**Dottorato di ricerca in Materiali e Innovazione Tecnologica**
**in Ingegneria e Architettura**
**Coordinatore: prof. arch. Carlo Truppi**
**XXIV ciclo 2008-2011**

# MATERIALI E TECNOLOGIE ECOCOMPATIBILI NEI SISTEMI COSTRUTTIVI A BASSO COSTO

## *NUOVE TECNICHE PER LA TERRA CRUDA APPLICATE ALLE TIPOLOGIE EDILIZIE PER SCOPI ABITATIVI*

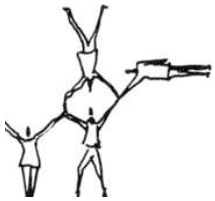
**Gianluca De Francisci**

**Tutor: prof. ing. Umberto Rodonò**

**2008-2011**

## RINGRAZIAMENTI

Ogni lavoro è sempre il frutto delle relazioni con le tante persone che incontriamo, negli spazi, nei tempi, nei luoghi: senza la loro intelligenza nulla sarebbe. Mi limito oggi a ringraziare il mio maestro, il professore Umberto Rodonò, a cui resto debitore per questa esperienza unica e fondamentale per la mia vita.



Ringrazio inoltre per la loro disponibilità ad ascoltare le mie tesi e a collaborare ai miei sogni:
- il prof. Corrado Fianchino, per avere materializzato le mie iniziali aspirazioni;
- l'ing. Rosa Caponetto, *Rossella*, per essere stata sempre dalla "mia" parte;
- i neo ingegneri Alessia Anguzza e Sirio D'Aleo, allievi, amici e compagni di viaggio;
- il dott. Antonino Guglielmino, il sig. Filippo Guglielmino, l'ing. Giuseppe Guglielmino e il sig. Salvatore Mustica, della Guglielmino Group di Misterbianco, per aver condiviso con generosità la passione per la "terra";
- il sig. Salvatore Sinatra della Sicilcanne, per avermi aperto le porte delle sue conoscenze sull'antica coltivazione della canna comune e sui suoi impieghi.

*Alla mia famiglia*
*dai confini irrequieti*
*Gaetano, Rosa, Elisabetta*
*Davide, Patrizia, Fabrizio,Valeria*
*Totò, Daniela,Salvatore,Loredana,*
*Angelo, Gabriella, Fabio, Delia*
*Peppino, Giusella, Alessio e Valerio*
*Peppe e Silvana*

INDICE

# INDICE

*Sinossi*…… I
*Abstract*…… III
*Premessa*…… …… V
*Obiettivi e metodologia di ricerca*…… VII
*Articolazione e contenuti*…… IX

**PARTE PRIMA: AMBITO DELLA RICERCA, ANALISI, CONFRONTO E METODOLOGIA**

**1. Sostenibilità e innovazione tecnologica**

1.1 Interazione tra uomo e ambiente, l'uomo creatore di se stesso ..…… 1
1.2 La cultura della sostenibilità …… 4
1.3 Necessità di una ritrovata cultura responsabile nel fare architettura…….. 12

**2. Progettazione eco-responsabile e sistemi costruttivi a basso costo**

2.1 Energia e ambiente nel progetto architettonico: dall'approccio bioclimatico al concetto di responsabilità …….. 17
2.2 Tecnologie costruttive e materiali a basso costo - la cultura low- tech ……. 21
2.3 Percorso progettuale sostenibile: analisi globale e modelli… 26

**3. Architetture leggere per abitazioni stanziali e transitorie**

3.1 Necessità transitorie e nuove forme dell'abitare 35

3.2 Arhetipi: Origini e sperimentazioni di architetture transitorie fino all'ultimo dopoguerra. 38

3.3 Le Corbusier e l'abitabilità transitoria 53

3.4 R. Buckminster Fuller e le sperimentazioni tecnologiche avanzate 58

3.5 Abitazioni transitorie e temporanee a basso costo 63

**PARTE SECONDA: LA TERRA CRUDA**

**4. La cultura costruttiva della terra cruda**

4.1 Sostenibilità delle costruzioni di terra: innovazione tecnologica e saperi tradizionali 71

4.2 Evoluzione delle architetture di terra 75

4.3 Ragioni di un abbandono 79

4.4 Attualità dell'architettura di terra e sua diffusione 81

4.5 Stagioni dei convegni e degli studi specifici in Italia 87

4.6 Il materiale terra 92

4.7 Costruzioni in terra cruda 101

4.8 Principi delle realizzazioni con la terra 107

4.9 Tecniche costruttive in terra cruda 113

4.10 Proprietà tecnologiche e prove per il riconoscimento delle terre e degli elementi tecnici in terra cruda 124

4.11 Caratteristiche tecniche della terra cruda e dei suoi principali manufatti 127

4.12 Normative nazionali, una rassegna sintetica dei principali codici di riferimento per le costruzioni in terra 131

**5. Architetture di terra: casi studio**

5.1 Metodologia di analisi e selezione dei casi studio 139

5.2 Analisi dei casi studio 141

5.3 Casi studio 150

5.4 Bilanci: innovazioni e limiti delle soluzioni analizzate 255

**PARTE TERZA: ANALISI DI LABORATORIO E INDICAZIONI PROGETTUALI INNOVATIVE**


**6. Progettazione e caratterizzazione di un elemento tecnico in terra cruda, rinforzato con fibre naturali ricavate dal fogliame delle canne comuni**

6.1 Analisi preliminari, potenzialità progettuali e caratteristiche tecniche del materiale terra 259

6.2 Progetto dell'alloggio per residenza transitoria 263

6.3 Fattori di valutazione, descrizione dei requisiti prestazionali e aspetti progettuali del blocco in terra cruda 268

6.4 Produzione in laboratorio dei blocchi 283

6.5 Controllo di qualità e caratterizzazione dei campioni tipo 289

6.6 I risultati delle indagini e il confronto con i dati di letteratura 319

**7. Conclusioni**

7.1 Analisi conclusive 327

7.2 Deduzioni 338

**APPENDICI**

1. Attività teorico-pratiche, interazioni e scambi culturali a margine. 335
2. Schede delle caratteristiche tecniche della terra cruda e dei suoi principali manufatti. 355
3. Elaborati progettuali dell'elemento tecnico e degli strumenti per la preparazione del blocco 365
4. Elaborati progettuali del modulo abitativo per residenza transitoria 373

