costruire bio-compatibile e del risparmiare energia.

La Direttiva Europa 2010/31/UE prevede che entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero, mentre per gli edifici destinati a funzioni pubbliche la scadenza è al 31 Dicembre 2018. Per il raggiungimento di questo obiettivo è stata emanata la Direttiva comunitaria 2010/31/CE che dal 1° Febbraio 2012 ha

sostituito la 2002/91/CE, dove si trovano le indicazioni per le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e le linee guida nazionali per la certificazione energetica.

3.2 La crescita dell' efficienza energetica degli edifici in Italia

L'efficienza energetica è da sempre stato un importante dibattito per le politiche energetiche nei paesi più industrializzati, in quanto rappresenta un fattore di crescita economica, sociale, tecnologico. Negli ultimi cinquant'anni la crescita industriale ha subito un rialzo rilevante, con una maggiore sempre più ricerca dell'utilizzo dell'energia primaria, che ha portato a creare delle politiche che diano una maggiore sicurezza energetica, accesso all'energia con prezzi competitivi ed una sempre più moderazione degli usi energetici.

Dal punto di vista normativo, il tema dell'efficienza energetica ha portato l'Unione Europea e i Paesi membri a pensare a piani strategici. Per quanto riguarda le prime disposizioni di certificazione energetica degli edifici, in Italia le prime emanate sono la legge del 9 gennaio 1991 n.10 che favorisce l'uso razionale dell'energia, lo sviluppo di fonti rinnovabili e la riduzione dei consumi di energia nei processi produttivi.

Il recepimento italiano della Direttiva 2002/91/CE è avvenuto con il D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192, entrato ufficialmente in vigore l'8 ottobre 2005, corretto l'anno successivo con il D.Lgs. n. 311/2006.

Il successivo D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 115, oltre a recepire la Direttiva europea 2006/32/CE, completa le disposizioni del D.Lgs. n. 192/2005 decretando che, vadano applicate le metodologie di calcolo e i requisiti che devono possedere i soggetti abilitati alla certificazione energetica.

Nel 2009 viene pubblicato il D.P.R. n. 59, che definisce i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari. Più avanti viene pubblicato il D.Lgs. n. 28/2011, attuativo della Direttiva 2009/28/CE, che relativamente alla certificazione energetica modifica il D.Lgs. n. 192/005, prevedendo a partire dal 1° gennaio 2012, di riportare su tutti gli annunci commerciali di vendita l'indice di prestazione energetica contenuto nell'APE.

Fino alla *Legge 90/2013* “per il miglioramento degli edifici”, la quale indica:

- Edificio ad energia quasi zero (Nearly Zero Energy Building – NZEB);
- Metodologia di calcolo relativa alla prestazione energetica degli edifici;
- Requisiti minimi di prestazione energetica;
- Attestato di Prestazione Energetica (APE).
- Detrazioni fiscali.

Il Decreto del Presidente della Repubblica *74/2013* per gli impianti termici risulta essere essenziale, in quanto contiene una serie di obblighi e criteri da applicare all’edilizia pubblica e privata.

- I valori limite per tutti gli edifici (ad eccezione di ospedali e strutture similari), temperatura ambiente per la climatizzazione invernale non deve superare 18°C ed estiva non deve essere minore di 26°C. Il Decreto definisce anche i limiti orari di esercizio degli impianti termici per la climatizzazione invernale, relativi al periodo annuale e alla durata giornaliera, in base alla zona climatica.

Zona climatica	Ore giornaliere	Periodo dell'anno	Zona climatica	Ore giornaliere	Periodo dell'anno
Zona A	6	01/12 – 15/03	Zona D	12	01/11 – 15/04
Zona B	8	01/12 – 31/03	Zona E	14	15/10 – 15/04
Zona C	10	15/11 – 31/03	Zona F	Nessuna limitazione	

Fig. 3.29 DPR 74/2013: limiti di esercizio degli impianti termici per zona climatiche. Fonte : RAEE 2015

Inoltre, alle Autorità competenti delle Regioni, sono affidati i controlli dell’efficienza energetica degli impianti termici.

Tipologia Impianto	Alimentazione	Potenza termica* (kW)	Cadenza controllo (anni)
Con generatore di calore a fiamma	Generatori alimentati a combustibile liquido o solido	10<P<100 P≥100	2 1
	Generatori alimentati a gas, metano o GPL	10<P<100 P≥100	4 2
Con macchine frigorifere/pompe di calore	Macchine frigorifere e/o pompe di calore ad azionamento elettrico e macchine frigorifere e/o pompe di calore ad assorbimento a fiamma diretta	12<P<100 P≥100	4 2
	Pompe di calore a compressione di vapore azionate da motore endotermico	P≥12	4
	Pompe di calore ad assorbimento alimentate con energia termica	P≥12	2
Teleriscaldamento	Sottostazione di scambio termico da rete ad utenza	P>10	4
Cogenerazione	Microcogenerazione	Pe<50	4
	Unità cogenerative	Pe≥50	2

* P = Potenza termica utile nominale; PeI = Potenza elettrica nominale. I limiti degli intervalli sono riferiti alla potenza utile nominale complessiva dei generatori e delle macchine frigorifere che servono lo stesso impianto.

3.3 Mappatura regionale dell'innovazione energetica in edilizia

Un ruolo importante nel corso degli anni è stato dato dalle Regioni, che grazie al seguito dei riferimenti europei hanno introdotto dei criteri di riferimento, indispensabile per la crescita della nazione.

In Italia emergono differenti realtà in materia di prestazioni energetiche in edilizia, soprattutto realtà che cambiano da regione a regione nel modo di progettare e costruire, da una parte con un particolare attenzione sull'uso delle fonti rinnovabili, risparmio idrico e isolamento degli edifici, dall'altra invece si è andata verso le Linee Guida della bioedilizia e in alcuni casi su norme semplici da seguire.



Fig. 3.30 Mappatura regionale sulla sostenibilità in edilizia

Da quanto si può evidenziare dalla mappa sopra si è andato a suddividere il tema in alcune categorie principali sulla sostenibilità in edilizia, dove emerge senza dubbio che l'unica regione a rimanere fuori da queste normative è la Sicilia.

Le quattro fasce in cui sono state suddivise le Regioni sono evidenziate in leggenda da diversi colori, andando ad esaminare subito come in diverse aree del Nord, con annessa la Puglia prevali la legge che obbliga interventi per la certificazione energetica, obbligando l'installazione delle fonti rinnovabili per i nuovi edifici ed i criteri per migliorarne le prestazioni energetiche. Lazio e l'Umbria risultano essere le uniche due regioni dove gli

obblighi di Legge si riferiscono all'uso dell'energia fotovoltaica ed ai pannelli solari termici. Veneto, Toscana, Campania, Calabria e Marche, queste cinque Regioni sono state interessate dalle Linee Guida per l'edilizia sostenibile ma non prevedono obblighi. Queste Regioni promuovono la sostenibilità in edilizia, la certificazione energetica, in maniera del tutto facoltativa, e il risparmio delle risorse naturali. Queste indicazioni devono essere recepite ed adottate dai Regolamenti Edilizi Comunali per entrare in vigore. Altre regioni quali: Friuli Venezia Giulia, Abruzzo, Molise e Sardegna sono legate a semplici indicazioni sulle fonti rinnovabili.

3.4 Efficienza energetica: tre nuovi decreti

Lo stato ha approvato tre decreti ministeriali nell'ambito dell'efficienza energetica¹⁹, in modo da garantire il conseguimento dell'obiettivo principale dell'Unione Europea, che determina l'efficienza energetica del 20% entro il 2020. Ovvero incrementare il numero degli edifici ad energia quasi zero, ridurre il più possibile i consumi energetici, con l'utilizzo di fonti rinnovabili.

3.4.1 Attestato di Prestazione Energetica (APE)

L' A.P.E è il documento che descrive le prestazioni energetiche, di un abitazione o di un appartamento ed indica gli interventi da fare per migliorarne le funzioni.

E' uno strumento di controllo che monitora l'edificio, confrontando gli edifici dal punto di vista energetico, andando a tutelare chi acquista o affitta un immobile.

Le sue principali finalità sono:

- Documento per valutare la convenienza economica dell'acquisto e della locazione di un immobile in relazione ai consumi energetici
- Strumento per consigliare degli interventi di riqualificazione energetica efficaci

3.4.2 Metodologia di calcolo e requisiti minimi delle prestazioni energetiche

Il decreto definisce le nuove modalità di applicazione della metodologia di calcolo della

¹⁹ Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana:15/07/2015 n.162 (Decreti Ministeriali 26 giugno 2015 datati 26 giugno 2015, costituenti i disposti attuativi della Legge n. 90/2013, recepimento italiano della Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica degli edifici)

prestazione energetica e i nuovi requisiti minimi di efficienza per i nuovi edifici e quelli sottoposti a ristrutturazione.

3.4.3 Relazione tecnica di progetto

Il decreto definisce gli schemi e le modalità di relazione tecnica di progetto, in funzione delle diverse tipologie di intervento:

- nuove costruzioni e ristrutturazioni importanti di primo livello;
- ristrutturazioni importanti di secondo livello;
- riqualificazioni energetiche;

Con l'emanazione di questi provvedimenti si compie un passo importante verso l'incremento degli edifici ad energia quasi zero.

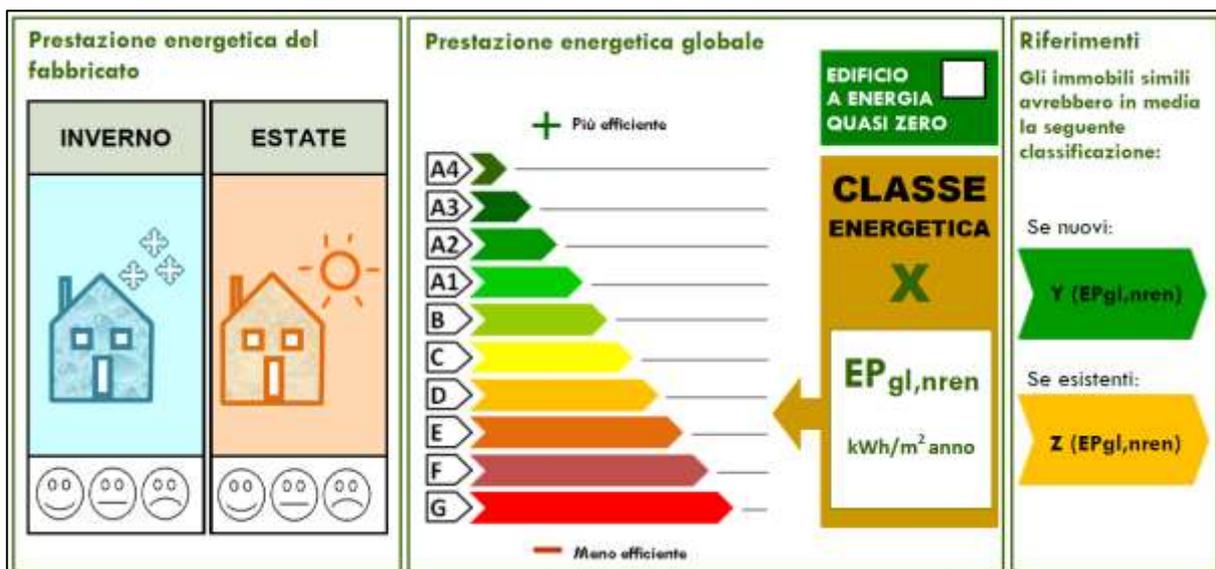


Fig.3.31 Il Nuovo Ape entrato in vigore il 1° Ottobre 2015

3.5 Sostenibilità dei materiali

Innanzitutto per parlare di edilizia sostenibile e dare la possibilità di passare da quella tradizionale ad una “più innovativa”, attraverso le varie Normative di riferimento, uno degli aspetti a cui bisogna mirare è senza dubbio , l'utilizzo di materiali, che siano essi innovativi o delle tradizioni remote, ma che sappiano senza dubbio garantire una riduzione del carico ambientale, ovvero cercare di non distruggere l'ambiente circostante. Naturalmente uno dei fattori da tenere presente è che nessun materiale in assoluto è libero dalle problematiche legate all'inquinamento, dalla produzione allo smaltimento di quest'ultimo. Tenendo conto di ciò, vi sono molti materiali che riescono meglio il confronto sotto diversi aspetti, come ad esempio il consumo di energia primaria e acqua o l'emissione di CO₂ nel processo produttivo, di vita e di smaltimento del materiale e, secondo le competenze odierne, possono essere considerati ecologici e sostenibili. Ogni singolo materiale dovrebbe minimizzare l'inquinamento²⁰, cercando di fare riferimento al ciclo di vita di ognuno.

3.5.1 Direttiva 2009/125/CE

Questa direttiva prende in esame la progettazione ecocompatibile di prodotti che consumano energia, cioè prodotti come ad esempio i serramenti, materiali isolanti o rubinetti per l'acqua, che hanno una diretta relazione con il consumo energetico, in modo da garantire una maggiore libertà nel mercato.

La nuova Direttiva stabilisce le regole per la definizione dei requisiti tecnici, ai quali i produttori di dispositivi dovranno attenersi, già in fase di progettazione, per incrementare l'efficienza energetica e ridurre l'impatto ambientale negativo dei propri prodotti durante tutto il loro ciclo di vita. Questa norma contribuisce allo sviluppo sostenibile aumentando l'efficienza energetica e il livello di protezione ambientale, cercando di migliorare il sempre di più il rifornimento energetico. I prodotti oggetto di una misura di esecuzione possono essere introdotti sul mercato (ed in servizio) solamente se rispettano tale misura e sono muniti di marcatura, inoltre è necessario aggiornare i riferimenti della Dichiarazione di Conformità dei prodotti che ricadono nel campo di applicazione della Direttiva 2005/32/CE con i nuovi riferimenti alla nuova 2009/125/CE²¹.

²⁰ Edilidee 2012

²¹ Direttiva Eco-Design, Regolamenti Attuativi, Assil 2011

3.6 La Normativa Regionale

Quadro legislativo sulla certificazione energetica in Puglia

La legge regionale 10 giugno 2008 n.13: “ Norme per l’abitare sostenibile²³” prende in esame la sostenibilità energetica e ambientale sia nelle trasformazioni territoriali sia nelle opere edilizie, pubbliche e private. Questa legge definisce un quadro normativo su come bisogna intervenire sugli edifici di nuova edificazione, di recupero edilizio e urbanistico e di riqualificazione urbana. Nel 2010 viene emanato dalla G.R. della Puglia, il Regolamento per la certificazione energetica degli edifici definendo i criteri e le modalità per il rilascio dell’ Attestato di Certificazione Energetica. L’obbligo della certificazione è previsto in caso di: nuova costruzione, ristrutturazione, edilizia pubblica, compravendita e locazione.

Nel 2011 con la Delibera della G.R. della Puglia del 23/09/2011 sono state emanate le linee guida per il finanziamento di interventi di miglioramento della sostenibilità ambientale e delle prestazioni energetiche del patrimonio edilizio pubblico del settore terziario. Con ciò la R.P. intende promuovere, l’efficientamento del patrimonio edilizio esistente e la diffusione in ambito urbano di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica.

Nel 2016 la L. R. 5 dicembre 2016, n. 36 “Norme di attuazione del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 e dei decreti del Presidente della Repubblica 16 aprile 2013, n. 74 e n. 75, di recepimento della direttiva 2010/31/UE del 19 maggio 2010 del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell’edilizia. Istituzione del “Catasto energetico regionale”.

Nell’agosto del 2017 viene pubblicata la Delibera della G. R. n. 1390 : "Piano Energetico Ambientale regionale. Con tale delibera si dà avvio alla revisione del documento di aggiornamento del PEAR (Piano energetico ambientale regionale) e si dispone che il seguito delle attività dovrà, in particolare, intervenire sui contenuti del Piano generandone una adeguata riedizione, nei termini che seguono: generare una più adeguata riedizione del documento programmatico, con riferimento ai temi della decarbonizzazione, dell’economia circolare e di scenari di evoluzione del mix energetico, coerentemente agli indirizzi della attuale amministrazione regionale; ricomprendere azioni e misure, anche attraverso Norme Tecniche di Attuazione degli indirizzi, che saranno formulate di intesa tra

²³ www.regione.puglia.it

pagina “Certificazione Abitare Sostenibile” Bollettino Ufficiale della Regione Puglia - n. 27 suppl. del 10-02-2010

le varie strutture concorrenti alla definizione dei contenuti, in base alle rispettive competenze, sin dalle fasi preliminari della redazione del documento di piano; includere nel Rapporto Ambientale scenari di effetti ambientali dovuti alla attuazione delle azioni, aggiornamenti di contesto e Studio di Incidenza Ambientale. Si dispone inoltre una più efficace organizzazione delle competenze circa la gestione del Piano.

3.7 Metodologie di valutazione della sostenibilità edilizia

Per la valutazione della sostenibilità degli edifici sono disponibili, a livello internazionale e nazionale, numerosi metodi di verifica, dai quali si ricava un punteggio relativo alle prestazioni dell'edificio, esso permette di classificare la costruzione rispetto ad una scala di qualità. Nel seguente capitolo verranno presi in esame i sistemi di valutazione noti come LEED, Protocollo ITACA, andando a descrivere in linea generale: cosa sono e a cosa servono, senza entrare nello specifico.