**GLOSSARIO** 393

**BIBLIOGRAFIA** 403

**FONTI DELLE ILLUSTRAZIONI** 415

# SINOSSI

L'alta riciclabilità dei materiali naturali, che possono essere impiegati nelle costruzioni a basso costo come la terra cruda, la paglia, il bambù, il legno insieme a materiali di recupero come copertoni usati, bottiglie di vetro e plastica, carta riciclata ecc., associata alle tecniche costruttive semplici e tradizionali capaci di sfruttare i principi della bioclimatica per i fabbisogni energetici, ci consentono di realizzare costruzioni ecologicamente consapevoli e responsabili, capaci di rispondere alle diverse richieste esigenziali con l'artificio delle forme e con la capacità tecnologica in un nuovo legame tra architettura e natura.

La ricerca è stata orientata verso lo studio delle nuove tecniche per l'impiego della terra cruda come materiale da costruzione, inteso come materiale semplice e tradizionale, applicate alle tipologie per scopi prevalentemente abitativi. Questo percorso di studio è stato intrapreso per affinare la conoscenza di questo antico materiale, la terra cruda, nei vari aspetti: compositivi, estetici, prestazionali, economici. Una ulteriore fase di ricerca è stata rivolta ad una analisi, comparativa di alcune realizzazioni contemporanee, sparse in varie parti del mondo, con la redazione di schede descrittive delle opere prese in esame. In alcuni casi, il materiale di studio è stato fornito dagli stessi autori degli interventi, che hanno messo a disposizione, ai fini della ricerca, una serie di documentazioni tecniche e fotografiche personali.

La ricerca è stata conclusa con la progettazione e la realizzazione di un elemento edilizio di base, un blocco di terra cruda rinforzato con fibre ricavate dal fogliame della canna comune, un materiale naturale di scarto nella lavorazione per la preparazione di incannucciati e stuoie, e aggregato di sabbia vulcanica dell'Etna, con un esempio di applicazione nella progettazione di un alloggio per residenza transitoria. Inoltre il manufatto è stato testato in laboratorio per la sua caratterizzazione, con prove e test previsti dalle normative neozelandesi, che hanno permesso di tracciare un primo quadro di accettabilità del blocco in terra cruda confezionato con materiali locali e a basso costo.

# ABSTRACT

The high recycling of natural materials, which can be used in low-cost construction, such as a raw earth, straw, bamboo, wood, recycled materials like used tires, glass bottles and plastic, recycled paper etc.., associated with simple and traditional construction techniques able to exploit the principles of bioclimatic architecture for energy needs, allow us to make buildings environmentally conscious and responsible, able to respond to several needs with the artifice of the forms and technological capability in a new relationship between architecture and nature.

The research sphere, "eco-compatible materials and technologies in low cost building systems", was oriented towards the study of the new techniques for raw earth as a building material, intended as a simple and traditional material, applied to the types mainly for residential purposes. This study path has been undertaken to addressing the knowledge of this ancient material, raw earth, in various aspects: composition, aesthetics, performance, economic. A further phase of research was devoted to an analysis, comparison of some contemporary works, scattered in various parts of the world, with the writing of descriptions of the works examined. In some cases, the study material was provided by the authors of the interventions, which have made available, for the purposes of research, a series of technical documentation and personal photographs. The research was completed with the design and construction of a building element base, a block of clay reinforced with fibers derived from the leaves of the common reed, a natural material in the scrap processing for the preparation of reeds and mats, and aggregate Etna volcanic sand, with an example of application in the design of accommodation for transient residence. In addition, the block has been tested in laboratory for its characterization, with trials and tests required by the New Zealand Code, which led to an initial framework of acceptability of the earthen block made with local materials and low cost.

# PREMESSA

Al termine sostenibilità è possibile attribuire un significato che impone una continua riflessione sulle incongruenze e assurdità del nostro modello di sviluppo. Riflessioni a cui devono necessariamente seguire analisi rivolte ad una modifica radicale delle idee fondanti e del programma di azioni finora perseguito dai paesi cosiddetti sviluppati.[1]

"*La "sostenibilità" riguarda la scelta e l'origine dei materiali, l'energia consumata per il trasporto e la trasformazione, il processo costruttivo degli edifici, la qualità delle loro performance termiche, l'energia necessaria al buon funzionamento, i processi della manutenzione, la complessiva durata degli insiemi, la flessibilità funzionale interna, l'adattabilità alle nuove tecnologie (di approvvigionamento, smaltimento e comunicazione), l'idoneità alle tecniche di smontaggio e rimontaggio, le possibilità di trasformazione e di riciclaggio e naturalmente anche, e in modo specifico, la possibilità di utilizzo di energie pulite per riscaldare, raffrescare, ventilare, illuminare naturalmente e accumulare energia elettrica. L'elenco è certamente incompleto, ma io l'ho comunque accennato almeno per tentare di dare la misura dell'ampiezza del tema e degli aspetti coinvolti*."[2]

Il tema della ricerca è stato improntato verso le tecnologie costruttive definite "Low-cost", a basso costo, sviluppatesi come cultura progettuale di nicchia fino agli anni'90, che nell'ultimo decennio stanno conoscendo un'ampia diffusione, a seguito di una maturata coscienza ecologica sviluppatasi in vaste aree del pianeta. La consapevolezza della esauribilità delle risorse energetiche tradizionali ha portato tra le conseguenze quella di investimenti nella ricerca verso tecniche costruttive, anche legate alle tradizioni locali, basate su materiali facilmente reperibili a basso carico energetico e sull'autocostruzione.

---

[1] Cfr. M. Bottero, Sostenibilità come principio ecologico, sta in Costruire in Laterizio n.89, Faenza settembre-ottobre 2002, pag. 3

[2] T. Herzog, Sostenibilità e progetto, sta in Costruire in Laterizio n.89, Faenza, settembre – ottobre 2002, pag.2.

Oggi con il grado di progresso degli strumenti scientifici abbiamo a disposizione tutto quanto occorre per realizzare edifici sostenibili, affermava N. Foster, in un articolo pubblicato su Parametro n. 250 del 2004, le uniche barriere che ancora esistono e resistono sono solo di natura culturale, che derivano da imposizioni di mercato legate esclusivamente ad interessi economici, dettati dalle multinazionali che producono materiali e tecnologie in uso dall'inizio del '900 ad oggi.[3]

La terra cruda, come tutte le cose di questo mondo, ha avuto alti e bassi nel corso della storia, un uso che è sembrato spegnersi innumerevoli volte, perché soppiantato da altri materiali certamente più "nobili" e più durevoli di un pugno di fango; un uso, infine, che in molte zone del mondo non è ancora scomparso, neanche sotto la spinta interessata ed inarrestabile del cemento armato, dei prefabbricati e della plastica stampata. Al contrario il crudo sta attraversando negli ultimi anni un periodo nuovo, di grande successo. Esso viene rilanciato sia come materiale edilizio economico e naturale, in molti paesi del Mondo in sviluppo e nei paesi ad economia emergente, sia come eccitante e creativo *up to date* dei mezzi per l'architettura sostenibile.[4]

La ricerca si muove nel campo dei materiali e delle tecnologie dell'architettura a basso costo in terra cruda, tentando una sperimentazione di un materiale di scarto della lavorazione delle canne comuni, il fogliame, come fibra per la produzione di blocchi in terra cruda. Il lavoro si compone di una analisi concettuale, conoscitiva, sul pensiero della sostenibilità legato alla innovazione tecnologica e alle tecnologie costruttive a basso costo nell'architettura, di una sezione di confronto e caratterizzazione metodologica sulle architetture transitorie e sulla cultura costruttiva in terra cruda, passando per una disamina di casi studio tesi a riportare esperienze di architettura contemporanea in grado di offrire modelli operativi di analisi utili alla ricerca. Infine una sezione sperimentale dove vengono riportate le attività teorico pratiche, le interazioni e gli scambi culturali tenuti in questi anni di corso, le proposte e i contributi innovativi in relazione alla possibilità di impiegare le fibre del fogliame di canna comune per la produzione di blocchi in terra cruda.

[3] Cfr. N. Foster, Dalla natura all'architettura, sta in Parametro n.250, Faenza, marzo-Aprile 2004, pag. 20.
[4] Cfr. E. Galdieri, Le meraviglie dell'architettura in terra cruda, Bari, 1982, pag 3.

# OBIETTIVI e METODOLOGIA di RICERCA

La ricerca è volta, all'interno del quadro delineato, alla approfondimento della conoscenza del materiale terra cruda per proporne un impiego, nell'architettura, nuovo e consapevole per la costruzione di alloggi transitori, utilizzando come fibra dell'impasto un materiale di scarto della lavorazione delle canne comuni, il fogliame. La metodologia di ricerca seguita è stata costruita per parti correlate.

Dalla definizione del tema, scaturita da una serie di interessi personali legati ad alcune esperienze didattiche pregresse, si è passati, attraverso ricerche bibliografiche, convegni, lezioni e colloqui, alla raccolta dei dati tramite un percorso di consultazione di testi, riviste specializzate, siti internet, di partecipazioni a viaggi di studio, workshop, convegni e di scambio diretto con docenti, studiosi e professionisti che operano in questo settore. L'analisi dei dati è stato il passaggio successivo, con lo studio delle tecniche costruttive e della tecnologia della terra cruda e di altri materiali naturali per l'edilizia, raccogliendo una serie di dati tecnici e prestazionali in tabelle. Di seguito alle analisi tecniche sui materiali sono stati affrontati una serie di casi studio tesi a riportare esperienze di architettura contemporanea, destinate alla residenza, realizzate con la terra cruda come materiale di base. Lo studio dei casi tipo, rivolto alla conoscenza del manufatto edilizio, è stato condotto attraverso delle schede di analisi dove sono stati esaminati in una prima parte gli aspetti tipologici e morfologici attraverso uno studio degli elaborati progettuali, in una seconda parte gli aspetti tecnologici sono stati analizzati partendo innanzitutto dalla descrizione del sistema costruttivo e della tipologia di industrializzazione impiegata, quindi con la scomposizione del sistema tecnologico (norma UNI 8290 del 1981), infine nella terza e ultima parte sono state indagate le classi e alcune sottoclassi di esigenza dell'utenza in edilizia, selezionate rispetto alla norma UNI 8289 del 1981 (tabella I), e di alcuni dei requisiti tecnologici, desunti dalla norma UNI 8290 del 1981 parte II- edilizia residenziale (tabella II). A conclusione della fase di analisi è stato

intrapreso quello che possiamo definire come il percorso di valutazione, ovvero quel momento della ricerca che, attraverso la selezione di indicatori e metodi capaci di orientare le scelte progettuali, possa suggerire una innovazione alle tecnologie esistenti, impiegando, in questo caso, nuovi materiali nella produzione di una manufatto di base in terra cruda. Questa fase si è conclusa con l'individuazione di una tecnica costruttiva con la terra cruda, applicata alle tipologie edilizie abitative transitorie, che prevede l'impiego di un materiale di scarto come fibra, il fogliame di canna comune, per l'impasto necessario al confezionamento di blocchi per le partizioni verticali di confinamento e il successivo confezionamento di campioni tipo che sono stati analizzati e caratterizzati con una serie di prove di laboratorio previste per una prima accettazione del manufatto.