3.8 Sistemi di Valutazione e Certificazione degli Edifici

I sistemi di valutazione della sostenibilità degli edifici che verranno presentati, prevedono due importanti strumenti che ne consentono l'applicazione, il primo è lo strumento di valutazione vero e proprio, il secondo è rappresentato dal processo e dalle procedure di valutazione.

Questo strumento tiene conto della particolare destinazione d'uso dell'edificio, del contesto locale ed è inoltre applicabile sia ad edifici nuovi sia ad edifici esistenti, in modo da poter considerare l'edificio nelle diverse fasi del ciclo di vita, dalla progettazione preliminare all'esercizio della costruzione. Lo sviluppo della valutazione consente di esprimere le prestazioni dell'edificio, creando una soluzione di approccio per chi si va a misurare in ciò dovuta alla crescita delle costruzioni, in funzione del risultato che desiderano ottenere. Altro aspetto da non dimenticare è la possibilità di poter comunicare la prestazione raggiunta dall'edificio, attraverso la disponibilità di un certificato di sostenibilità dell'immobile riconosciuto anche a livello internazionale. Il sistema di certificazione invece deve essere strutturato, attraverso la realizzazione di processi in grado di garantire il corretto utilizzo degli strumenti di valutazione, l'adeguata applicazione delle procedure ed il rispetto di ruoli e responsabilità per garantire la qualità delle valutazioni, l'emissione del certificato e la corretta comunicazione dei risultati ottenuti.

Le principali caratteristiche che un Sistema di Certificazione deve possedere sono:

- Usare metodi e strumenti di valutazione rappresentati da precisa valenza scientifica, che tengano conto del contesto climatico, sociale, economico e culturale dell'area in cui l'edificio è localizzato e realizzato;
- Essere omogenei ai sistemi di certificazione riconosciuti a livello internazionale.

3.9 LEED Italia Nuove Costruzioni e Protocollo ITACA

Il sistema di certificazione LEED²⁴ (Leadership in Energy and Environmental Design) è uno standard ad applicazione volontaria per la progettazione, la costruzione e la gestione di edifici sostenibili ad alte prestazioni sviluppato dallo United States Green Building Council USGBC. Questo sistema nasce per stabilire uno standard comune di misurazione dei "green buildings", definiti come edifici a basso impatto ambientale, per fornire e promuovere un sistema integrato di progettazione che riguarda l'intero edificio, per dare riconoscimento a chi realizza prestazioni virtuose nel campo delle costruzioni, per stimolare la competizione sul tema della prestazione ambientale, stabilire un valore di mercato con la creazione di un marchio riconosciuto a livello mondiale ed infine per aiutare i committenti e accrescere in loro la consapevolezza dell'importanza di costruire "green".

Quindi, attraverso l'utilizzo del sistema LEED, è possibile valutare le prestazioni ambientali in un'ottica di ciclo di vita dell'edificio ossia durante le fasi di progettazione, costruzione, esercizio, dismissione. Questo sistema è costituito da diversi standard che fanno riferimento, e sono quindi applicabili, a diverse tipologie di edificio; i criteri in esso contenuti difatti variano a seconda della tipologia di fabbricato considerato e permettono quindi una certa flessibilità di applicazione.

In Italia si è proceduto ad adattare il LEED al sistema tecnico italiano di strumenti di valutazione attraverso la promozione del Protocollo ITACA. Questo è uno strumento di valutazione del livello di sostenibilità energetica e ambientale degli edifici.

²⁴ GBC Italia, Green building: nuove costruzioni e ristrutturazioni: manuale LEED Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni: per progettare, costruire e ristrutturare edifici istituzionali e commerciali, Rovereto, 2009, Ristampa 2011.

Il Protocollo permette di verificare le prestazioni di un edificio in riferimento non solo ai consumi e all'efficienza energetica, ma prendendo anche in considerazione il suo impatto sull'ambiente e sull'uomo, favorendo così la realizzazione di edifici sempre più innovativi, ad energia zero, con la presenza di materiali che nella loro produzione comportino bassi consumi energetici e nello stesso tempo garantiscano un elevato comfort. Il Protocollo garantisce inoltre l'oggettività della valutazione attraverso l'impiego di indicatori e metodi di verifica conformi alle norme tecniche e leggi nazionali di riferimento.

Itaca²⁵ è un istituto nato nel 1996 come associazione di tipo federale per impulso delle Regioni italiane, con la denominazione di "Istituto per la trasparenza, l'aggiornamento e la certificazione degli appalti". L'obiettivo era quello di attivare azioni ed iniziative condivise dal sistema regionale al fine di promuovere e garantire un efficace coordinamento tecnico tra le stesse Regioni e province autonome, così da assicurare anche il miglior raccordo con le istituzioni statali, enti locali e operatori del settore. Dal 2005, a seguito del ruolo assunto da Itaca e riconosciuto dalle stesse Regioni e da organismi nazionali di riferimento, con il quale si rapporta, ha adottato la sua nuova denominazione, "Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale", la quale, pur confermando l'identità statutaria, ne sottolinea l'impegno anche sul versante delle tematiche inerenti alla sostenibilità ambientale.

Nel 2004, la conferenza dei presidenti delle Regioni e delle Province Autonome italiane, ha approvato uno strumento di valutazione, denominato "Protocollo ITACA. Questo strumento di valutazione consente di effettuare la valutazione della sostenibilità degli edifici per destinazioni d'uso, prevalentemente residenziali. In seguito, il Protocollo è stato adottato da numerose Regioni e amministrazioni comunali in diverse iniziative volte a promuovere e ad incentivare l'edilizia sostenibile attraverso leggi regionali, regolamenti edilizi, gare d'appalto, piani urbanistici, ecc.

I principi fondamentali su cui si basa lo strumento di valutazione sono: l'individuazione dei criteri, ossia i temi ambientali che permettono di misurare le varie prestazioni dell'edificio; la definizione di prestazioni di riferimento (benchmark) con cui confrontare quelle dell'edificio ai fini dell'attribuzione di un punteggio; la "pesatura" dei criteri che ne determinano la maggiore e minore importanza; il punteggio finale che definisce il grado di miglioramento delle prestazioni rispetto al livello standard.

²⁵ www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp

Nell'elenco dei criteri di valutazione imposti dal Protocollo Itaca "Puglia 2011 Residenziale Nuove costruzioni", vi è la categoria "Materiali Eco-compatibili" con riferimento al punto "B.4.8. Materiali Locali".

CONSUMO DI RISORSE		NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE	B.4.8
Materiali eco-compatibili			
Materiali locali			
AREA DI VALUTAZIONE		CATEGORIA	
B. Consumo di risorse		B.4 Materiali eco-compatibili	
ESIGENZA		PESO DEL CRITERIO	
Favorire l'approvvigionamento di materiali locali.		nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE		UNITA' DI MISURA	
Percentuale in peso dei materiali locali rispetto a quelli utilizzati nella costruzione dell'edificio.		%	
SCALA DI PRESTAZIONE			
		%	PUNTI
NEGATIVO		-	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		18	3
OTTIMO		30	5

Fig. 3.32 Scheda Criterio B.4.8 – Materiali Locali

Questo criterio vede nell'utilizzo di materiali locali, un buon contributo nell'ottenimento di un alto punteggio nel protocollo stesso.

I materiali presi in esame nel percorso tesi, canapa e calce sono considerati naturali e reperibili a distanze brevi dal luogo oggetto d'intervento, infatti sono ritenuti altamente sostenibili poiché prodotti a livello locale (Puglia) e quindi in grado di collegare industria e agricoltura a km zero. .

Il binomio di questi due materiali crea una miscela in canapa e calce capace di ridurre le emissioni di diossido di carbonio, grazie alle sue proprietà di isolamento termico e di assorbimento della CO₂.

Soluzione di non poco conto per l'edilizia del sud Italia, in quanto rende più facilmente raggiungibile i più elevati standard normativi di parametri previsti dal Protocollo di certificazione Itaca.

3.10 Conglomerato Canapa e calce in relazione al Protocollo Itaca

La continua richiesta di materiali innovativi rispetto a quelli tradizionali, che non rispettano i requisiti di sostenibilità e di efficienza energetica, ha permesso al biocomposito in canapa e calce di essere una miscela molto importante nel mercato nazionale ed internazionale.

La canapa è stata per molti anni un materiale trascurato, non considerato, ma finalmente con le prime norme e la rivalutazione della pianta, si assiste ad una leggera ripresa negli anni 90, ancora visibile tutt'ora grazie agli innumerevoli benefici ottenuti nei vari campi e soprattutto in edilizia, come anche per la calce, fin dai tempi più antichi offre molti vantaggi, soprattutto ora nella progettazione di edifici sostenibili.

Questo composto si differenzia dagli altri materiali isolanti in quanto combina differenti proprietà di isolamento, eco-compatibilità, riciclabilità, materiale a bilancio negativo di emissioni di CO₂. Materiale dalla mille sfaccettature in grado di dare benessere e comfort all'edificio e all'ambiente permettendo anche un minor costo di tecnologie innovative compensato dal risparmio energetico.

Il conglomerato in canapa e calce consente di migliorare il punteggio globale nel Protocollo ITACA, ed è utile, in particolare, a migliorare il Punteggio dei Criteri in quanto sono materiali naturali e non nocive per l'uomo, hanno una maggiore traspirabilità: permettono il passaggio del vapore acqueo in virtù della forte igroscopicità di entrambe le materie prime da cui sono composti, permette di avere all'interno dell'edificio, un grado di umidità relativa pressoché costante, evitando il verificarsi di muffe e condense, molto importante per la costruzione. Una corretta regolazione dell'umidità relativa, consente una migliore percezione della temperatura, offrendo un ulteriore risparmio dal punto di vista energetico rispetto agli altri prodotti isolanti e aumentando la sensazione di benessere all'interno delle abitazioni.

4.1 Confronto di tre tipologie di blocco

In questo capitolo si valuteranno le caratteristiche prestazionali di tre tipologie di blocco, tra i più utilizzati per la realizzazione di muri di tamponamento quali: Blocco in Canapa e Calce, Blocco in Calcestruzzo cellulare e Blocco in Laterizio Alleggerito. Essendo questo studio finalizzato all'analisi del materiale innovativo sostenibile, la mia attenzione vedrà una descrizione più dettagliata del blocco in calce e canapa, attraverso un confronto, dal punto di vista delle prestazioni tecniche e termiche, e con l'uso di stratigrafie, si andrà a valutare quali sono i vantaggi derivanti dall'utilizzo di questo rispetto agli altri.

4.2 Blocco in Canapa e Calce

Questi due grandi materiali canapa e calce, prodotti naturali per eccellenza, danno vita ad un unico materiale edile del futuro. Il blocco in canapa e calce è un'innovazione che riprende il passato, riporta alla luce la canapa, materiale trascurato per molti anni, e la calce, materiale ritenuto fin dai tempi più antichi molto vantaggioso.



Fig. 4.33 Realizzazione di muri di tamponamento con blocchi in calce e canapa e verifica di allineamento.

L'elevato contenuto di silicio nella canapa e di magnesio nella calce avviano la carbonizzazione del materiale e la "pietrificazione" delle fibre, rendendolo quindi tutto molto durevole.

La funzione della calce in questo biocomposito è di stabilizzare la parte vegetale, quindi di renderla totalmente inattaccabile da ogni tipo di insetticida, lasciando l'ambiente più salubre.

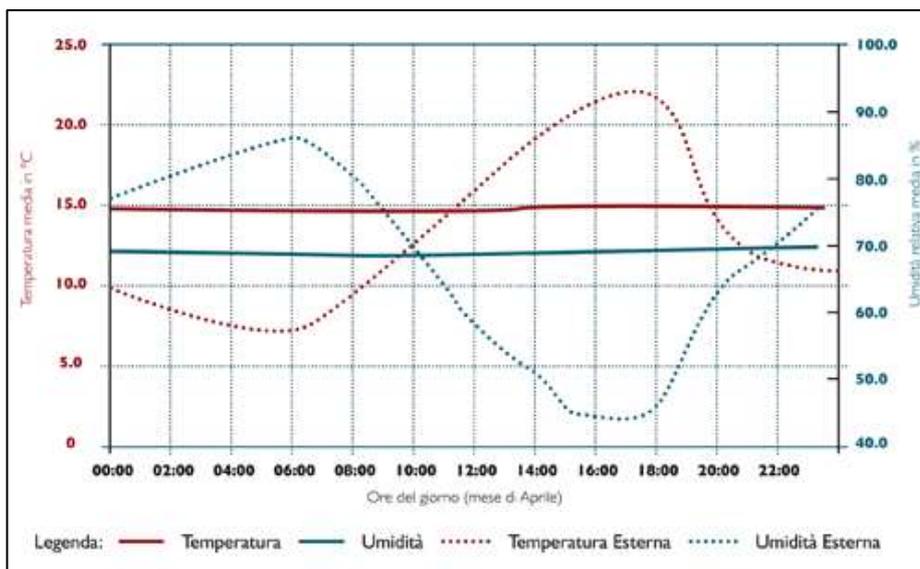
I blocchi prefabbricati, sono utili nell'impiego di murature di tamponamento, tramezzature, si applicano su edifici di nuova costruzione o di riqualificazione. Materiale facile da lavorare, la sua particolare geometria permette un incastro perfetto tra gli elementi, la posa di questi blocchi è simile ad altri prefabbricati, ma richiede una malta di assemblaggio a base di calce.

La canapa è un materiale rilevante che soddisfa il bisogno fondamentale dell'abitare sano. È una pianta che viene coltivata a qualsiasi latitudine e longitudine, resiste al cambiamento del clima ed è di facile smaltimento, oltre ad avere senza dubbio un grande bilancio di CO₂, con la costruzione di "case a km zero" costituite da: canapa, calce, legno e sabbia. L'associazione di canapa e calce (materiale molto utilizzato in antichità, la pietra calcarea veniva bruciata e conservata in grandi vasche nelle fattorie), crea un materiale: termoisolante, traspirante, ignifugo, fonoassorbente, accumulatore termico, "disinfettante" per l'aria e regolatore di umidità. Risulta un materiale riciclabile alla fine del suo ciclo. Questo materiale può essere facilmente sgretolato e nuovamente impastato aggiungendo acqua e calce in betoniera. Il materiale, se smaltito, si scompone naturalmente essendo privo di sostanze tossiche o di origine sintetica.

Il grande sviluppo di questi blocchi è legato soprattutto alla possibilità di creare strutture in grado di svolgere un sostegno come i vecchi muri in cemento, e isolamento termico e acustico senza l'aggiunta di nessun pannello aggiuntivo.

In sostanza questi blocchi sono una buona alternativa alle esigenze dello sviluppo sostenibile, della tutela dell'ambiente, unendo agricoltura ed industria, creando un futuro di salute e di benessere per l'uomo e per l'ambiente circostante.

GRAFICO DELLE TEMPERATURE Fonte:www.equilibrium-bioedilizia.it



Il grafico rileva come tale materiale in canapa e calce, limita gli sbalzi di temperatura, impedendo il passaggio di calore tra un ambiente e l'altro, mantenendo la temperatura interna e l'umidità quasi costanti, riducendo al minimo i costi energetici e favorendo un comfort abitativo.

Dati tecnici Blocchi in canapa e calce

Spessore in cm	8	12	15	25	30	36	40
Densità in kg/m ³	330	330	330	330	330	330	330
λ Conduttività termica in W/(mK)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
U Trasmissione termica in W/(m ² K)	0,76	0,53	0,43	0,27	0,22	0,19	0,17
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo (μ)	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Calore specifico (J/kgK)	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
Coefficiente di assorbimento acustico	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Indice di attenuazione acustica Rw (dB) con intonaco 1,5 cm x lato	24,37	36,55	37,51	40,11	41,17	42,29	42,96
Reazione al fuoco con intonaco	Ignifugo						
Sfasamento senza intonaco	3h09'	5h53'	7h58'	14h48'	16h13'	22h19'	25h04'

Fonte: www.equilibrium-bioedilizia.it

4.2 Blocco in Calcestruzzo Cellulare

Il blocco in calcestruzzo cellulare è prodotto da un materiale leggero, composto essenzialmente da acqua, sabbia silicia, cemento e calce, presenta un colore bianco e può dare l'aspetto di essere paragonato al polistirolo, ma ha inevitabilmente una resistenza molto più elevata.

Uno dei fattori importanti di questo materiale è dato dal suo valore di resistenza alla compressione che permette la costruzione di edifici alti fino a tre piani f.t. senza l'utilizzo di cemento armato, permettendo a sua volta l'assoluta assenza di ponti termici. Questi blocchi presentano ottime proprietà dal punto di vista fisico, buon isolante termico, isola estremamente dai rumori esterni, presenta una buona permeabilità al vapore ed è un materiale ignifugo.



Fig. 4.34 Blocchi in calcestruzzo cellulare dalla posa alla realizzazione di muri.

Materiale utilizzabile in diverse applicazioni, sia per edifici di nuova costruzione, che per edifici di riqualificazione dell'immobile. Presenta un'ottima lavorabilità, facile da tagliare.

I blocchi si presentano completamente lisci, ma possono presentare scanalature per agevolare l'incastro in cantiere, blocco con blocco, attraverso giunti maschi - femmina che si incastrano tra di loro e permettono una veloce pose in opera. Con il calcestruzzo cellulare si possono produrre blocchi di dimensioni, forme e peso diversi, utilizzati per realizzare tramezzi, ma anche muretti divisorii.