# ARTICOLAZIONE e CONTENUTI

## 1. SOSTENIBILITA' E INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Il capitolo approfondisce il tema del rapporto tra il progresso tecnologico e il rispetto dell'ambiente. La progettazione architettonica contemporanea, supportata dalle nuove tecnologie, ha il compito di modificare le esigenze dell'uomo verso il risparmio delle risorse energetiche. L'architettura, oggi, deve quindi contribuire allo sviluppo sostenibile con un nuova atteggiamento dei progettisti, dettato da una maggiore responsabilità nei confronti dell'ambiente.

## 2. PROGETTAZIONE ECO-RESPONSABILE E SISTEMI COSTRUTTIVI A BASSO COSTO

La consapevolezza sociale del problema ambientale e la necessità imprescindibile di preservare l'equilibrio del sistema biologico in cui viviamo, portano a soluzioni progettuali, tecnologie e impiego di materiali che talvolta sono diverse da quelle "tradizionali", cercando adozioni di modelli di produzione e di consumo di minore impatto sulle risorse esauribili del pianeta. Nella complessità del processo costruttivo è quindi necessaria una via equilibrata che riesca a far convivere tecnologie innovative e saperi tradizionali in una architettura ragionevole, capace di adattare soluzioni diverse a seconda delle esigenze da soddisfare, del contesto ambientale e delle normative da rispettare.

## 3. ARCHITETTURE LEGGERE PER ABITAZIONI STANZIALI E TRANSITORIE

Una forma abitativa può considerarsi idonea allo scopo per la quale è stata progettata, quando è diretta espressione dei bisogni di chi è destinato ad abitarla. Le riflessioni sui temi dell'abitare sono, in questo ambito di studio, rivolte al tema del bisogno, elementare e completo, dell'abitare, attraverso il progetto di uno spazio minimo con l'ausilio di criteri di razionalità. L'evoluzione della società nel tempo ha mutato i bisogni dell'individuo e di conseguenza la forma dell'abitare. Per poter garantire che questa forma sia adeguata alle esigenze dell'uomo è necessario studiare i suoi bisogni e i suoi comportamenti attraverso dei parametri, di individuare soluzioni possibili per un progetto architettonico capace di soddisfare queste esigenze.

## 4. LA CULTURA COSTRUTTIVA DELLA TERRA CRUDA

Il capitolo descrive, in sintesi, l'universo che ruota attorno alla tecnica costruttiva con questo materiale essenziale, tentando una chiave di lettura ampia che comprende la storia delle architetture di terra, l'attualità e le possibili evoluzioni future. Citando Eugenio Galdieri, si è tentato di descrivere quella cultura "*dell'architettura di terra, intesa come cosciente pratica costruttiva, costituisce da sempre una degli esempi più completi di bio-ediliza, per essersi servita esclusivamente di quanto la natura circostante poteva fornire all'homo faber*".

## 5. ARCHITETTURE DI TERRA: CASI STUDIO

Al fine di individuare una procedura che possa consentire di determinare alcuni fattori invarianti di forza, come i livelli di innovazione riscontrati e di debolezza, come alcuni limiti delle soluzioni analizzate è stato scelto di indagare su una serie di casi studio, scelti tra la tipologia residenziale, realizzati prevalentemente negli ultimi vent'anni, che si pongono in equilibrio tra innovazione e tradizione del costruire con la terra cruda. La selezione dei casi studio è stata condotta analizzando la letteratura in materia riguardante i progetti realizzati. L'elemento principale che ha determinato la scelta è il carattere "sperimentale" dell'opera, dal momento che i casi studio sono da considerarsi casi esemplari, con l'introduzione di tecniche innovative e la reinterpretazione di quelle

tradizionali, all'avanguardia nel campo delle realizzazioni con queste tecnologie a questo materiale.

## 6. ATTIVITA' TEORICO-PRATICHE, INTERAZIONI E SCAMBI CULTURALI

La trasmissione diretta, oggi, rimane ancora il mezzo più diffuso per divulgare le tecniche costruttive che impiegano la terra cruda, infatti "*vi è ancora una certa riluttanza a considerare l'insegnamento di questo materiale con l'approfondimento e la completezza che esso e le culture collegate meritano*"[5]. In Italia, come nel resto dei paesi dove è diffusa la pratica costruttiva della terra cruda, si sta diffondendo la cultura dei laboratori permanenti, diffusi sul territorio nei paesi dove è ancora forte la presenza di manufatti realizzati con questa tecnica costruttiva. Nell'ambito del corso di studio del dottorato in "Materiali e Innovazione Tecnologica per l'Ingegneria e l'Architettura", XXIV ciclo è stato possibile partecipare ad una serie di iniziative teorico-pratiche sul tema delle tecniche costruttive in terra, basate sul metodo *learning by doing*, al fine di poter prendere coscienza diretta di questa realtà costruttiva. Inoltre nel capitolo si è riportato, nell'ultimo paragrafo, un elenco, parziale, "non ragionato" di tutti coloro che hanno accettato delle "interazioni", ovvero che hanno messo a disposizione le loro conoscenze per contribuire alla formazione consapevole dell'autore sul tema della terra cruda.

## 7. PROGETTAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DI UN ELEMENTO TECNICO, UN BLOCCO IN TERRA CRUDA, RINFORZATO CON FIBRE NATURALI RICAVATE DAL FOGLIAME DELLE CANNE COMUNI.