Importante risulta essere la posa del materiale che se posizionato in maniera errata può dare vita a forti deformazioni.

Dati tecnici Blocchi in calcestruzzo cellulare

Materiale		Densità 400 kg/m ³	Densità 500 kg/m ³								
Peso specifico	kg/m ³	400	500								
Ritiro	mm/m	0,10	0,10								
Resistenza caratteristica a compressione blocchi	N/mm ²	2,0	2,7								
Resistenza caratteristica a compressione della muratura	N/mm ²	-	2,2								
Resistenza caratteristica a taglio della muratura	N/mm ²	-	0,19								
Permeabilità al vapore	kg/m ² Pa	32x10 ⁻¹²	32x10 ⁻¹²								
Conducibilità termica $\lambda_{10, \text{air}}$	W/mK	0,096	0,119								
Collante e intonaco											
Resistenza a compressione collante grigio/bianco	kg/m ²		5								
Resistenza a flessione collante grigio/bianco	kg/m ²		2								
Resistenza a compressione intonaco Multicem	kg/m ²		>0,9								
Resistenza a compressione intonaco Multicem microfibrato	kg/m ²		>1,5								
Murature in blocchi (densità 500 kg/m³)											
		Tramezze e divisorii				Murature					
Spessore	cm	8	10	12	15	20	24	30	35	37,5	40
Peso muratura in opera (senza intonaco)	kg/m ²	40	50	60	75	100	120	150	175	188	200
Trasmittanza termica (senza intonaco)	W/m ² K	1,42	1,19	1,03	0,85	0,66	0,56	0,46	0,40	0,37	0,35
Trasmittanza termica (con intonaco)	W/m ² K	1,32	1,12	0,97	0,81	0,64	0,55	0,45	0,39	0,36	0,34
Abbattimento acustico (con intonaco)	dB	39	40	41	43	46	49	50	51	51	52
Resistenza al fuoco (senza intonaco)	REI	120	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Murature in blocchi (densità 400 kg/m³)											
						Murature					
Spessore	cm					20	24	30	35	37,5	40
Peso muratura in opera (senza intonaco)	kg/m ²					80	96	120	140	150	160
Trasmittanza termica (senza intonaco)	W/m ² K					0,54	0,46	0,37	0,32	0,30	0,29
Trasmittanza termica (con intonaco)	W/m ² K					0,53	0,45	0,36	0,32	0,30	0,28

Fonte: www.scuolaedilegrossetana.it

4.3 Blocco in Laterizio Alleggerito

Il laterizio è un materiale ottenuto per cottura di un impasto di argilla e acqua. Vi sono differenti tipi di argille che in base alle loro funzione attribuiscono al materiale proprietà meccaniche ed estetiche molto diverse.

Caratteristica principale di tale materiale è la presenza di “pori”, essi sono dovuti alla mescolanza oltre alle argille di materiali diversi tipo la segatura, sansa derivata dall’olio e polistirolo espanso.

Gli elementi in laterizio per strutture murarie possono essere mattoni pieni e semipieni, blocchi semipieni forati. Caratteristiche salienti di questo prodotto sono innanzitutto che è più leggero rispetto ad altri tipi di laterizi, ha più permeabilità al vapore d’acqua, elevata resistenza termica, maggiore deformabilità, facilmente lavorabile, buon isolamento acustico.

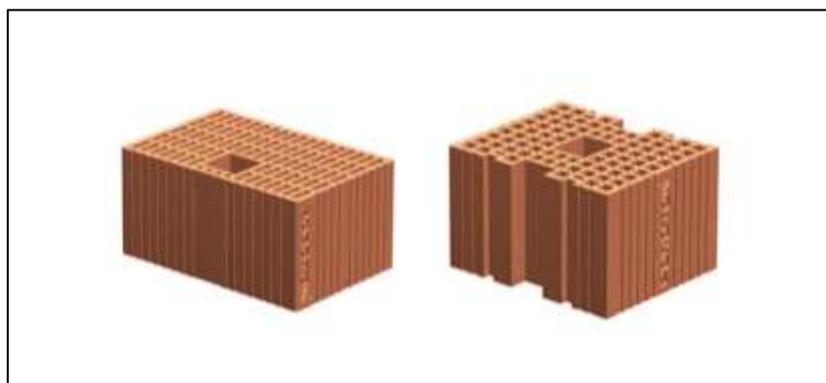


Fig. 4.35 Realizzazione di muri perimetrali con blocchi in laterizio alleggerito e verifica di allineamento.

Nei laterizi risulta essere scarsa la resistenza a trazione e quella a flessione, mentre determinanti per la resistenza al gelo su murature che risultano bagnate a causa dell’umidità dell’aria o per pioggia battente quando la temperatura scende al di sotto di 0°

C., la formazione di ghiaccio nei pori e nelle discontinuità del laterizio, spinge l'acqua verso altre microcavità, annullando durante i cicli di gelo disgelo il danneggiamento del materiale.

Caratteristiche Tecniche Muratura POROTON® 700	Unità misura	Valore
● Resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k	da determinarsi secondo prescrizioni D.M. 20/11/1987	
● Resistenza caratteristica a taglio della muratura f_{vk0}	da determinarsi secondo prescrizioni D.M. 20/11/1987	
● Conducibilità termica equivalente parete asciutta	(W/m°C)	0.22
● Conducibilità termica equivalente parete in condizioni d'uso	(W/m°C)	0.27
● Calore specifico medio equivalente	(J/kg°C)	840
● Permeabilità alla diffusione vapore δ	(kg/msPa)	20×10^{-12}
● Resistenza alla diffusione vapore μ	(adim.)	10
● Coefficiente dilataz. termica lineare α	(m/m°C)	$\sim 5 \times 10^{-6}$
● Dilatazione per umidità	($\mu\text{m}/\text{m}$)	250÷350
● Indice di valutazione R_w a 500 Hz: - parete spessore 12 cm - parete spessore 30 cm	(dB)	41 47
● Resistenza al fuoco REI: - parete spessore 8 cm intonacata - parete spessore 12 cm intonacata	(min)	120 180
● Classe di reazione al fuoco	-	0 (zero)

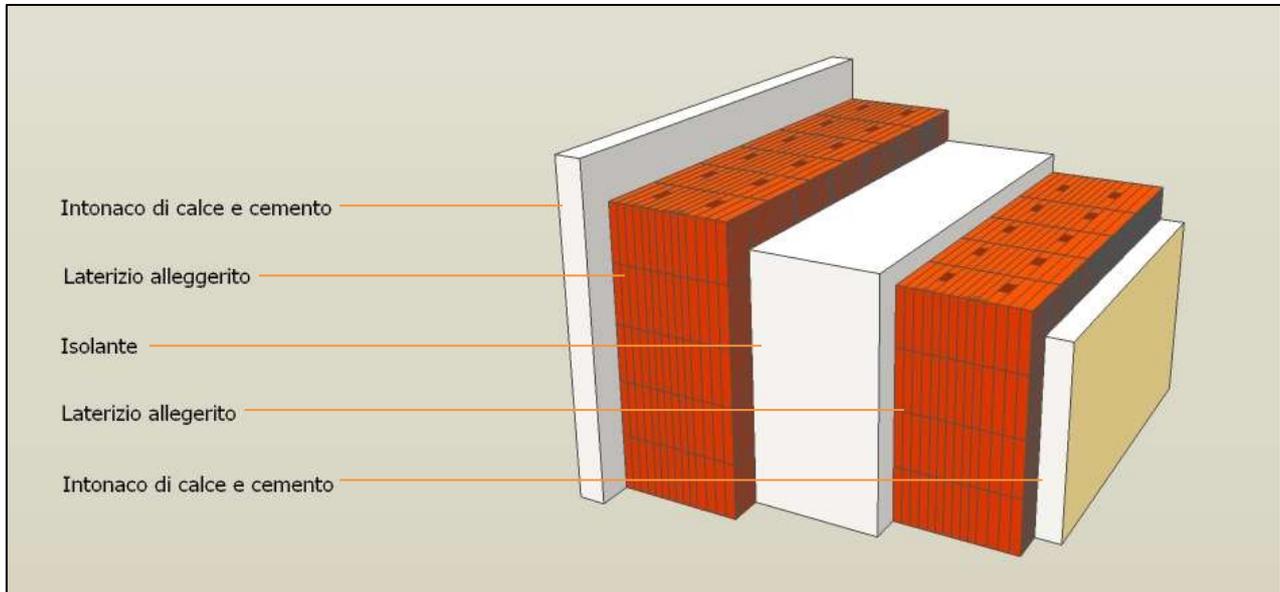
Fonte: www.scuolaedilegrossetana.it

4.4 Tabella di confronto dei tre blocchi

<p>TABELLA CONFRONTO MATERIALI</p>	 Blocco in Canapa e Calce	 Blocco in CIs cellulare	 Blocco in Laterizio alleggerito
<p>ISOLAMENTO TERMICO Per via del basso valore lambda, i mattoni in canapa e calce garantiscono un ottimo isolamento.</p>			
<p>INERZIA TERMICA I mattoni in canapa e calce hanno la capacità di conservare calore e di rilasciarlo nel tempo. Comfort abitativo nelle diverse stagioni.</p>			
<p>RIFLESSIONE DEL CALORE La calce naturale legante riflette il calore a raggi infrarossi, il freddo e il caldo. Fattore non molto considerato sebbene si traduca in notevoli risparmi energetici.</p>		Nessuna riflessione del calore	Nessuna riflessione del calore
<p>REGOLAZIONE DELL'UMIDITA' I mattoni in canapa e calce permettono in passaggio dell'umidità, evitando problemi di condensa all'interno dell'edificio.</p>		Nessuna influenza sull'umidità	Nessuna influenza sull'umidità
<p>CO2 NEGATIVO Principalmente per via della rapida crescita delle piante di canapa, i mattoni in canapa e calce hanno un bilancio di CO2 negativo.</p>		CO2 positivo	Emissioni massicce di CO2 in fase di produzione.
<p>RIUTILIZZABILE Al termine della sua vita utile, il biocomposito è totalmente riutilizzabile: una volta frantumato basta reinpastarlo con acqua e calce.</p>		Rifiuti dopo l'utilizzo	Rifiuti dopo l'utilizzo
<p>ECONOMICO Grazie al sistema di costruzione monolitica si riducono, oltre ai i costi di edificazione in termini di ore lavorative, anche i costi per i sistemi di riscaldamento e raffreddamento.</p>		Risparmio in termini di tempo con un metodo di costruzione monolitica.	Risparmio in termini di tempo con un metodo di costruzione monolitica.

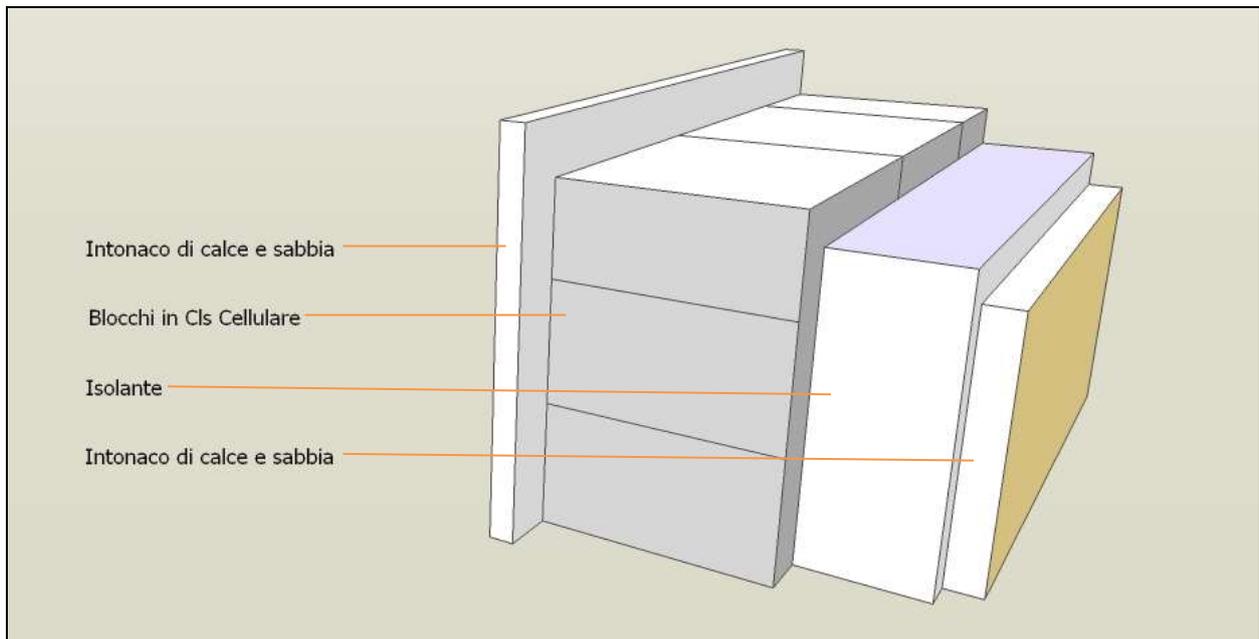
4.5 Scenari con i diversi blocchi

Esempio di muratura di tamponamento in Laterizio alleggerito, $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$



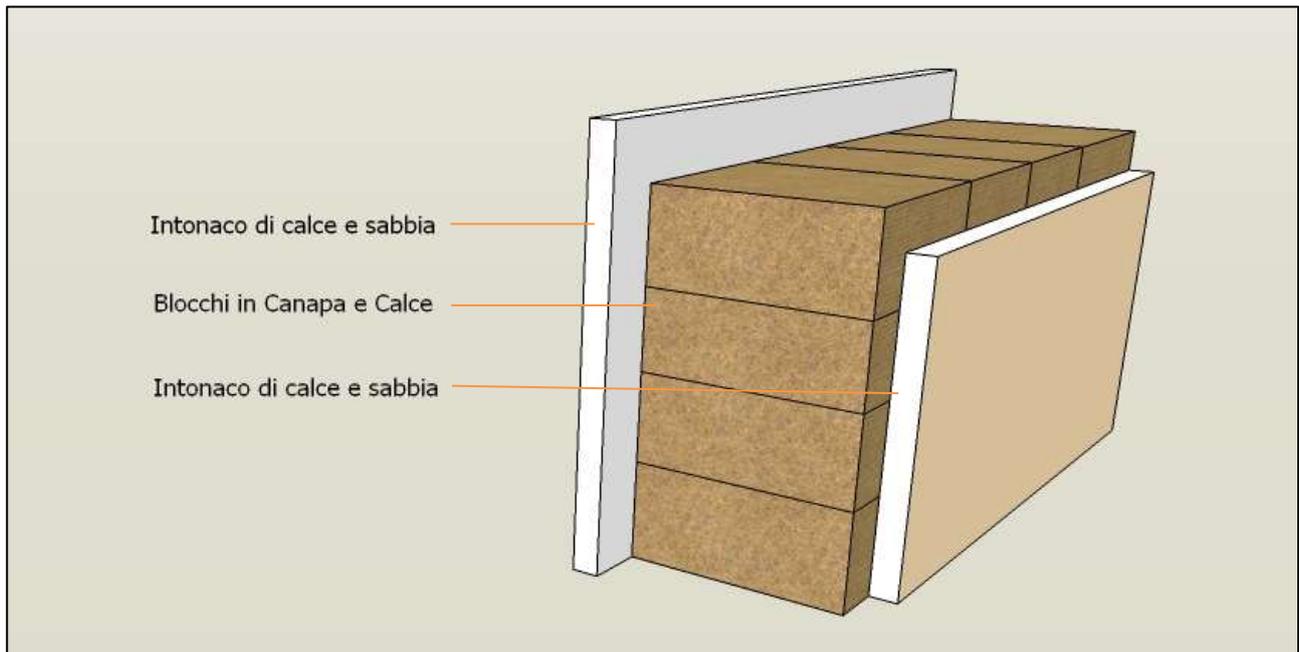
Strati	Materiale	Spes. (cm)
	Intonaco di calce e cemento	2.5
	Laterizio semipieno (Poroton)	12.0
	Isolante	12.0
	Laterizio semipieno (Poroton)	12.0
	Intonaco di calce e cemento	2.5
	Totale:	41.0
	Trasmittanza termica	0.20 W/m²K

Esempio di muratura di tamponamento in Calcestruzzo cellulare, $U = 0.25 \div 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$