La ricerca, in questo ultimo capitolo, affronta il tema progettuale e la sperimentazione in laboratorio, di un elemento edilizio di base in terra cruda rinforzata con fibre vegetali. Il blocco in terra cruda progettato è stato pensato per la formazione di partizioni verticali di tamponamento per alloggi transitori. Il capitolo tratta le considerazioni preliminari alla base della progettazione dell'elemento costruttivo e le sue potenzialità, le caratteristiche tecniche e prestazionali previste per un utilizzo in autocostruzione. A supporto dello studio di ricerca sull'elemento tecnico è

[5] M. Achenza, Trasmissione delle conoscenze ed insegnamento del know how, sta in Scritti sulla Terra a cura di E. Galdieri, Saonara, 2010, p.128

stato progettato un alloggio per residenza transitoria, da realizzarsi per impieghi in situazioni di emergenza e non, per ipotizzare una sua possibile applicazione e utilizzazione. A conclusione vengono riportati i dati di caratterizzazione dei campioni tipo per una prima accettazione dell'elemento edilizio di base realizzato. I risultati hanno dimostrato una buona risposta dell'elemento tecnico ai test di base suggeriti dalla letteratura per un uso in autocostruzione, con valori di caratterizzazione che rientrano nella media dei dati consolidati. L'utilizzo delle fibre di fogliame di canna comune, introdotto in via sperimentale nell'impasto del conglomerato per il confezionamento del blocco, è quindi da ritenersi accettabile poiché non ha inficiato i test condotti. L'esperienza sperimentale condotta, di prima e generale analisi, rappresenta un primo passo verso una più completa e approfondita ricerca nel campo dell'utilizzo delle fibre di scarto della canna comune come additivo nei manufatti in terra cruda che potrebbe contribuire ad allargare il percorso intrapreso, ormai con una più cosciente consapevolezza, verso l'ideazione e la produzione di elementi tecnici di architettura sempre più sostenibili e a basso costo necessari per la diffusione di una nuova cultura responsabile nel fare architettura.

# PARTE PRIMA

# AMBITO DELLA RICERCA, ANALISI, CONFRONTO E METODOLOGIA

CAPITOLO 1

# SOSTENIBILITA' E INNOVAZIONE TECNOLOGICA

## 1.1 INTERAZIONE TRA UOMO E AMBIENTE

Nel suo diario Robert Oppenheimer[1] cita le parole del dio indiano Krishna: "Sono diventato Morte, il distruttore dei mondi". Robert Oppenheimer, direttore del progetto di Los Alamos per la realizzazione della prima bomba atomica, in questa affermazione ad età avanzata, rivela il proprio senso di colpa: lo scienziato avverte sulla propria coscienza il peso di un uso estremo della capacità intellettiva dell'uomo nell'impiego delle tecnologie.[2]

Oggi viviamo un tempo caratterizzato dalla tecnologia che ci consente di trasferire immediatamente tutte le informazioni possibili da tutte le parti del pianeta. Risvegliati dal torpore dei decenni del secondo dopoguerra, caratterizzati da una realtà socio-economica poco globalizzata con una netta separazione culturale delle diverse macro-aree del pianeta, dobbiamo fare i conti con una cultura materiale e consumistica che ci fornisce analisi vertiginose di distruzione: ammonta a un milione, per esempio, il numero di anni impiegati dalla natura per costruire la quantità di carburante fossile oggi consumata in un solo anno. "La crisi ecologica è pandorica opera dell'uomo e la tecnologia potrebbe essere un alleato infido nel governare tale processo."[3]

Nella cultura occidentale la paura nei confronti dell'invenzione di nuove tecnologie che possano portare il mondo all'autodistruzione risale al mito greco di Pandora. Dea delle invenzioni, Pandora fu inviata sulla terra da Zeus come castigo per la trasgressione di Prometeo, ovvero del furto del fuoco a Zeus, rimasto, questo ultimo gesto, nella memoria collettiva come caposaldo dell'evoluzione umana, come ribellione alla limitazione

[1] *Robert Oppenheimer, (New York 1904 - Princeton 1967)*. Scienziato statunitense. Fisico nucleare, dette un contributo essenziale alla realizzazione della prima bomba atomica che gli Usa sganciarono su Hiroshima (1945). Si schierò quindi contro l'uso di ordigni nucleari e nel 1954, per l'ossessione anticomunista creata dalla guerra fredda, fu accusato di filosovietismo e, dopo un clamoroso processo, destituito dai suoi incarichi all'Atomic Energy Commission.

[2] Cfr. R. Sennet, L'uomo Artigiano, Milano, 2009, pag. 13.

[3] R. Sennet, op.cit. pag. 12.

della coscienza della scelta. Secondo il racconto tramandato dal poeta Esiodo ne "Le opere e i giorni", il vaso (pithos, πίθος in greco antico) era un dono fatto a Pandora da Zeus, il quale le aveva raccomandato di non aprirlo. Pandora, che aveva ricevuto dal dio Ermes il dono della curiosità, non tardò però a scoperchiarlo, liberando così tutti i mali del mondo. Sul fondo del vaso rimase soltanto la speranza (Elpis), che non fece in tempo ad allontanarsi prima che il vaso venisse chiuso di nuovo. Prima di questo momento l'umanità aveva vissuto libera da mali, fatiche o preoccupazioni di sorta, e gli uomini erano, così come gli dei, immortali. Dopo l'apertura del vaso il mondo divenne un luogo desolato ed inospitale finché Pandora lo aprì nuovamente per far uscire anche la speranza.[4]

E' il legame con il mito greco di Pandora che ancora oggi determina una paura nei confronti dell'invenzione di oggetti che hanno, oltre al valore positivo dell'innovazione, un potenziale autodistruttivo per il mondo in cui viviamo. "le persone che fabbricano cose, di solito non capiscono quello che fanno"[5]. Questa affermazione della filosofa Hannah Arendt deriva dalla sua convinzione che sono due e distinte le figure dell'essere umano al lavoro: homo faber e animal laborans. Una classificazione austera, netta in quanto esclude forzatamente dalle proprie considerazioni, sensazioni quali il piacere, le azioni ludiche e la cultura. Per la Arendt l'animal laborans è l'essere umano che, simile ad una bestia da soma, fatica in una condizione routinaria di lavoro. L'uomo in questa condizione deve garantire che una cosa funzioni, niente altro conta. *Per l'animal laborans il mondo è un fine in sé*.[6] Al contrario l'homo faber è l'uomo che fa un lavoro creativo, artefice del suo destino. Quindi l'homo faber è il giudice del lavoro e delle pratiche materiali, il superiore dell'animal laborans. Quindi, secondo la filosofa tedesca naturalizzata statunitense, gli esseri umani che lavorano vivono in una dimensione doppia: in una fabbricano cose, immersi nel compito da eseguire senza morale, nell'altra invece alberga un'altra modalità di vita, più alta, nella quale gli uomini cessano di produrre e iniziano a pensare, dialogano e giudicano. Questa distinzione netta, sostiene invece Richard Sennet nel suo ultimo saggio, è fallace perché non tiene in considerazione dell'interazione che può generarsi tra gli uomini che lavorano; parlando del loro lavoro e delle ripercussioni che questo può avere sull'ambiente innescando un possibile meccanismo culturale che trasforma, o che può trasformare, l'animal laborans, che in genere si fissa sulla domanda "come?", in homo faber che si chiede "perché" oppure in un ibrido,