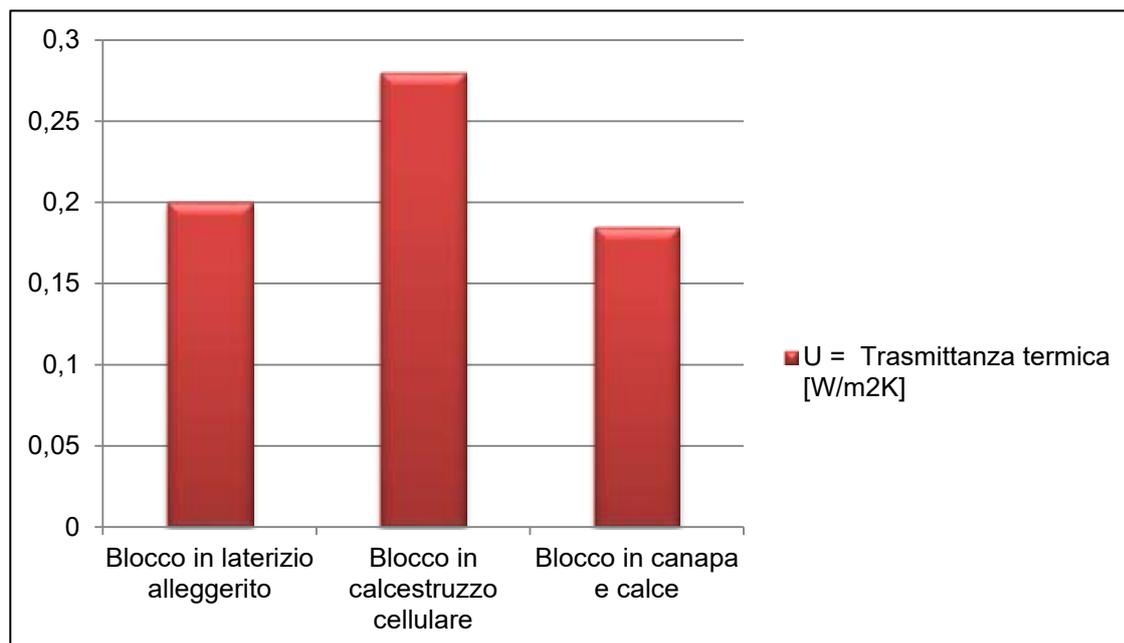
Strati	Materiale	Spes. (cm)
	Intonaco di calce e sabbia	1.0
	Blocco in Calcestruzzo cellulare	24.0
	Isolante	10.0
	Intonaco di calce e sabbia	3
	Totale:	38.0
	Trasmittanza termica	$0.25 \div 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Esempio di muratura di tamponamento in Canapa e Calce, $U= 0.17 \div 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$



Strati	Materiale	Spes. (cm)
	Intonaco di calce e sabbia	1.0
	Blocco in Canapa e Calce	36.0
	Intonaco di calce e sabbia	2.0
	Totale:	39.0
	Trasmittanza termica	0.17÷ 0.19 W/m²K

Valori trasmittanza dei tre blocchi



Dagli esempi fatti sulle diverse murature di tamponamento prese in esame, si è potuto constatare che, sostituendo i blocchi in calcestruzzo cellulare e i blocchi in laterizio alleggerito con i blocchi in canapa e calce, si ha sicuramente un aumento dei costi a livello economico, ma dal punto di vista delle prestazioni fisiche e termo acustiche, utilizzando il biocomposito in canapa e calce si evidenzia una trasmittanza termica inferiore rispetto agli altri due, caratteristica importante in quanto , rivela il flusso di calore medio che, per metro quadrato di superficie, passa attraverso una struttura che racchiude due ambienti a temperatura diversa (dall'esterno verso l'interno).

Bassa conducibilità termica con un alta inerzia termica, in quanto riesce a conservare calore nel tempo. I blocchi in canapa e calce hanno un ottimo isolamento termico. Questo requisito rivela come nell'esempio di muratura esterna in canapa e calce non vi sia l'uso dell'isolante, in quanto anche senza il suo impiego le sue prestazioni risultano soddisfacenti, e sicuramente risulta un dettaglio importante a livello economico dove viene compreso oltre ai costi del materiale anche un costo in più per la posa. Ridurre i costi e migliorare le prestazioni energetiche è un obiettivo importante , il biocomposito in calce e canapa risulta essere un materiale innovativo ed economico.

5.1 Canapa e calce realizzazioni in edilizia

a. Biomattone

a.1 Murature di tamponamento

a.2 Tavolati divisori

a.3 Cappotto isolante

b. Biocomposito

b.1 Coibentazione interna ed esterna

b.2 Isolamento di coperture e sottotetti

b.3 Massetto isolante per pavimenti

b.4 Sottofondi e massetti coibenti e alleggeriti

b.5 Termointonaco

a. Biomattone

a.1 Murature di tamponamento

Il biomattone, costituito da blocchi prefabbricati in canapa e calce, ha svariati impieghi nella neoedilizia e nell'edilizia tradizionale, può essere impiegato per costruire una muratura isolante di tamponamento, ovvero pareti che separano l'ambiente interno da quello esterno, in soluzione monoblocco, costituita dalla sovrapposizione di un solo strato di blocchi, che ne diminuisce la massa volumica e aumenta l'isolamento termoacustico, successivamente intonacata da specifiche malte da entrambi i lati; o con la formazione a cassa vuota, con l'inserimento di un isolante. Naturalmente ciò che viene a crearsi da questa seconda soluzione, avrà grandi livelli di isolamento termoacustico (proprietà che differenzia le due murature di tamponamento).



Fig. 5.36 Muratura di tamponamento monoblocco

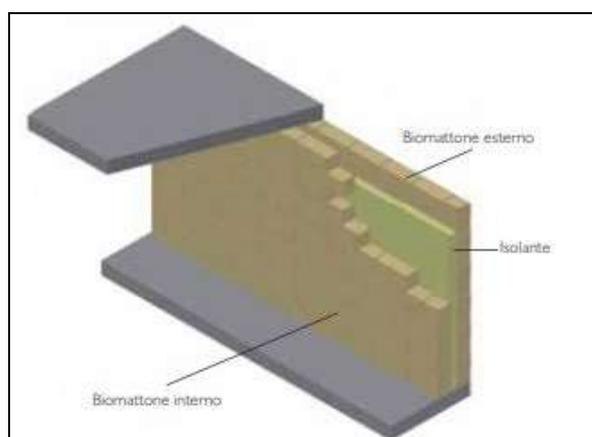


Fig. 5.37 Muratura di tamponamento a cassa vuota, con l'inserimento di isolante

a.2 Tavolati divisori

Tavolati divisori in biomattone, canapa e calce, sono dei muri che funzionano da deumidificatori e umidificatori, forniscono una serie di vantaggi come: realizzazione di muri con diversi spessori, un maggior comfort abitativo, ottimo isolamento acustico e facilità di essere demoliti e ricostruiti in qualsiasi momento.



Fig. 5.38/5.39 Muri divisori interni di diverso spessore

a.3 Cappotto isolante

Un edificio ben isolato evita dispersioni di energia, riduce i consumi e crea un buon comfort abitativo. Il biomattone di canapa e calce, riesce ad isolare da freddo e caldo, attraverso anche pareti a contatto con l'esterno o con l'interno, creando in questo modo un cappotto isolante, ovvero un rivestimento isolante di pareti esistenti, che permette di ridurre al minimo la perdita di calore della casa, si riducono i ponti termici, si eliminano muffe e umidità e si riducono spese derivate dall'uso di riscaldamenti.



Fig. 5.40 /5.41 Cappotto isolante interno su muratura esistente

b. Biocomposito

b. Coibentazione interna ed esterna

La coibentazione serve a proteggere la casa dal freddo, dall'umidità, dal calore e dall'inquinamento acustico. Le dispersioni termiche, l'umidità e altre difficoltà che si possono riscontrare nell'edificio, si risolvono coibentando l'abitazione internamente o esternamente. La differenza sostanziale tra coibentazione interna ed esterna è che la prima viene realizzata di solito quando quella esterna non può essere effettuata per vincoli di facciata o altri motivi, la seconda viene realizzata invece in diversi modi: per isolamento a cappotto esterno e per riempimento intercapedini con materiale isolante. Questa tecnica è molto diffusa per avere un ottimo isolamento termico e acustico.



Fig. 5.42 Coibentazione tramite cappotto interno con lastre magnesite



Fig. 5.43 Coibentazione tramite cappotto esterno spruzzato

b.2 Isolamento di coperture e sottotetti

La copertura ed il sottotetto di un abitazione risulta essere uno dei punti critici per l'isolamento termico. Si può limitare la dispersione del calore, migliorando il comfort abitativo, attraverso l'isolamento del tetto e della copertura, con il biocomposito in canapa e calce, che comporta la gestione dell'umidità e permette di avere una casa calda d'inverno e fresca d'estate. Avendo alte proprietà isolanti, il cemento di canapa e calce

può essere applicato sui tetti utilizzando un pannello di contenimento interno e spruzzando il mix tra una trave e l'altra.



Fig. 5.44 Isolamento di sottotetto



Fig. 5.45 Isolamento di copertura

b.3 Massetto isolante per pavimenti

Il biocomposito in canapa e calce può essere utilizzato da massetto, per la realizzazione di pavimenti riscaldati.



Fig. 5.46 Soletta isolante in canapa e calce

b.4 Sottofondi e massetti coibenti e alleggeriti

Il conglomerato di calce e canapa è utilizzato per sottofondi isolanti di solai in legno e cemento, è un prodotto che consente un ottimo isolamento termo-acustico e grazie alla flessibilità del composito è in grado di resistere alla deformazione del pavimento. Questo biocomposito è capace di ricoprire impianti e preparare superfici complanari per la poi successiva realizzazione del massetto di posa. La bassa densità della calce e canapa nei

sottofondi evita di sovraccaricare le strutture.



Fig. 5.47 Sottofondo isolante in canapa e calce

b.5 Termointonaco

Il termointonaco a base di calce canapa è ideale per le nuove costruzioni e protegge i muri di casa da muffe, umidità e isolamento termico delle pareti. Intonaco ricavato dalla miscela di truciolo di canapa e legante naturale a base di calce, leggero, flessibile, traspirante e adatto a qualsiasi supporto (laterizio, legno, cemento, paglia) è un ottimo isolante termoacustico naturale e crea un buon comfort abitativo.



Fig. 15.48 Termointonaco di canapa e calce proiettato sul muro

5.2 Casa passiva mediterranea: Casa Hi-Low



Fig. 5.49 Casa Hi-Low

Il progetto, realizzato dall'azienda "Pedone Working" di Bisceglie (BT) in collaborazione con l'azienda "Equilibrium", è un esempio di costruzione realizzata con prodotti innovativi. Realizzato con materiali completamente naturali, l'edificio rappresenta un buon esempio di costruzione prefabbricata. Il progetto risulta privo di partizioni interne, mentre l'esterno è caratterizzato dall'utilizzo del mattone in canapa e calce a vista e sughero. Casa HI-LOW si divide in quattro ambienti : la veranda esterna, il soggiorno cucina, il bagno/disimpegno, la camera da letto.





Fig. 5.50/5.51 Pianta, prospetti e sezioni Casa Hi-Low

La struttura portante è composta da profilati metallici in acciaio presso-piegato, rigida e leggera; successivamente tamponata all'interno con lastre di magnesite e da listelli di legno. Infine viene applicato un getto a spruzzo, di Natural Beton, per riempire i vuoti presenti nella struttura, in modo da eliminare eventuali ponti termici.

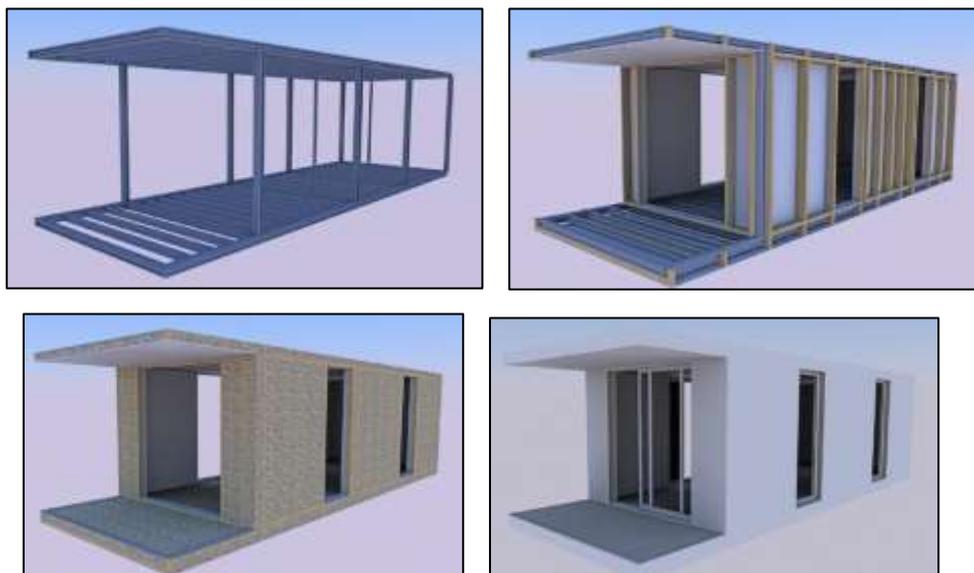


Fig. 5.52 Render Casa Hi-Low

Il modulo²⁶, viene trasportato su camion a piano ribassato, già assemblato.

5.3 Florida: Casa in canapa e calce

Questa villetta unifamiliare è situata in un luogo turistico a Tarpon Springs, nella contea di Pinellas in Florida, realizzata dagli architetti Myers & Associates²⁷, è costituita da tre camere, due bagni e garage. Questa abitazione è il frutto di una ricerca atta a garantire maggiore isolamento termico, comfort abitativo e riduzione di consumo energetico in un clima molto caldo. La zona dove sorge la villetta è considerata ad alto rischio di inondazione e uragani, quindi vi sono delle opportune norme da seguire.

I materiali utilizzati sono canapa, calce e intonaci vari, i muri sono costituiti da casseforme in plastica per avere un più facile assemblaggio e riutilizzabilità.



Fig. 5.53 Villetta unifamiliare in Florida



Fig. 5.54 Realizzazione del basamento di 30 cm

²⁶ www.equilibrium-bioedilizia.it/

²⁷ www.canapaindustriale.it

La costruzione sorge su di un basamento di 30 cm, per far sì che la canapa e calce sia lontana da ristagni idrici, in quanto essendo una zona alluvionale, il terreno può essere soggetto a sollecitazioni e quindi creare delle lesioni nei giunti e nelle travi.

In questa particolare zona, le tecniche utilizzate per la costruzione sono essenzialmente con pilastri fitti, in questo caso si è andato invece ad utilizzare la canapa e calce non come funzione strutturale, ma a sostegno della struttura in legno, per irrigidirla, questo è l'obiettivo di questa costruzione, ovvero osservare il confronto negli anni fra le case locali e questa con materiali innovativi.



Fig. 5.55 Struttura in legno



Fig. 5.56 Riempimento struttura perimetrale

Fig. 5.57 Proteggere il lavoro finito dalla pioggia durante la stagionatura con dei teloni

La muratura perimetrale ha spessore di 30 cm, mentre l'isolamento del soffitto è però realizzato con una miscela più leggera. Il tetto è realizzato a falde a bassa pendenza. Le finestre sono a triplo vetro a prova di uragano. Il pavimento è stato scelto in legno tecnico con rivestimento in bambù, mentre tende e tappeti sono in canapa.

La canapa concede all'edificio di evitare ponti termici e attacchi ambientali da muffe, funghi o altri animali come le termiti, molto presenti in questa regione.



Fig. 5.58 Impianto di condizionamento



Fig. 5.59 Misurazione dell'umidità con opportuni apparecchi

Un aspetto importante è legato al clima molto umido della Florida, che crea disagi alla traspirabilità dei muri in canapa e calce. L'alta resistenza termica dei muri realizzati con questo materiale ha permesso di ridurre le dimensioni dell'impianto di condizionamento d'aria. È stato quindi installato un deumidificatore che contribuirà a ridurre l'utilizzo dell'impianto.

5.4 Supersano (Le): Casa privata in canapa e calce

Prima casa in calce e canapa nel Salento, cantiere a Supersano (Le), realizzato dall'azienda Messapia Style²⁸, è il frutto di un lavoro e di una ricerca verso la bioedilizia, con realizzazioni di case senza mattoni e senza cemento.

²⁸ www.messapiastyle.it



Fig. 5.60 Casa privata in canapa e calce a Supersano (Le)

L'abitazione presenta un ossatura principale in legno, mentre le pareti sono state realizzate in canapa e calce, estesa su due livelli per una superficie totale di 120 mq. Il biocomposto di canapa , calce e minerali (non cemento) viene preparato direttamente sul luogo di costruzione, producendo solo la quantità necessari. La miscela una volta pronta, viene versata in una cassaforma, a mano, per costruire e coibentare muri, tetti, pavimenti. L'impianto elettrico e i sanitari sono stati installati prima di fare la gettata di canapa calce evitando di rompere e danneggiare i muri .



Fig. 5.61 Miscela versata in una cassaforma, a mano



Fig. 5.62 Realizzazione dei muri perimetrali

E' una casa interamente naturale e ignifuga, in grado di respirare, il canapulo garantisce una buona resistenza al deterioramento dei materiali e favorisce una riduzione dell'umidità complessiva dell'edificio, essendo posizionata in una zona dove il clima è caldo umido.

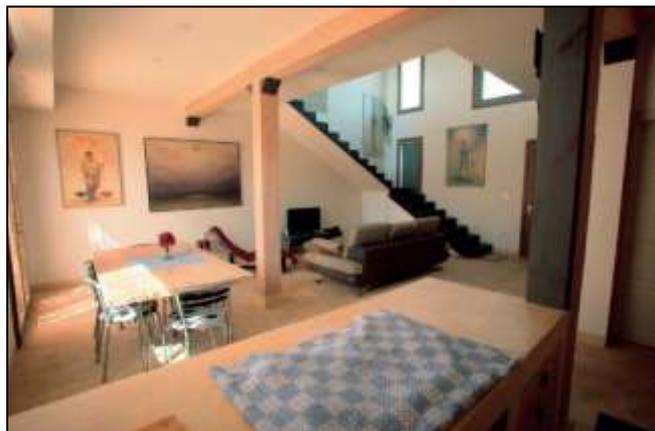


Fig. 5.63 Realizzazione dell'edificio all'interno

5.5 Verona: Riqualificazione energetica di un edificio in canapa e calce

Abitazione singola degli anni '60, situata a Verona, con struttura principale in laterizio.



Fig. 5.64 Realizzazione dell'edificio all'interno

Fonte www.veronagreen.it

L'intervento che si è andato ad effettuare è quello di ristrutturazione con parziale ampliamento dell'abitazione, attraverso l'utilizzo di materiali naturali sia per la parte strutturale che per le finiture interne ed esterne. Si è scelto di creare, una muratura esterna di tamponamento in biomattone di canapa e calce con struttura di legno, pannelli in fibra di legno per il tamponamento della nuova porzione di solaio, argilla per l'intonaco

interno, calce per quelle esterne, legno per i pavimenti.



Fig. 5.65 Inizio demolizione



Fig. 5.66 Ampliamento e nuova costruzione



Fig. 5.67 Cappotto termico spruzzato



Fig. 5.68 Intonaco esterno in calce

Prima dell'inizio dei lavori l'abitazione presentava una classe energetica "G", che con la realizzazione del cappotto esterno in canapa e calce è passata in classe "A2".

L'utilizzo di questi materiali è stato importante, in quanto ha dato la possibilità di avere a fine intervento, un elevatissimo efficientamento energetico.

6.1 Complesso residenziale

Tra i più grandi cantieri in Europa, “Case di Luce” è realizzato interamente in canapa e calce, a Bisceglie (BT) in Puglia, dallo studio di architettura pugliese Pedone Working in collaborazione con Equilibrium e Canapuglia. L’ Italia non è sicuramente il primo Stato ad investire nell’ utilizzo della canapa come materiale costruttivo, ma risulta essere uno dei paesi in cui questa pianta ha fatto grandi passi, merito sicuramente delle aziende presenti sul mercato. “Case di Luce” è un progetto innovativo, legato ai temi della bio-architettura e della eco-sostenibilità, del comfort abitativo e ambientale. Quello che i progettisti hanno cercato di ottenere nella realizzazione di questo complesso è un’architettura volta all’utilizzo di fonti rinnovabili con l’impiego di materiali naturali, come la canapa e calce, costruendo edifici che siano autosufficienti dal punto di vista energetico e completamente naturali. L’autosufficienza, come il solare termico per l’acqua calda ed il fotovoltaico per il riscaldamento, oltre a garantire un’elevata qualità abitativa, ha consentito un alto contenimento dei consumi energetici, scelta ottimale a basso consumo di energia e con impatto ambientale vicino allo zero.

6.2 Area oggetto di rigenerazione urbana sostenibile



Fig.6.69 Area di progetto semi-periferica in Bisceglie

6. CASO STUDIO: ARCHITETTURA DEL FUTURO ZERO ENERGY “CASE DI LUCE”

L'intervento²⁹ in esame favorisce la riqualificazione dell'area a ridosso della ferrovia di rigenerazione urbana sostenibile a Bisceglie, che presentava un forte deterioramento a causa di alcuni manufatti in condizioni pericolanti con una notevole quantità di amianto ed ormai dismessi. Pur essendo una zona destinata a verde pubblico da PRG, appariva come una zona abbandonata. Il tema di questo nuovo progetto “Case di Luce” è la costruzione di edifici sostenibili a standard passivo, con bassi consumi, ottenuta tramite sistemi cosiddetti non convenzionali, come impianto fotovoltaico, solare termico o pompe di calore per riscaldare l'aria dell'impianto di ventilazione meccanica controllata a recupero energetico. La zona è caratterizzata da un clima mediterraneo, caldo-umido, che necessita di una progettazione attenta soprattutto per la stagione calda, attraverso delle scelte progettuali mirate a garantire l'ottimizzazione degli apporti solari gratuiti nel periodo invernale, l'abbattimento delle dispersioni, ed un elevato comfort fisico e luminoso.

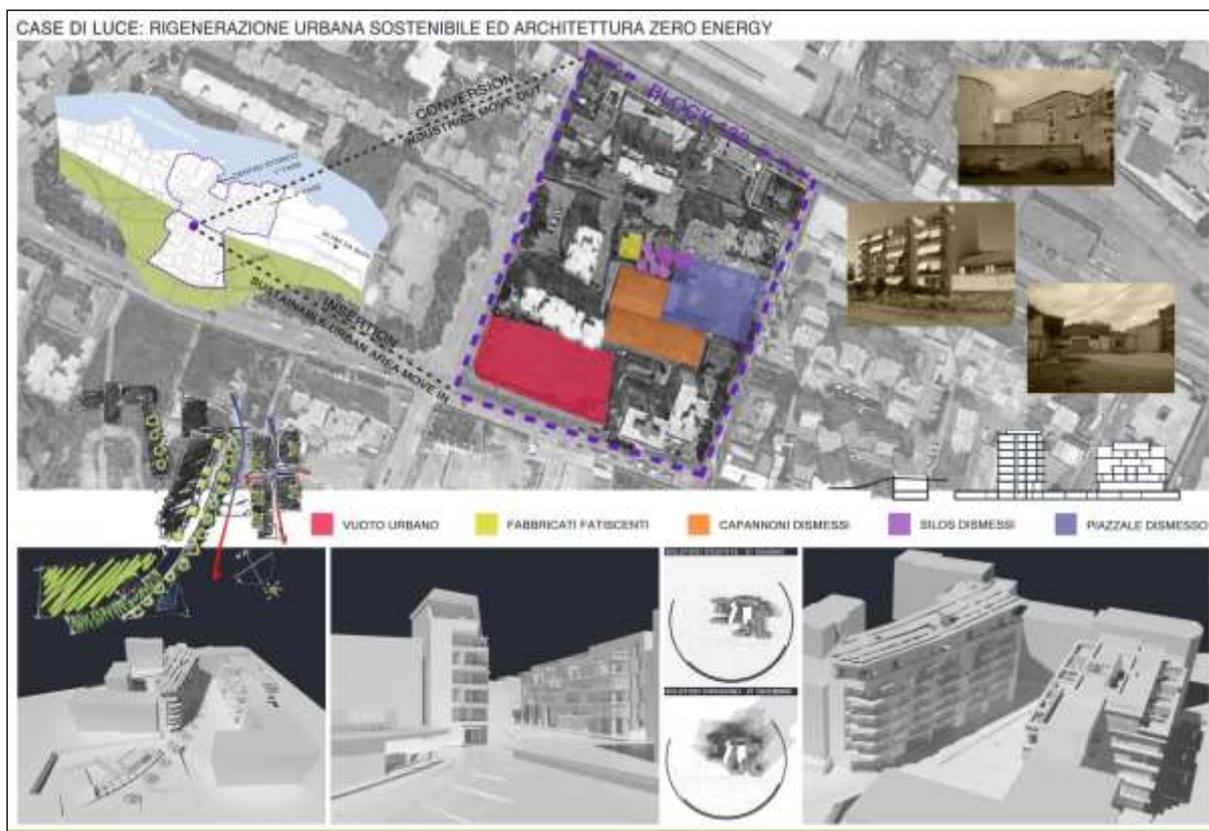


Fig.6.70 Area di progetto semi-periferica in Bisceglie

Obiettivo principale dei progettisti è quello di creare, attraverso la nascita di due modelli di abitazioni : l'edificio in linea e le ville urbane, un nuovo esempio urbano, in grado di rigenerare l'intero quartiere. Ciò è stato possibile attraverso la realizzazione nel tessuto della città di 61 appartamenti complessivi, progettati per seguire gli obiettivi di efficienza e

²⁹ www.pedoneworking.it/case-di-luce.html

6. CASO STUDIO: ARCHITETTURA DEL FUTURO ZERO ENERGY “CASE DI LUCE”

sostenibilità attraverso l'applicazione dei principi della bioclimatica, con impatto ambientale vicino allo zero.



Fig.6.71 Area di progetto : suddivisione varie aree

6.3 Tipologie d'intervento

Il complesso residenziale Case di Luce è composto da due edifici posti uno di fronte all'altro, quasi in contrapposizione, caratterizzati da tipologie differenti.



Fig.6.72 Tipologia A



Fig. 6.73 Tipologia B

6. CASO STUDIO: ARCHITETTURA DEL FUTURO ZERO ENERGY "CASE DI LUCE"

La tipologia A, contrassegnata da un totale di 19 alloggi distribuiti su quattro piani fuori terra ed un piano attico, è articolata in nuclei abitativi isolati con corti esterne a doppia altezza, opportunamente schermate da brise-soleil, che con la loro distribuzione a ballatoio reinterpretano il tema delle ville urbane. Questa tipologia è incentrata sui ricavi estivi tramite la ventilazione naturale veicolata dalle aperture a N-E, che consentono la captazione e canalizzazione del vento fresco favorendo così lo scambio termico con gli alloggi. Nel periodo invernale invece, il sistema non permette l'accesso al vento e consente di trattenere la quantità di calore necessario, riducendo così le dispersioni termiche (edificio ancora in fase di realizzazione).



Fig. 6.74 Pianta piano tipo - Tipologia blocco A (in fase di realizzazione)

La tipologia B totale di 42 alloggi distribuiti su sette piani fuori terra con destinazione prevalente a residenza, ha come obiettivo la sostenibilità con il massimo contenimento dei bisogni energetici al limite dell'autosufficienza. Il progetto utilizza per la composizione architettonica un linguaggio tipico dell'architettura mediterranea, posizionato per permettere alla facciata principale di ricevere più sole d'inverno, e meno nel periodo estivo, orientato in direzione sud-sud est.

Elemento progettuale che caratterizza la facciata è senza dubbio l'inserimento delle serre solari a disposizione di ogni appartamento. Esse contribuiscono al mantenimento delle condizioni interne nel periodo invernale, e in quello estivo, grazie ai pannelli apribili,

6. CASO STUDIO: ARCHITETTURA DEL FUTURO ZERO ENERGY “CASE DI LUCE”

facilitano il ricambio d'aria, mentre le pareti cieche delle serre sono in sughero per evitare il surriscaldamento estivo.



Fig. 6.75 Pianta piano tipo - Tipologia blocco B

L'intero edificio è progettato come un grande volume che, sfruttando l'effetto camino, sposta in modo passivo l'aria al suo interno in funzione delle sue aperture, soprattutto inferiori e superiori, e delle caratteristiche dell'involucro. La “vela solare” posta al di sopra del tetto raggruppa tutti gli impianti tecnologici che consentono al rifornimento energetico di questo enorme complesso. Inoltre in ciascun appartamento è stato installato un impianto di ventilazione meccanica, per garantire i ricambi d'aria nell'ambiente.

Si tratta di una tecnica costruttiva capace di massimizzare i tempi di realizzazione, limitando in questo modo anche l'impiego energetico durante la fase di cantiere.

6.4 Caratteristiche sistema distributivo edifici

L'intento principale è stato quello di creare un edificio contemporaneo in linea con le tecnologie attuali e con l'obiettivo della sostenibilità ambientale in grado di ridurre al massimo i consumi energetici. Cuore dell'intervento è il sistema distributivo attraverso un ballatoio interno, posto sul retro, in modo da salvaguardare il più possibile la piazza come elemento centrale della struttura. Una piazza di interconnessione, in grado di connettere la zona residenziale privata con il verde, costruita completamente in pietra, con materiali permeabili, drenanti, recuperabili in prospettiva di un futuro smantellamento.



Fig. 6.76 Ballatoio all'interno posto sul retro dell'edificio con portone d'entrata

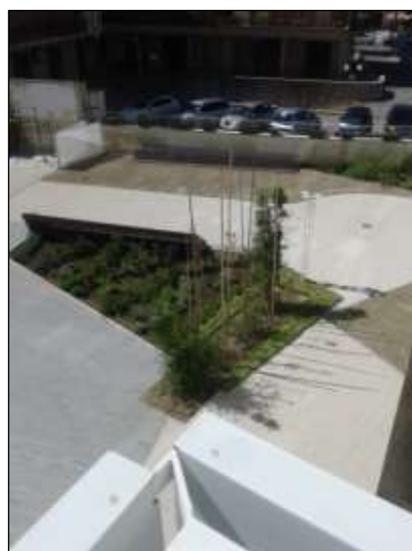


Fig. 6.77 Piazza centrale (corta interna)

Gli alloggi realizzati sono di varie dimensioni, in modo da ovviare alle varie esigenze di ciascun abitante. Inizialmente costruiti con misure di 70,90,100 mq, successivamente modificate in base alle diverse necessità, andando ad accorpate degli appartamenti arrivando a misure come 120,140,150 mq. Le caratteristiche dei vari alloggi sono le stesse, quello che differenzia uno dall'altro è la presenza o meno delle serre.

La struttura portante si innalza su 7 livelli in cemento armato e tutte le chiusure verticali sono in canapa. All'interno vi è la divisione tra ambienti caldi ed ambienti freddi: il portone d'entrata collegato direttamente al mezzo meccanico (l'ascensore), collega i vari piani a ciascun ballatoio riscaldato. La scala esterna invece risulta essere completamente fredda, caratterizzata da un insieme di infissi per ciascun piano, i quali durante il periodo invernale vengono chiusi per permettere la realizzazione di un ambiente mitigato, mentre nel

6. CASO STUDIO: ARCHITETTURA DEL FUTURO ZERO ENERGY "CASE DI LUCE"

periodo estivo vengono lasciati aperti, per permettere il ricircolo naturale dell'aria.



Fig. 6.78 Portone d'entrata sul retro

Fig. 6.79 Ingresso all'ascensore o alle scale esterna



Da sinistra verso destra

Fig. 6.80 Ballatoio di un piano

Fig. 6.81 Esempio di appartamento interno senza serra

6.5 Sistema costruttivo

Il sistema portante è impostato su di una struttura caratterizzato da telaio in c.a., con tramezzature interne in tufo ,materiale locale a Km zero , e tramezzature esterne formate da un paramento interno in tufo da 10 cm, un primo strato spruzzato di 25 cm di canapa e calce (rapporto 1:1), e un secondo strato di 5 cm (rapporto 1:4).

Materiale di costruzione utilizzato, ricavato dalla canapa, è il Natural Beton, composto a base di calce e canapa completamente riciclabile. Altra caratteristica fondamentale di questo materiale è l'assorbimento di CO₂. Il canapulo utilizzato è capace di assorbire circa 150.000 kg di gas serra nell'atmosfera, 60 kg di anidride carbonica ogni metro cubo. La canapa invade anche le aree esterne e le aiuole del giardino condominiale presenti in facciata ,con piante di alte fino a 3 metri. Tutto questo risulta essere parte di un progetto di sensibilizzazione verso i cittadini, verso l'importanza dell'uso di materiali naturali e verso la pianta della canapa, come strumento di miglioramento ambientale.



Fig. 6.82 Aiuole esterne del complesso invase da piante di canapa presenti in facciata

I materiali, che assumono un linguaggio formale, sono altamente traspiranti, per un altissimo benessere abitativo. Questa nuova tecnologia costruttiva, a differenza dell'edilizia tradizionale che tende a realizzare involucri costituiti dall'unione di più materiali, consente ad un unico materiale naturale di ottenere duplici funzioni: materiale isolante, capace di risolvere i problemi relativi all'umidità interstiziale, in grado di bloccare il passaggio di caldo e freddo all'interno e all'esterno dell'edificio, materiale capace di accumulare calore e di rilasciarlo

6. CASO STUDIO: ARCHITETTURA DEL FUTURO ZERO ENERGY “CASE DI LUCE”

lentamente nel tempo.



Fig. 6.83 Foto di cantiere di facciata e di infissi

6.6 Il progetto “Case di Luce”

Case di Luce è un protocollo di progettazione per la casa ecosostenibile del futuro. Già riconosciuto a livello nazionale ed internazionale con diversi premi, è un progetto fortemente innovativo. L’obiettivo di questo edificio è quello di creare un elevato comfort ambientale ed abitativo, con un bassissimo fabbisogno energetico.

6.7 Progettazione integrata delle stratigrafie

Le varie stratigrafie che andremo ad analizzare, sono state prese in esame per evidenziare l’uso di tecnologie innovative, l’eliminazione dei ponti termici, infissi termoisolanti, involucro altamente performante dal punto di vista termico, acustico e igrometrico grazie all’utilizzo di materiali completamente naturali in canapa e calce.