**HOMO FABER E ANIMAL LABORANS**

[4] Oggi l'espressione vaso di Pandora viene usata metaforicamente per alludere all'improvvisa scoperta di un problema o una serie di problemi che per molto tempo erano rimasti nascosti e che una volta manifesti non è più possibile tornare a celare.
[5] Citazione di Hannah Arendt in R. Sennet, op. cit. pag.11.
[6] R. Sennet, Op.Cit. pag.16

"intermediate", di uomo lavoratore e produttore di cose che assume coscienza di ciò che comporta la sua attività.

**CONOSCENZA E PROGRESSO TECNOLOGICO**

La paura che si ha dei doni di Pandora, può generare un clima di razionale timore verso il progresso della tecnologia, che può apparire essa stessa come un nemico anziché un rischio. Ciò porta a rimettere il tappo al vaso di Pandora per rimettere un freno ai mali ambientali portati dalla conoscenza, ritornando a un modo di vivere più antico oppure pensare ad un futuro nel quale abitare la natura in maniera più semplice. "*Oggi ci troviamo ad affrontare una crisi fisica prodotta in gran parte dagli esseri umani che hanno depauperato le risorse naturali e determinato cambiamenti climatici radicali. Il mito di Pandora è diventato oggi un simbolo secolarizzato di autodistruzione. Per far fronte a questa crisi corre l'obbligo di modificare sia gli oggetti che produciamo sia l'uso che ne facciamo. Dovremo imparare modi diversi di costruire gli edifici e di organizzare i trasporti, dovremo inventare rituali che ci abituino al risparmio. Dovremo diventare bravi artigiani dell'ambiente".*[7] Questa maestria tecnica che oggi si può sintetizzare nell'aggettivo "sostenibile" fa pensare a una vita più in armonia con la natura, una vita che trovi un "giusto" punto di equilibrio tra noi e le risorse della terra: un'immagine di equilibrio e riconciliazione. Sennet nel suo saggio ritiene che questa è una visione dell'arte ambientale inadeguata, insufficiente e incapace di modificare realmente i processi produttivi e i tradizionali processi di fruizione. Egli sostiene che un impulso più forte verso il cambiamento potrebbe venire dall'immaginarci come immigrati spinti dal caso o dal destino su un territorio straniero e quindi in un luogo che non possiamo dominare perché non ci appartiene. Lo straniero, osserva il sociologo Georg Simmel, apprende l'arte dell'adattamento con una consapevolezza maggiore e penetrante rispetto coloro che vivono l'appartenenza come un diritto senza doveri, senza porsi il problema del conflitto con l'ambiente che lo circonda. Lo straniero fa della prudenza l'arma vincente dell'integrazione. I cambiamenti necessari per modificare le relazioni che l'umanità ha instaurato con l'ambiente sono talmente grandi, che soltanto questo intimo, forte senso di spaesamento e di straniamento può mettere in moto e alimentare pratiche concrete di cambiamento e ridimensionare i nostri desideri in funzione delle reali risorse che la natura può offrire.

Questa visione si scontra con la tendenza attuale del concetto di sostenibilità, che a volte induce a cercare una sorta di evasione in una natura idealizzata, fuggendo dalla realtà di degrado in cui versa il territorio autodistruttivo che di fatto abbiamo creato. Immaginare, come sostiene Sennet di determinare delle condizioni di straniamento per gli esseri umani, tali da considerare loro stessi non più padroni dei luoghi che vivono e

[7] R. Sennet, Op.Cit. pag.21

quindi richiamare in loro il senso di prudenza perduto non è di facile attuazione. I processi culturali che è necessario percorrere per far riacquistare alle generazioni presenti la consapevolezza della esauribilità delle risorse, sono complessi e richiedono il totale coinvolgimento delle diverse categorie sociali che determinano le scelte. Il cambiamento di rotta verso un uso consapevole della tecnologia e della energia, legata alle esigenze vitali quotidiane, deve necessariamente passare attraverso un cambiamento della mentalità culturale predominante tesa ad ottenere il massimo rendimento con il minimo sforzo, equazione che ha portato alla condizione attuale di un processo che tende ad una possibile autodistruzione del pianeta.

## 1.2 LA CULTURA DELLA SOSTENIBILITA'

*"Dico subito che secondo me l'architettura del futuro sarà caratterizzata da una partecipazione sempre maggiore dell'utente alla sua definizione organizzativa e formale. Oppure – facendo uno sforzo per non confondere troppo quello che accadrà con quello che vorrei accadesse – dirò che secondo me gli architetti contemporanei dovrebbero fare di tutto perché l'architettura dei prossimi anni fosse sempre meno la rappresentazione di chi la progetta e sempre più la rappresentazione di chi la usa."*[8]

**ARCHITETTURA E SOSTENIBILITA'**

L'architettura è nata da un bisogno degli esseri umani: trovare un riparo. Dalle prime realizzazioni divenne ben presto espressione essenziale di capacità tecnica e di obiettivi spirituali e sociali. La storia dell'architettura documenta l'ingegno umano che nel corso dei secoli ha prodotto le trasformazioni dell'ambiente naturale per i propri scopi, la sensazione dell'armonia e il senso dei valori nelle realizzazioni più significative.

L'architettura ha nella sua essenza formale la bellezza che deriva dall'ideazione razionale. Essa è concepita come un processo interattivo tra conoscenza e intuizione, logica e spirito, tangibile e incommensurabile. Alla funzione essenzialmente pratica, l'architettura ha sempre affiancato il valore estetico.