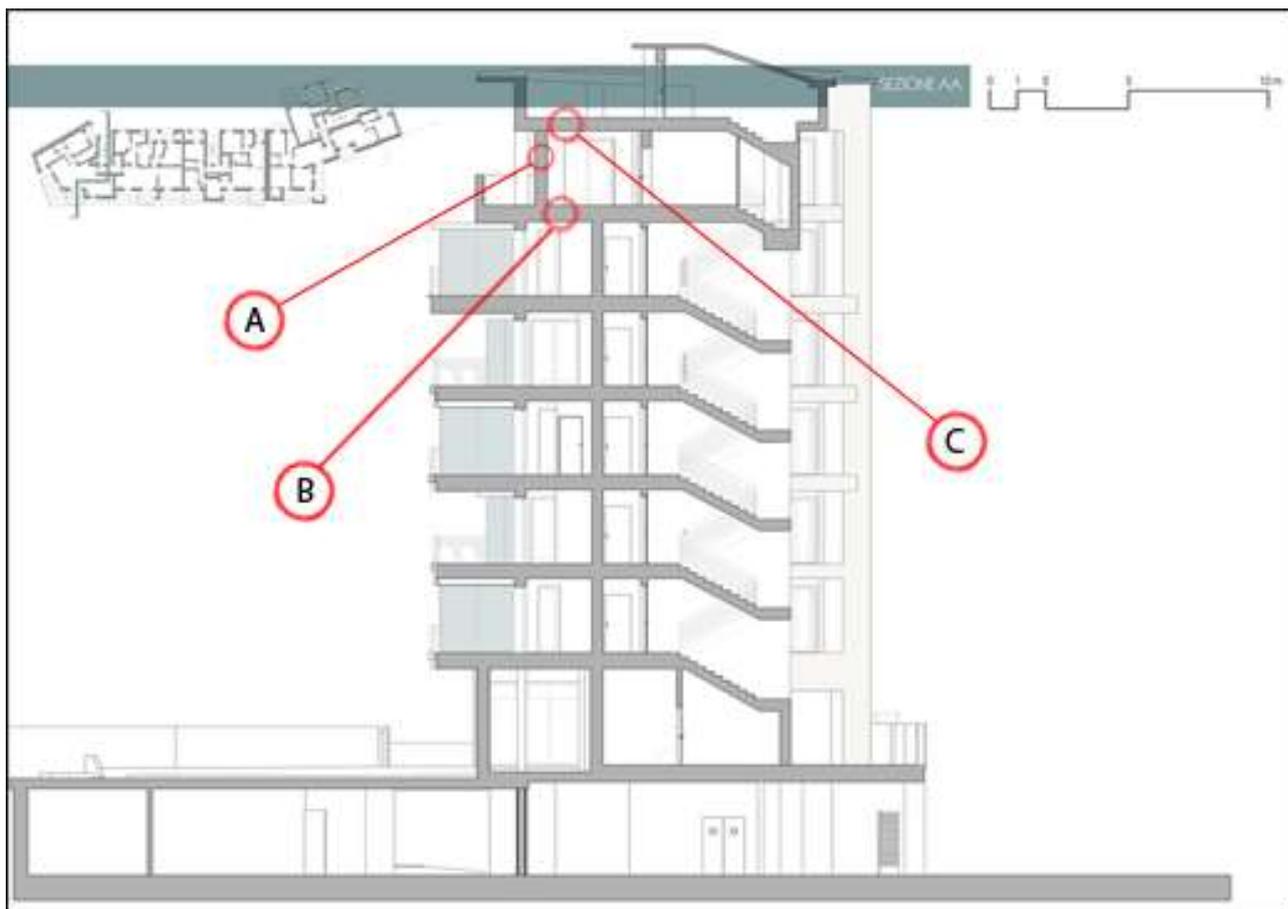


Immagine 6.84 Stratigrafie da studiare

6.7.1 Progettazione della parete esterna

L’esigenza principale dei progettisti è quella di creare un involucro totalmente naturale, biocomposito in canapa e calce, completamente riciclabile, definito muratura vegetale in Natural Beton. Questo materiale riesce a dare una risposta ottimale per la difesa del caldo soprattutto in queste zone a sud Italia dove è collocato l’edificio oggetto di esame.

I muri di tamponamento perimetrali sono costituiti da uno strato di intonaco naturale, dello spessore di circa 1,5 cm, da un paramento interno in calcarenite “tufella”, di circa 10 cm, sul quale viene spruzzato il composto in Natural Beton 200 (miscelato in proporzione 1:1), di 25 cm. Inserimento del termointonaco Natural Beton 500 (miscelato in proporzione 4:1), spessore 5 cm, e ulteriore strato di finitura in biocalce di circa 1,5 cm.

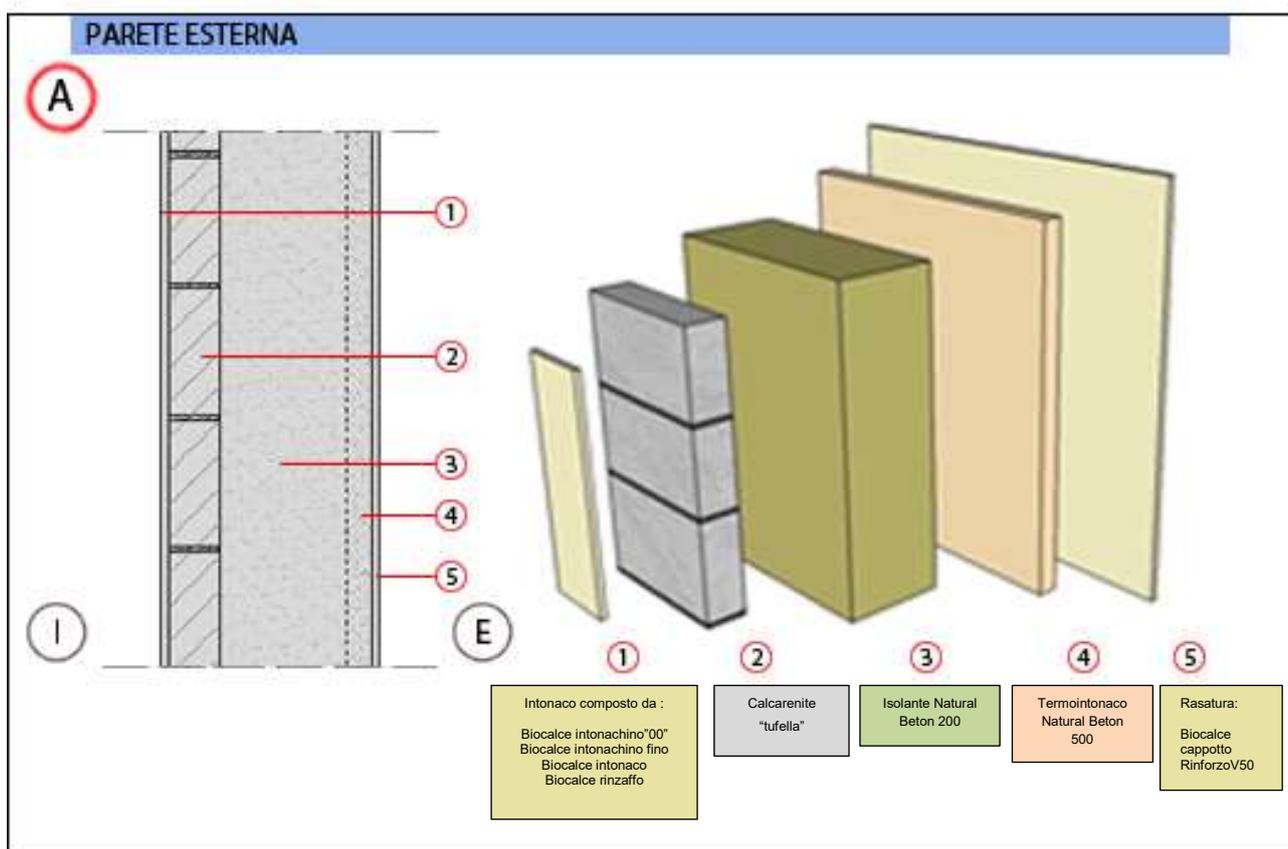


Immagine 6.85 Scheda dei diversi strati della struttura opaca verso l'esterno

La parete è stata pensata per consentire ad un unico materiale, di essere contemporaneamente involucro e isolante. Tutto questo ha portato a rilevare che non vi è possibilità di condensazione interstiziale, derivante dal posizionamento dell'isolante in quanto permette il passaggio dell'umidità ed una buona respirabilità, assorbendo quella in

eccesso e rilasciandola quando l’aria è troppo secca.

6.7.2 Progettazione del solaio interpiano

La struttura del solaio interpiano, come per il solaio di copertura, necessita di un buon isolamento termico e acustico per garantire un buon comfort ambientale e della sicurezza. Dal punto di vista strutturale, il solaio ha la funzione di sostegno dei carichi verticali, deve essere rigido nel proprio piano, e garantire un adeguato comportamento in grado di resistere alle sollecitazioni esterne quali il vento e le azioni sismiche.

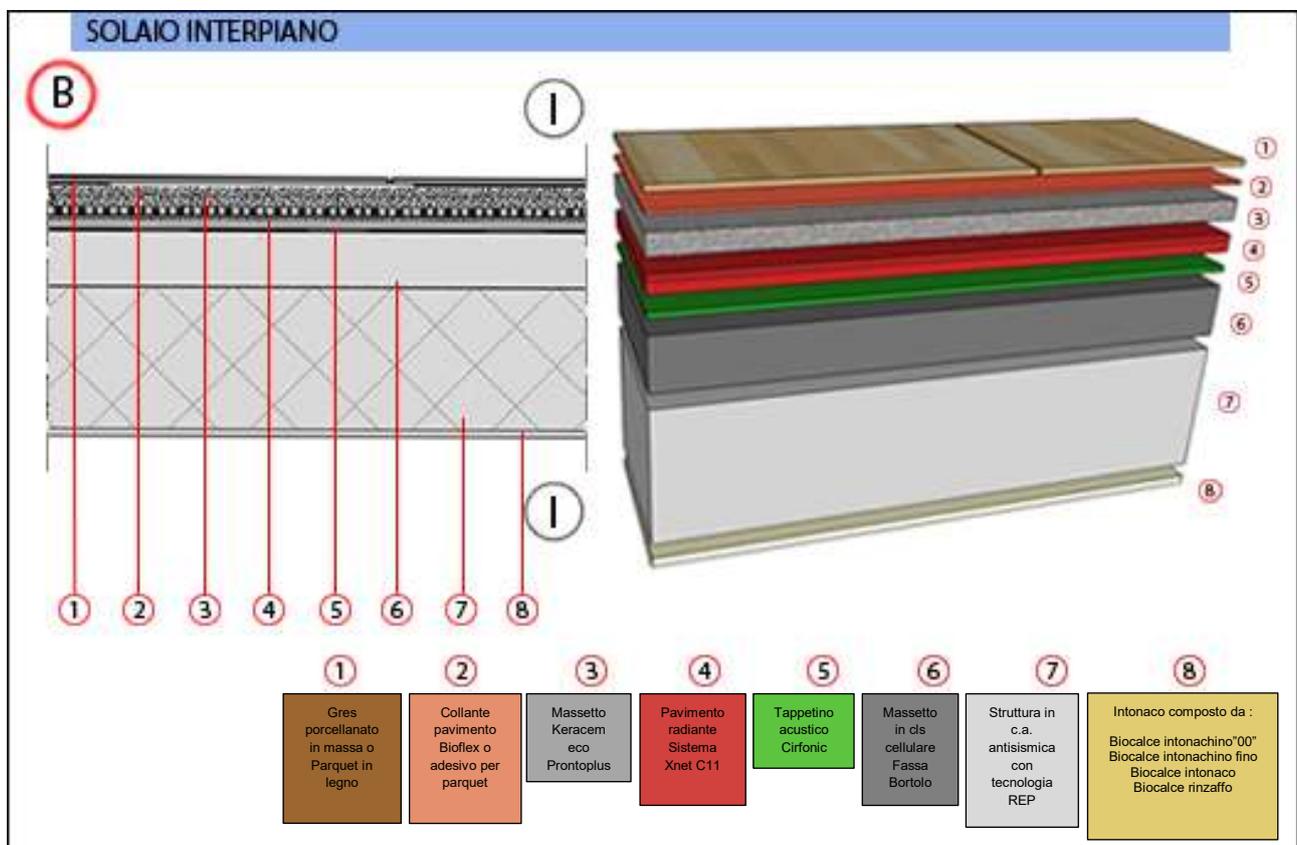


Immagine 6.86 Scheda dei diversi strati della struttura divisoria interna tra due piani riscaldati

Il pacchetto solaio di interpiano dell’ edificio preso in esame è costituito da uno strato di pavimento in gres porcellanato o parquet in legno di circa 2 cm, da un collante pavimento di pochi mm, da un massetto di circa 6 cm, dal pavimento radiante alimentato ad acqua calda o fredda (estate o inverno) che regolarizza la variazione di temperatura per un maggiore comfort abitativo all’interno dell’edificio e un maggiore risparmio energetico, da

un tappetino acustico per ovviare ai problemi di calpestio di circa 9 mm, da uno strato di massetto in cls cellulare dello spessore di 10-12 cm, ed infine dalla struttura in c.a. antisismica con tecnologia REP, di circa 30 cm, pensata per risolvere i problemi legati alle azioni antisismiche, anche se la zona in questione risulta con un rischio medio basso; il tutto rifinito da un ulteriore strato di intonaco naturale in biocalce di circa 1,5 cm.

6.7.3 Progettazione del solaio di copertura

Il solaio di copertura, assolve le principali caratteristiche di proteggere l’edificio dalla intemperie, smaltire le acque piovane e la neve, oltre ad avere altre proprietà: impermeabile, leggero e durevole.

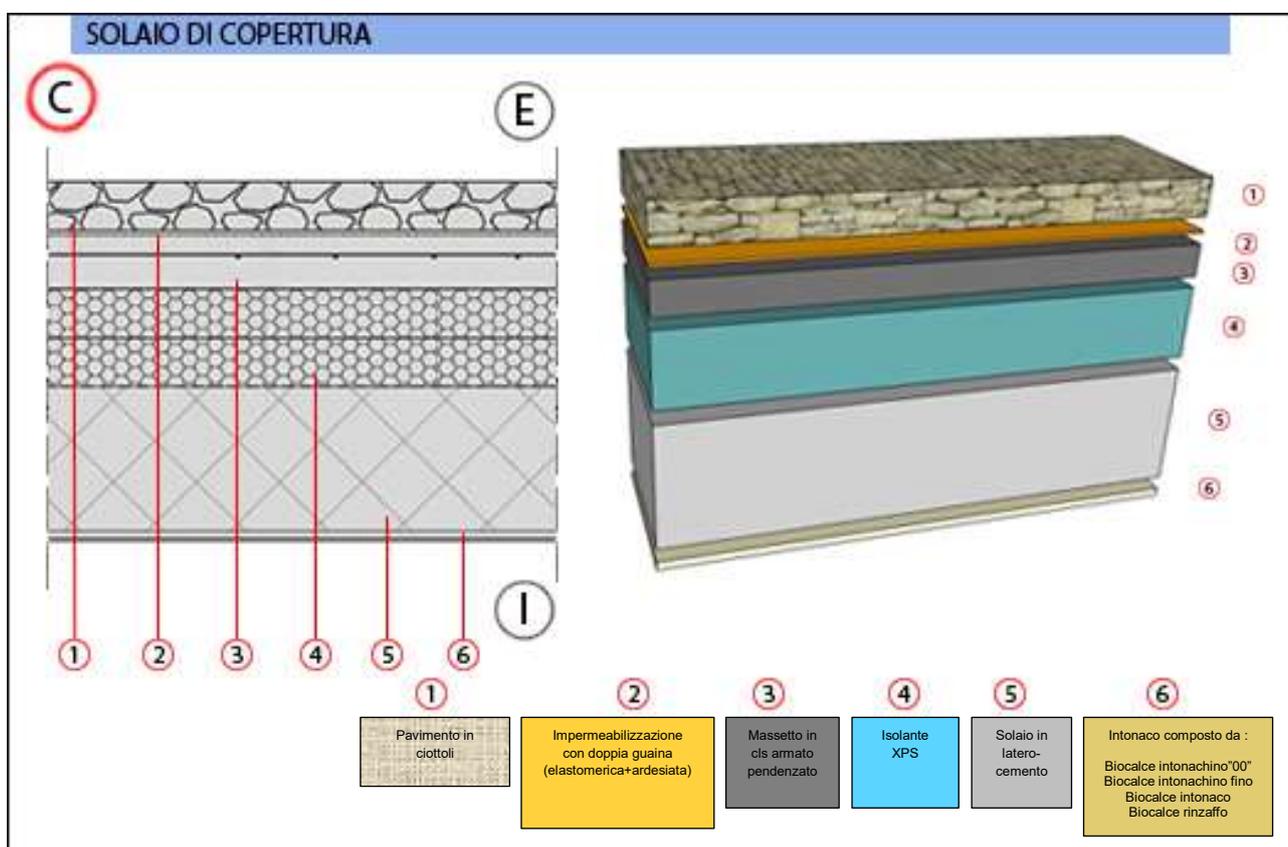


Immagine 6.87 Scheda dei diversi strati della struttura solaio di copertura

La struttura solaio di copertura raffigurato nell’immagine sopra è costituito da uno strato di pavimento in ciottoli, in modo da far respirare il terreno grazie agli spazi tra un ciottolo e l’altro, di circa 10-12 cm, da un impermeabilizzante con doppia guaina, impedendo il passaggio dell’acqua negli strati sottostanti ed aumentare la durabilità della struttura, dello

spessore di circa 4mm, da un massetto in cls armato pendenzato, di circa 10-12 cm, da un isolante XPS che serve per contenere il consumo energetico e limitare le dilatazioni della struttura, evitando la condensazione interna del vapore acqueo sulle pareti fredde, dello spessore di circa 20 cm, ed infine da un solaio in latero-cemento di circa 30 cm; il tutto rifinito da un ulteriore strato di intonaco naturale in biocalce di circa 1,5 cm.