Oggi accanto ai valori pratici ed estetici, l'architettura deve portare in se un altro valore fondamentale, legato all'emergenza che la società dei consumi ha determinato: la sostenibilità. Le condizioni generali delle risorse planetarie, che sono limitate, stanno provocando condizioni di vivibilità

[8] G. De Carlo, L'architettura della partecipazione, Milano, 1973

sempre peggiori; anche se non percepiti immediatamente i requisiti minimi di sopravvivenza si stanno abbassando con ritmi di progressione sempre maggiori.

MANUALE OPERATIVO PER IL PIANETA TERRA

Buckminister Fuller nel suo Manuale Operativo per il Pianeta Terra, introdusse alcuni concetti che oggi sono diventati di grande attualità. Paragonando la Terra ad una navicella spaziale che percorre il suo viaggio, Fuller si pone il problema di stabilire la nostra posizione a bordo della navicella: con la capacità di riconoscere che le risorse consumabili sono state finora sufficienti per permetterci di vivere malgrado l'ignoranza sul tema della esauribilità. Fuller paragona l'uomo nella sua evoluzione fino ad oggi, come un uccello nell'uovo, che riesce a vivere fino ad un certo stadio, fin quando il liquido gli da il nutrimento di cui ha bisogno, poi avviene la rottura del guscio e l'incognita della sopravvivenza che è legata alla capacità dell'animale di trovare la giusta collocazione in un ambiente complesso.[9]

Negli anni Sessanta comincia l'interesse alle tematiche ambientali. Nascono movimenti ambientalisti in tutto il mondo e, contemporaneamente, anche le strutture governative iniziano a dotarsi di organismi di controllo nel settore della tutela ambientale.

EPA

Nel 1970 viene fondata negli Stati Uniti, l'Agenzia per la Protezione Ambientale (EPA, Environmental Protection Agency), che opera in stretto contatto con altre agenzie federali, Stati e governi locali. L'agenzia, governativa, è stata fondata con la missione di programmare e controllare le leggi federali emanate in materia di tutela ambientale e inoltre ha funzione di controllo per il raggiungimento degli standard previsti dalle leggi Statunitensi.[10]

THE LIMITS OF THE GROWTH

Nel rapporto del MIT (Massachussetts Institute of Tecnology), *The Limits of the Growth*, che risale al 1972, erano contenuti una serie di studi che denunciavano il processo di esauribilità delle risorse planetarie e il conseguente rischio dell'estinzione della specie umana, se i modelli di crescita adottati non fossero stati sottoposti ad una verifica critica.

I temi relativi allo sviluppo sostenibile iniziano ad essere affrontati, dalle istituzioni internazionali, nella Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente umano svoltasi a Stoccolma nel 1972, ma si affermano come

[9] R. Rogers, *Città per un piccolo pianeta,* s.l. 1997, p.1/3

[10] L'agenzia è stata fondata con il compito di programmare e applicare le leggi federali emanate dal Congresso per la salvaguardia attraverso i regolamenti che vengono pubblicati nel Code of Federal Regulations.Ha la responsabilità della ricerca e della definizione degli standard nazionali per i diversi programmi di tutela ambientale e ne monitora l'applicazione. Laddove questi standard non siano raggiunti, l'EPA può istituire sanzioni ed assistere gli stati per il raggiungimento degli stessi standard. L'Agenzia, inoltre, opera anche in collaborazione con le industrie e tutti i livelli del Governo alla elaborazione della più ampia gamma di programmi di prevenzione dell'inquinamento e di risparmio energetico. Fonte: www.epa.gov

prioritari per lo sviluppo mondiale solo nel 1987 con il "Rapporto Brundtland" e nel 1992 con la "Conferenza di Rio de Janeiro".

Fino ad oggi sono stati firmati oltre 200 trattati relativi all'ambiente, di seguito si riportano gli avvenimenti più significativi:

**LA CONFERENZA DI STOCCOLMA**

- *La Conferenza di Stoccolma del 1972*, costituisce il primo tentativo di ragionamento diplomatico e politico a livello internazionale sui temi dello sviluppo e dell'ambiente globale, dove fra i principali obiettivi raggiunti va segnalata la nascita del Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP, United Nations Environmental Programme), ovvero il programma delle Nazioni Unite sui problemi ambientali, nato con lo scopo di coordinare e promuovere le iniziative delle Nazioni Unite relativamente alle questioni ambientali. Questo piano prevedeva, inoltre, una serie di azioni di monitoraggio dello stato dell'ambiente che doveva servire da supporto alle attività di politica ambientale dei vari paesi.

**LA CONFERENZA DI GINEVRA**

- *La Conferenza di Ginevra*, tenutasi nel 1979, vede come principale risultato il lancio di un Programma Mondiale sul Clima (World Climate Programme), e l'approvazione di un protocollo sull'inquinamento atmosferico transnazionale, firmato dagli Stati Uniti e i paesi europei, muovendo i primi passi verso accordi, parziali, cioè limitati al numero dei paesi firmatari. Nel corso degli anni, questo tipo di accordi si è rivelato il più efficace e attuabile proprio perché rivolto a un problema specifico e ad un numero limitato di paesi.

**WCED-RAPPORTO BRUNTLAND**

- Nascita, nel 1983, della Commissione per lo Sviluppo e l'Ambiente (WCED, World Commission on Environment and Development), prima iniziativa rilevante espressa dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite. Questa commissione, quattro anni più tardi, durante la 42ª sessione plenaria delle Nazioni Unite elabora ed esprime in maniera esplicita il concetto di sviluppo sostenibile. In questa sede venne prodotto il cosiddetto "Rapporto Brundtland", "Our Common Future" (Il nostro futuro comune), che conteneva tra l'altro il concetto di sviluppo sostenibile legato alla garanzia di soddisfacimento dei bisogni attuali senza compromettere la possibilità alle generazioni future di far fronte ai loro.