6.8 Conclusioni

Provando a mettere in evidenza i caratteri di maggiore interesse risultanti dall'analisi fatta, si è arrivati alla conclusione che questo progetto non è altro che uno spunto per una progettazione integrata, con edifici ad alte prestazioni energetiche ed ambientali.

Una progettazione che tenga conto, di temi quali la sostenibilità edilizia, ambientale ed economica, attraverso l'accorgimento di esigenze legate all'isolamento, al comfort abitativo, acustico, termico e attraverso l'utilizzo di materiali sempre più naturali, in canapa e calce. Tutto questo è stato reso possibile tramite la realizzazione dell'involucro esterno e le partizioni interne : parete esterna, solaio interpiano e solaio copertura alla base della progettazione di un edificio, in questo caso della struttura “Case di Luce”.

6.9 Architettura a basso consumo energetico

6.9.1 Le serre solari

Obiettivo principale del complesso preso in esame è quello di creare attraverso, l'introduzione di elementi di captazione solare, le serre solari, degli apporti luminosi gratuiti nel periodo invernale ed una protezione estiva, andando così a limitare i bisogni energetici al limite dell'autosufficienza. I progettisti hanno potuto ottenere questo risultato lavorando soprattutto sull'orientamento dell'edificio, posizionandolo su un asse sud sud-est e lavorando alla conformazione dell'intera facciata per consentire, nel periodo invernale, che la luce penetri negli ambienti evitando la protezione delle ombre sulle serre sottostanti e invece fosse completamente in ombra durante il periodo estivo.

Tramite lo studio delle variazioni stagionali con i diagrammi solari è stata ricavata la soluzione più adatta al problema, andando a lavorare alla conformazione della facciata che si differenzia ad ogni singolo piano con una geometria diversa.

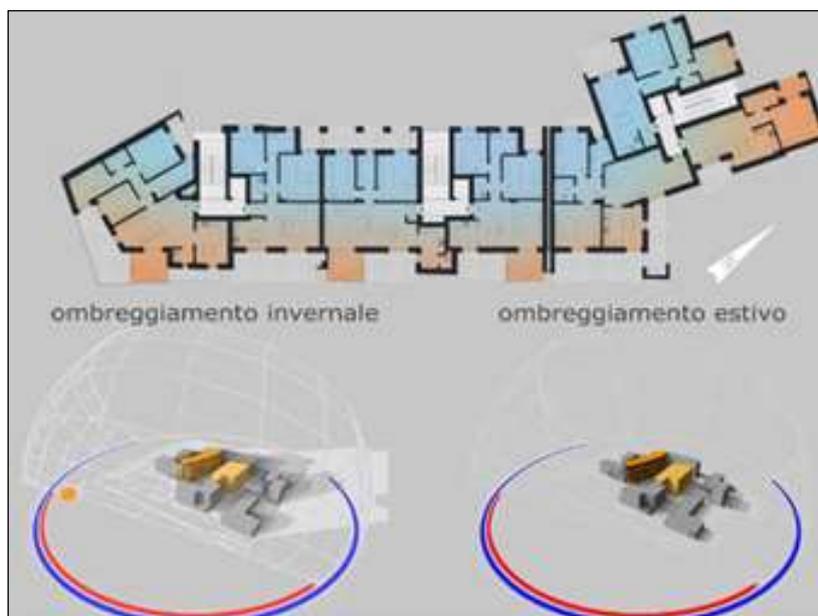


Fig. 6.88 Studio dei diagrammi solari , ombreggiamento invernale e estivo

Le serre permettono di riscaldare gratuitamente tutti gli appartamenti nei mesi invernali, mentre in estate sono state progettate in modo che si possano aprire e chiudere per ovviare al surriscaldamento.

6. CASO STUDIO: ARCHITETTURA DEL FUTURO ZERO ENERGY “CASE DI LUCE”



Fig. 6.89 Serre bioclimatiche: captazione solare in inverno e schermatura in estate

Un altro elemento che caratterizza la facciata è sicuramente l'uso del rivestimento in sughero bruno a faccia a vista, visibile soprattutto nelle pareti cieche delle serre. L'isolante mantiene la sua vera identità, senza essere nascosto dietro uno strato di intonaco o altro, dando visibilità del materiale nella sua natura.



Fig. 6.90 Vista della serra solare dal balcone con particolare del sughero a vista all'esterno

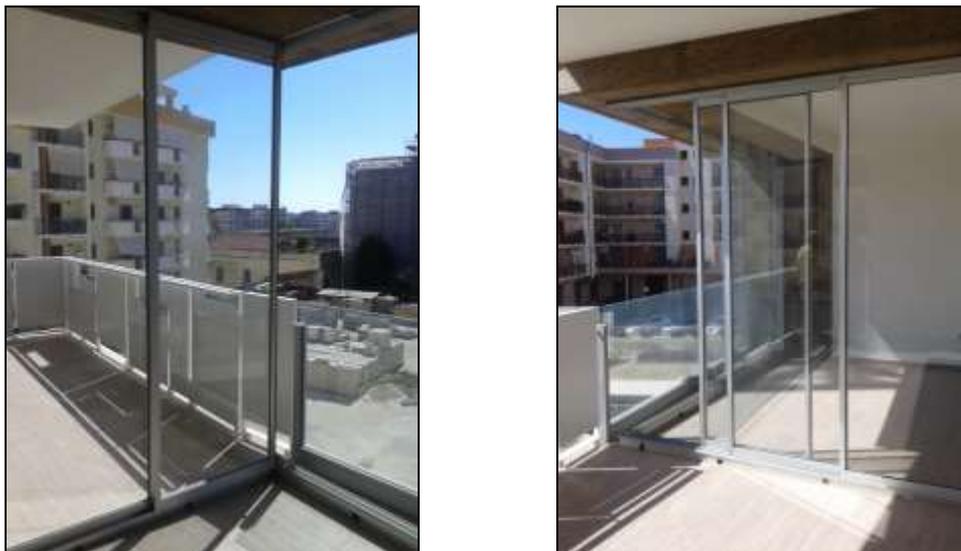


Fig. 6.91 Vista della serra solare dall'interno e dall'esterno con aperture apribili

6.9.2 Fonti rinnovabili e caratteristiche impiantistiche edificio

L'edificio in sommità è caratterizzato dalla presenza di una copertura a “vela”, dove si concentrano i vari impianti tecnologici, fotovoltaico e solare termico che alimentano otto pompe di calore, quattro dedicate alla produzione di acqua calda e altre quattro per la regolazione della temperatura garantita da un impianto radiante, quindi la produzione di calore avviene sia in modo passivo tramite le serre, che in modo attivo tramite i sistemi tecnologici. Ogni appartamento è dotato di un impianto di ventilazione meccanica con recuperatore di calore per garantire i ricambi d'aria, soprattutto in inverno.

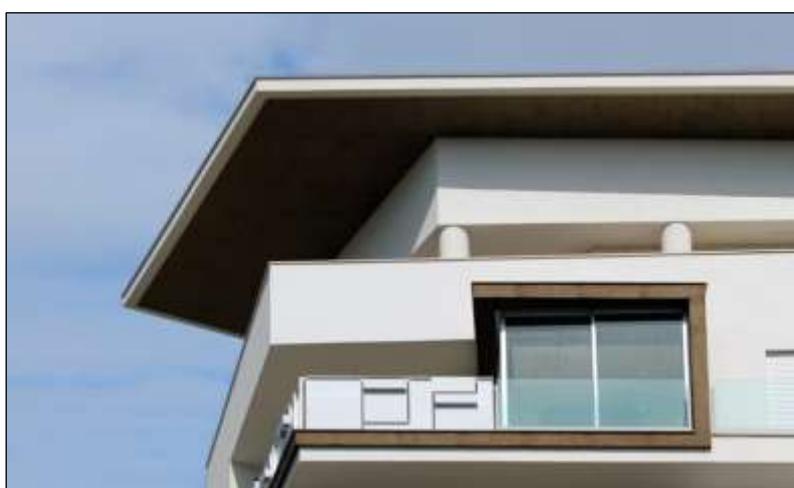


Fig. 6.92 Particolare copertura a “vela”

6. CASO STUDIO: ARCHITETTURA DEL FUTURO ZERO ENERGY “CASE DI LUCE”



Fig. 6.93 Pianta Fotovoltaico e caratteristiche impiantistiche edificio

L'unione di energie rinnovabili, tecniche impiantistiche e progettazione sostenibile garantisce il comfort interno ed esterno dell'edificio oggetto d' esame, attraverso vari accorgimenti mirati a creare un complesso tra i più importanti nel suo genere.

6.10 Analisi comparata blocchi con Canapa e Calce con altri tradizionali.

Oggetto del seguente studio è quello di valutare l'utilizzo di materiali quali la Canapa e la Calce nella realizzazione di blocchi per pareti esterne, raggiungendo delle prestazioni termiche ottimali ed ottenendo un buon comfort abitativo con un alto isolamento termico.

Si è proceduto ad un'analisi comparata dei vari blocchi di parete costituiti dai materiali naturali quali Canapa e Calce (utilizzata nella parete esterna esistente), e da quelli costituiti da materiali tradizionali quali Laterizio Alleggerito e Calcestruzzo Cellulare già descritti nei capitoli precedenti.

È stato effettuato lo studio, fissando l'attenzione su di una grandezza caratteristica del comfort abitativo di un edificio, quale la trasmittanza termica della parete³⁰, cercando di esaminare quali sono i vantaggi derivanti dall'utilizzo dei materiali naturali rispetto agli altri di tipo tradizionale.

La muratura esterna (P.1) della soluzione oggetto di studio prevede, dall'interno verso l'esterno è costituita da:

- 1,5 cm di intonaco a base di calce;
- 10 cm di calcarenite “tufella”;
- 25 cm di isolante natural beton 200;
- 5 cm di termointonaco natural beton 500;
- 1,5 cm rasatura a base di calce cappotto rinforzo V50;

con questa soluzione si giunge ad un valore della trasmittanza termica pari a 0,18 W/m²K.

³⁰ La trasmittanza U [W/m²K] (UNI EN ISO 6946) si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad 1°C ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati:

$$U = 1/RT \text{ con } RT = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

con: R_{si} e R_{se} = resistenza superficiale interna ed esterna;

R_1, R_2, R_n = resistenza termica dell'i-esimo strato.

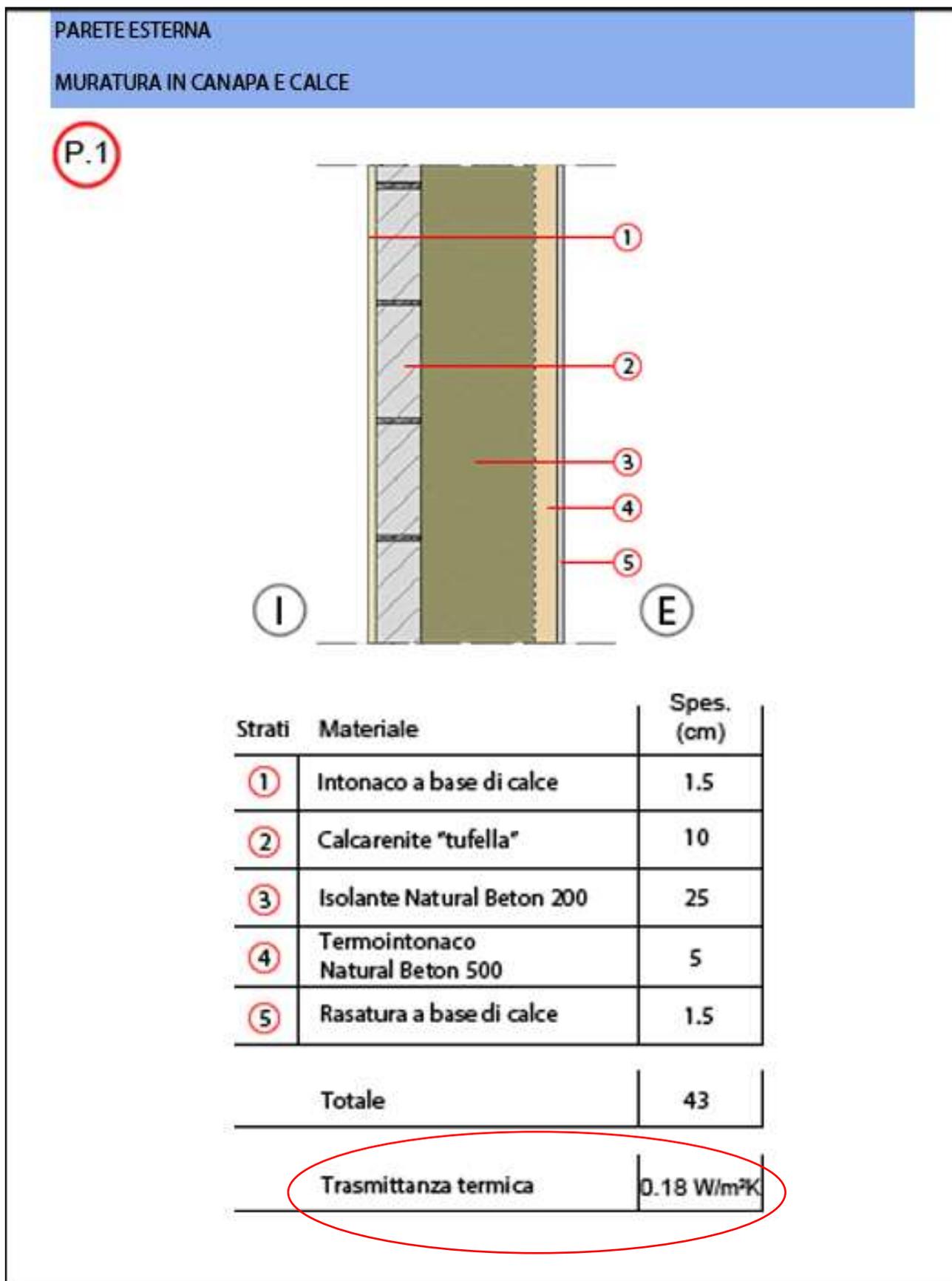


Fig. 6.94 Muratura esterna in canapa e calce

Adottando invece i materiali di tipo tradizionale, si ha una tamponatura (P.2) e (P.3) costituite rispettivamente dall'interno verso l'esterno da:

(per la tamponatura P.2)

- 1,5 cm di intonaco di calce e gesso;
- 15 cm di blocchi in laterizio semipieno;
- 2 cm intercapedine d'aria;
- 8 cm di isolante in polistirene espanso;
- 15 cm di blocchi in laterizio semipieno;
- 1,5 cm di intonaco di calce e gesso;

(per la tamponatura P.3)

- 1,5 cm di intonaco di calce e gesso;
- 15 cm di blocchi in cls cellulare;
- 2 cm intercapedine d'aria;
- 8 cm di isolante in polistirene espanso;
- 15 cm di blocchi in cls cellulare;
- 1,5 cm di intonaco di calce e gesso;

giungendo a dei valori della trasmittanza termica rispettivamente pari a 0.30 W/m²K per la tamponatura P.2 e pari a 0,33 W/m²K per la tamponatura P.3.

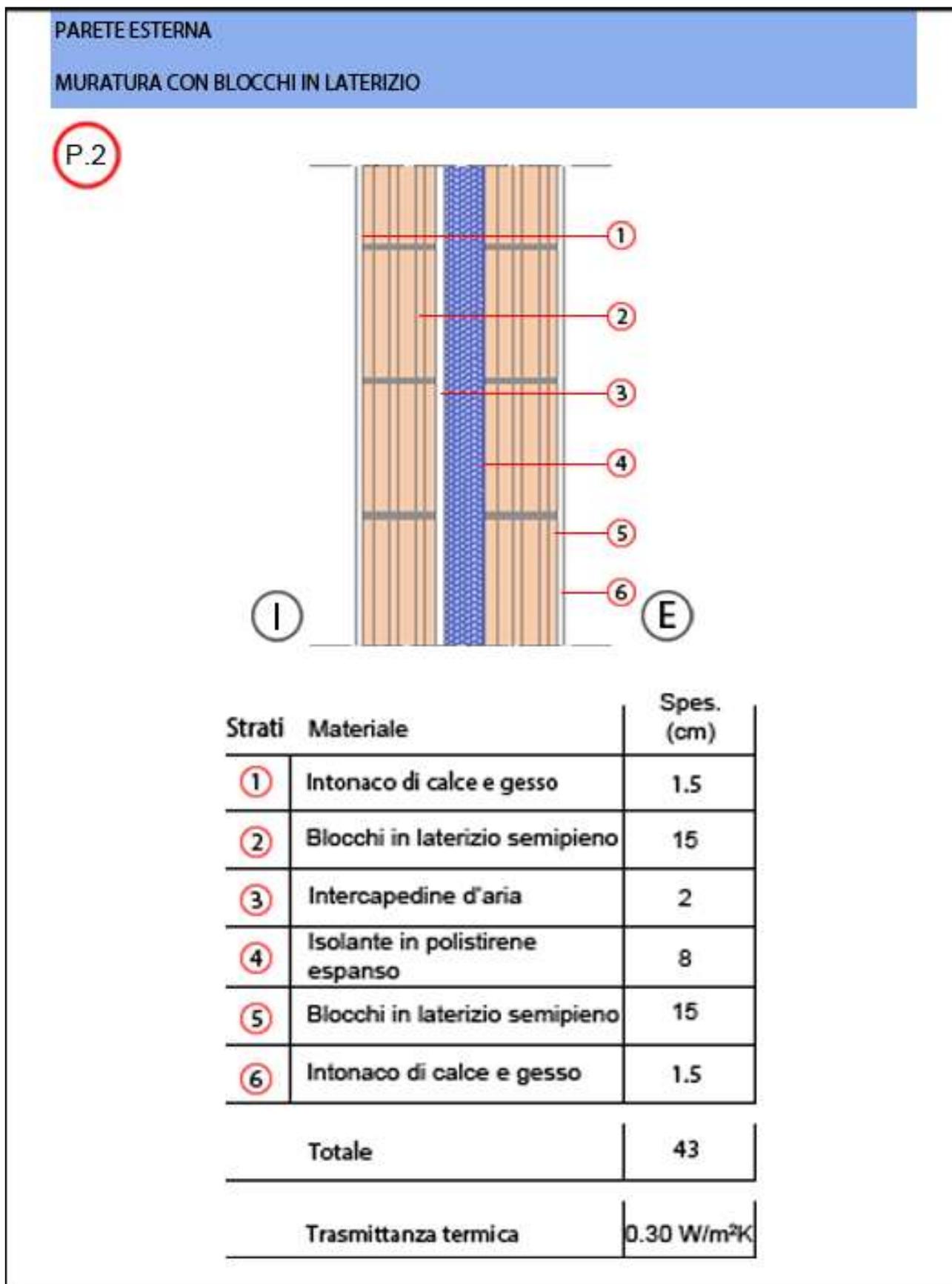


Fig. 6.95 Muratura esterna multistrato con blocchi in laterizio

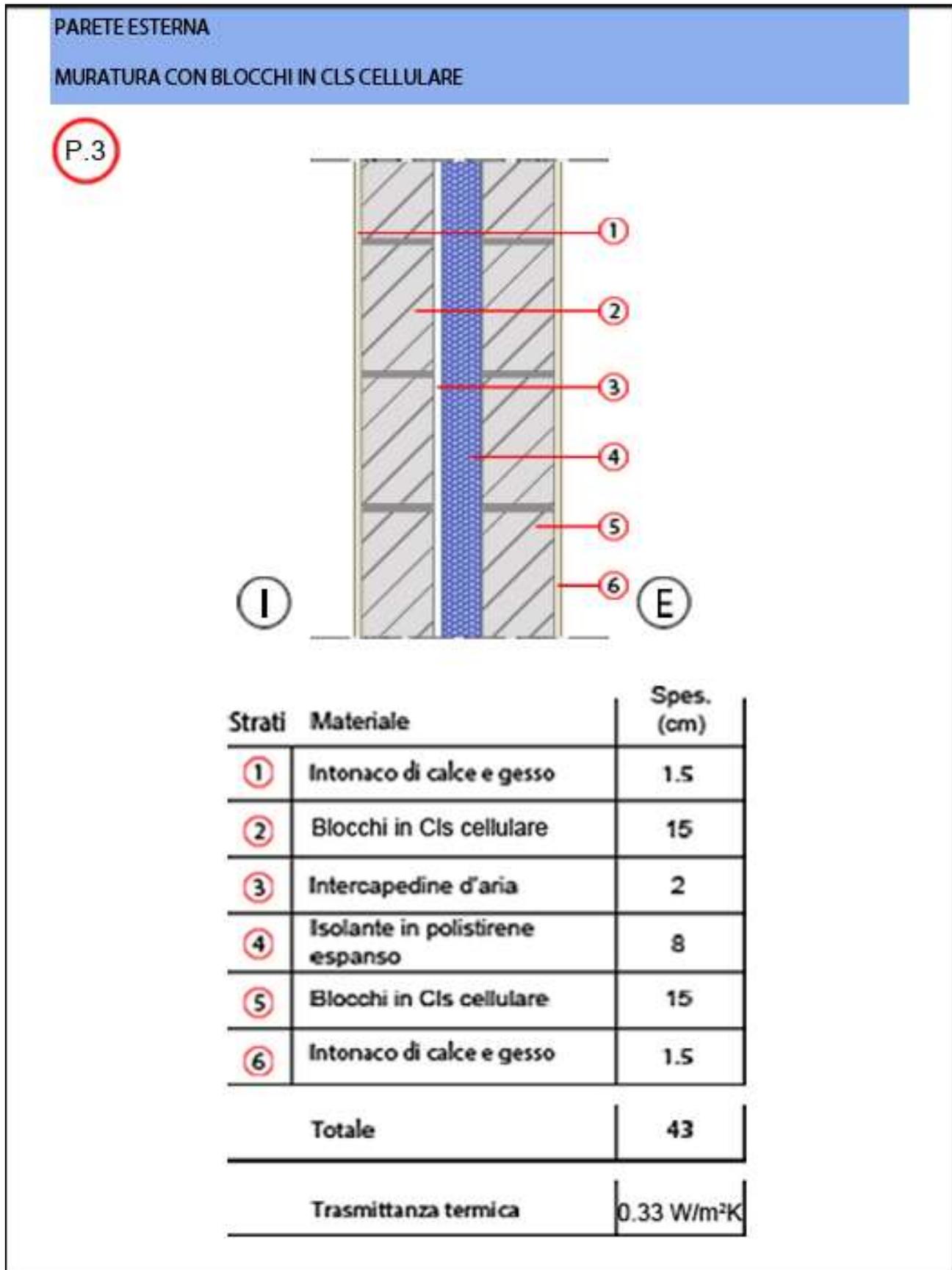


Fig. 6.96 Muratura esterna multistrato con blocchi in cls cellulare

6.11 Risultato dell'analisi comparata

Dall'analisi effettuata si può notare come l'introduzione del biocomposito in canapa e calce rispetto ai due esempi di tamponamento esterno in blocchi di laterizio e in cls cellulare, abbia portato la muratura esterna della parete oggetto d'esame a raggiungere dei valori di trasmittanza termica più bassa.

Innanzitutto si nota come un unico materiale, quale il natural beton va a sostituire più materiali usati nelle tamponature di tipo tradizionale, ottenendo dei benefici sia dal punto di vista del comfort come detto in precedenza, che dal punto di vista economico.

La soluzione adottata nell'edilizia tradizionale accoppiando più materiali (come nell'esempio P.2 e P.3 con l'utilizzo di blocchi tradizionali più isolante in polistirene espanso), viene superata da quella che vede la sola presenza di un unico materiale in canapa e calce, come evidenziato nella prima soluzione (P.1).

L'utilizzo del conglomerato (natural beton), evita tutti i problemi relativi all'accostamento dei vari materiali in stratigrafia, che nascono dal diverso grado di permeabilità al vapore, di umidità interstiziale.

Dal punto di vista economico i blocchi in cls cellulare risultano essere meno costosi del materiale in canapa e calce, ma come visto nella parete (P.1) gli obiettivi termo-acustici vengono raggiunti anche senza l'utilizzo dell'isolante, andando ad ammortizzare in parte il costo maggiore dei blocchi in calce-canapa, mentre il discorso diverso per il costo dei blocchi in laterizio che risulta avere differenze non significative rispetto al materiale naturale.

Questo fa notare come l'introduzione di questo nuovo materiale in canapa e calce, abbia portato innumerevoli vantaggi, rendendo gli edifici energeticamente più efficienti, creando un ottimo comfort abitativo, attraverso un buon isolamento termico adatto ad ogni tipo di ambiente, con la speranza che anche il prezzo di questo materiale in un futuro non troppo lontano possa diminuire.

6.12 Riflessioni finali

“Case di luce” è un esempio visibile in Italia, di come i materiali da costruzione a base di canapa e calce sono arrivati a livelli sempre più alti, questa tecnologia ha aperto le porte verso un futuro che guarda alla sostenibilità, attraverso l'utilizzo di materiali naturali, con

alta efficienza energetica e comfort abitativo.

La canapa, materiale simbolo del complesso è stata studiata nelle sue varie sfaccettature, immersa nel contesto esterno all’area, si è voluta dare importanza alla pianta stessa al fine di creare un legame diretto, dalla coltivazione alla produzione.

Questa costruzione è un modello tangibile di integrazione tra architettura, sostenibilità e benessere abitativo.

CONCLUSIONI

Temi come l'architettura sostenibile e l'efficienza energetica sono importanti nelle scelte costruttive del mercato d'oggi, e la canapa è un materiale molto efficace da entrambi i punti di vista.

Obiettivo principale dello studio è stato quello di valorizzare l'utilizzo della canapa, valutata per molto tempo un materiale non proprio idoneo per la costruzione, insieme alla calce, (materiale totalmente riciclabile), in modo da ottenere un biocomposito in calce e canapa, considerato prodotto competitivo nel mercato nazionale e internazionale. Attraverso le sue caratteristiche e le sue proprietà si è potuto capire come un unico materiale abbia la capacità di essere un buon isolante termico e di avere una elevata capacità di assorbire anidrite carbonica durante il suo ciclo di vita. Trattandosi di un unico materiale, diversi sono i benefici che ne possono derivare sia di natura economica che prestazionale legati alla sostenibilità del materiale stesso, ed alle relative tecnologie d'impiego.

Con il presente studio è stato dimostrato come l'utilizzo di questo materiale innovativo porti ad un maggior risparmio energetico ed a un buon comfort abitativo; "Case di luce", edificio residenziale realizzato dall'azienda Pedone Working di Bisceglie in collaborazione con Equilibrium e Canapuglia, rappresenta un chiaro esempio dei vantaggi che ha una costruzione realizzata con tale biocomposito costituito da canapa e calce.

Questa tecnologia ha aperto le porte verso un futuro che guarda ad uno sviluppo sostenibile, mirando all'utilizzo di materie prime naturali ad alta efficienza energetica in sostituzione dei materiali tradizionali dei quali viene ridotto il consumo.

BIBLIOGRAFIA

Libri:

- Agnoletto L. (1997), *Involucro edilizio e comportamento energetico*, Studio Emme Editore, Vicenza.
- Bacci L., Baronti S., Angelini L. (2007), *Manuale di coltivazione e prima lavorazione della canapa da fibra*, Cnr , Jbimet , Firenze.
- Beres L. W., Schiele E. (1979), *La calce*, Edizione Tecniche ET, Milano.
- Bevan, B., Woolley T.(2007), *Hemp lime construction: A guide to building with hemp lime composites*, Berkshire, England.
- Burani M., Fabbri F. (1997), *C' era una volta la canapa: immagini e testimonianze*, pag. 3, Anzola Emilia.
- Caleca L. (2009), *Architettura Tecnica*, Dario Flaccovio Editore.
- Campolongo G. (2011) "I danni d'isolamento acustico riparabili e il minor valore per i danni non riparabili", Milano.
- Capasso S.(1994), *Canapicoltura e sviluppo dei comuni atellani*, pag.35, Frattamaggiore.
- Capasso S. (2001), *Canapicoltura: passato, presente e futuro*, Istituto di Studi Atellani.
- Chiesa G., Dall'O' G. (1996), *Risparmio energetico in edilizia, criteri e norme*, Editore Masson.
- Dell'Orefice A. (1983), *Note sulla canapicoltura nel Mezzogiorno d'Italia durante il XIX secolo*, pag. 25, Napoli.
- Enciclopedia Motta (1997) , volume Piante, alla voce "canapa" a cura del professore Crescini, Milano.
- Gottaroli V.(1978), *I leganti: appunti dalle lezioni di tecnologia dei materiali e chimica applicata*, Patron.

BIBLIOGRAFIA

- Grimaldi A., Mastagni S.(1997), *Canapa italiana*, Millelire Stampa Alternativa.
- Madia T., Tofani C. (1998), *La coltivazione della canapa, una semplice guida per i coltivatori che desiderano coltivare canapa (Cannabis sativa)*, Coordinamento Nazionale per la Canapicoltura, Disponibile sul sito internet: www.gruppofibranova.it
- Romagnoli G. (1976), *Storia di una fibra prestigiosa nella civiltà contadina bolognese: la canapa*, pag. 151, Bologna.
- Rossi M.P.S. (2015), *Canapa: i principali utilizzi della pianta dalle mille risorse*, www.canapaindustriale.it
- Somma U. (1923), *La canapa*, Cappelli Editore, Bologna

Articoli, riviste:

- Benfratello S., Capitano C., Peri G., Rizzo G., Scaccianoce G., Sorrentino G.(2013), Thermal and structural properties of a hemp–lime biocomposite, in "Construction and Building Materials", pag. 745-754, Volume 48.
- Campiotti C. A., Chello D., Disi A., Fasano G., Manduzio L., Marani M., Martini C., Messina G., RAEE 2015, Rapporto annuale efficienza energetica, pubblicato da ENEA Agenzia Nazionale per l'Efficienza Energetica.
- Daly P., Ronchetti P., Woolley T.(2012), Hemp Lime Bio-composite as a Building Material in Irish Construction, Prepared for the EPA STRIVE by BESRac. Consultato da: <http://www.equilibrium-bioedilizia.it/>
- Decreto ministeriale 26 giugno 2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici, consultato da: <http://www.gazzettaufficiale.it/>.

BIBLIOGRAFIA

- Ronchetti P.(2007), *Il cemento di canapa e calce: un promettente materiale e metodo di costruzione per l'edilizia sostenibile*.
- Consultato da: http://www.usidellacanapa.it/pdf/cemento_di_canapa_e_calce.pdf.

Siti internet:

- www.agraria.org/coltivazionierbacee/canapa.htm.
- www.assocanapa.org/botanica.htm.
- www.canapaindustriale.it/2014/02/05/il-complesso-piu-grande-deuropa-incanapa-e-calce-prende-forma-a-bisceglie/
- www.commercioetico.it
- www.diasen.com
- www.equilibrium-bioedilizia.it
- www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp
- www.lamaisonverte.it
- www.messapiastyle.it
- www.museociviltacantadina.bo.it
- www.regione.puglia.it
- www.scuolaedilegrossetana.it
- www.usidellacanapa.it
- www.veronagreen.it

Tesi consultate:

- Colombo C., Ruggieri O.(2011/2012), *Edilizia a basso impatto ambientale: analisi del ciclo di vita di materiali naturali a base di calce-canapulo*, Politecnico di Milano, Facoltà di Ingegneria per l' Ambiente e il territorio.
- Ianes D. (2012/2013), *Il contributo della canapa nella bioedilizia: un potenziale non del tutto rivelato*, Università degli studi di Trento, Facoltà di Ingegneria Civile.
- Dedda C. (2012/2013), *Valutazione energetica su edifici costruiti con materiali non convenzionali: la canapa*, Università di Bologna, Facoltà di Ingegneria civile.
- Adduci A. (2014/2015), *Innovazione tecnologica dei conglomerati: il conglomerato a base di canapa posato a spruzzo*, Università di Roma Sapienza, Facoltà di Architettura.
- Cucurnia N. (2016/2017), *Applicazione del biocomposto in canapa e calce come materiale da costruzione nella produzione edilizia e analisi del suo comportamento termoigrometrico attraverso simulazioni dinamiche e misurazioni strumentali*, Università di Pisa, Facoltà di Ingegneria Civile ed Industriale.

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare innanzitutto la Prof.Ssa Daniela Bosia, non solo per la fiducia dimostratami accettando il ruolo di relatore, ma soprattutto per la sua estrema disponibilità e competenza, sempre presente, assieme all'Architetto Pennacchio Roberto, pronto a consigliarmi durante la stesura della tesi.

Un grazie particolare va al Presidente di Canapuglia Natile Claudio, che mi ha permesso, con la sua incredibile disponibilità e professionalità, di capire e di studiare da vicino i vari vantaggi e i progressi del materiale canapa dalle origini ai giorni nostri. Grazie allo Studio Pedone Working, in particolare all'Architetto Leo e Massimo Pedone, realizzatori del progetto oggetto di studio, per la loro completa disponibilità nell'aiutarmi durante il lavoro di indagine e di ricerca del complesso: "Case di Luce".

Un doveroso ringraziamento va alla mia famiglia, mia madre, mio padre, i miei due fratelli e Daniela, che con il loro instancabile sostegno, sia morale che soprattutto economico, mi hanno permesso di arrivare fin qui oggi.

Ringrazio tutti i miei amici, che hanno avuto un peso (più o meno determinante) nel conseguimento di questo risultato, da quelli conosciuti durante i miei anni di università, a quelli di una vita.

Agli ultimi anni trascorsi a casa "La Loggia", luogo di risate, feste, pianti e litigi, ma anche di amicizie, quelle vere, quelle che non si dimenticano e che porterò per sempre con me: Miriam, Clelia, Angela, Raffaella, grazie a tutte voi.

Un grazie va anche a coloro che avranno scommesso sulla mia non riuscita, ma alla fine eccomi qua...Incredibile ma vero!

Grazie a te Alessandro: che hai saputo ascoltare le mie paure, i miei timori, grazie per esserci stato, per la pazienza, per i sorrisi e i pianti che ho potuto condividere con te. Grazie per l'amore che mi regali ogni giorno.

Un ultimo grazie lo dedico con il cuore a chi non c'è più, a chi sarebbe contento di vedermi così oggi, a te nonna 'Nzina e nonno Salvatore, angeli della mia vita, a voi dedico tutto questo.