**LA CONFERENZA DI TORONTO**

- *La Conferenza di Toronto, nel 1988*, rappresenta il primo vero passo per impegni politici precisi soprattutto in tema di cambiamenti climatici: riduzione delle emissioni di anidride carbonica in misura del 20% rispetto a quelle del 1988 e miglioramento dell'efficienza energetica nella misura del 10% entro il 2005.

**LA CONFERENZA DI RIO DE JANEIRO**

- La Conferenza di Rio de Janeiro, svoltasi dal 3 al 14 giugno 1992, è la prima, complessa, conferenza internazionale su temi ambientali. Il nome ufficiale della Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED, United Nations Conference on Environment and

Development) ne esprime in modo sintetico gli obiettivi.[11] Durante la conferenza sono state redatte anche due Convenzioni, una sul cambiamento climatico e l'altra sulla biodiversità, ma l'obiettivo di Rio era quello giungere alla firma di una Carta della Terra, un documento che ponesse le fondamenta per un diritto internazionale dell'ambiente e quindi di individuare qualche forma di obbligo e sanzioni. Quest'obiettivo non è stato raggiunto e i documenti contenuti nella Dichiarazione di Rio hanno una valenza prettamente politica priva di aspetti giuridicamente vincolanti. A Rio, oltre alla Dichiarazione ed alle Convenzioni, è stato firmato un altro documento, l'Agenda 21 che rappresenta un vero e proprio programma di azione per lo sviluppo sostenibile da adottare durante il XXI secolo.[12]

**IL PROTOCOLLO DI KYOTO**

- *Il protocollo di Kyoto, 1997*, assieme alla convenzione sul cambiamento climatico di Rio de Janeiro è di capitale importanza per il controllo dei gas serra. Con questo protocollo, i paesi maggiormente industrializzati e quelli dalle economie in transizione hanno fissato un obiettivo medio di riduzione delle emissioni di circa il 5% rispetto al 1990. La maggior parte dei paesi dell'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) ha accettato la sfida di Kyoto, ma, nel 2001, gli Stati Uniti in alternativa hanno redatto un documento che è stato giudicato, dalla gran parte degli osservatori, troppo debole.

**JOANNESBURG WSSD**

- Il Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile (WSSD, World Summit on Sustainable Development), 26 agosto – 4 settembre 2002, svoltosi a Joannesburg, viene organizzato, su invito delle Nazioni Unite e con la presenza dei capi di governo della Terra, in relazione al fatto della constata difficoltà di realizzazione dei programmi internazionali sui temi ambientali e di avviamento di un effettivo processo di sviluppo sostenibile. A Johannesburg si è dovuto constatare che, a dieci anni da Rio, la gran parte dei parametri ambientali è peggiorata mentre sono aumentate ancora le disuguaglianze economiche nel mondo. Sebbene le tematiche ambientali siano rimaste al centro dell'attenzione del vertice, durante gli incontri è emerso che alla base dei problemi concernenti lo sviluppo globale vi è

[11] La conferenza testimonia che in maniera ufficiale il mondo ha preso coscienza del rapporto che lega l'ambiente all'economia. In tale prospettiva ogni attività dell'uomo, non solo economica, dipende dalla qualità delle interrelazioni tra società e natura e la crescita economica non basta a uno sviluppo reale per migliorare la qualità della vita. Il primo documento della conferenza è la Dichiarazione di Rio, che comprende un preambolo e 27 principi, dove si danno indicazioni volte a promuovere un più sano rapporto tra uomo e ambiente. Ne consegue la necessità che le attività umane si attengano ad un modello di sviluppo che sostenga il loro progresso nell'intero pianeta, anche per un futuro lontano.

[12] La realizzazione di questo programma si basa sulla consapevolezza che solo l'impegno delle comunità locali (Comuni, Province, Regioni) può portare ad un suo effettivo svolgimento. Il programma Agenda 21, sottoscritto da 170 paesi, analizza le problematiche ambientali in rapporto all'economia, alla società e alla cultura. Indica le linee direttrici per uno sviluppo sostenibile affrontando, oltre tematiche specifiche (foreste, oceani, clima, deserti, aree montane), anche quelle generali (demografia, povertà fame, risorse idriche, urbanizzazione) ed intersettoriali (trasferimenti di tecnologie), al fine di realizzare strategie e misure atte a invertire l'attuale trend di degrado ambientale e a promuovere uno sviluppo sostenibile per tutti gli stati.

soprattutto il crescente divario tra paesi ricchi e paesi poveri. Rispetto a Rio, il Summit di Johannesburg si è così trasformato da un "summit sull'ambiente" in una piattaforma per i processi di sviluppo sostenibile, dove la crescita sostenibile è stata strettamente collegata a programmi per la riduzione della povertà. Nonostante le difficoltà, il vertice ha però mostrato un rinnovato impegno politico verso uno sviluppo sostenibile a livello globale e ha deciso di mobilitare azioni a tutti i livelli, favorendo "partnership" (legami) tra Paesi sviluppati e in via di sviluppo, istituzioni internazionali, ONG (organizzazioni non governative) e settore privato.

**CONFERENZA MONDIALE SUL CLIMA COPENHAGEN, 2009**

Nel corso degli ultimi anni, le iniziative internazionali non sono cessate e ne sono state organizzate delle più svariate fino ad arrivare alla Conferenza Mondiale sul Clima di Copenhagen, nel dicembre 2009, che però non ha portato risultati concreti a causa di veti e ostruzionismi incrociati tra i maggior Paesi industrializzati (USA e Russia in particolare) e le Nazioni emergenti ( Cina e India soprattutto). Solo nel corso del 2010 si sono registrati dei segnali positivi, da un lato la nuova amministrazione Statunitense ha adottato dei provvedimenti legislativi che impongono riduzioni delle emissioni dei gas serra del 17% entro il 2020 e dell'83% entro il 2050 e inoltre sono stati stanziati fondi par a 600M di dollari per l'introduzione di tecnologie capaci di sfruttare le fonti energetiche rinnovabili e limitare l'impiego di combustibili fossili, dall'altro lato, nei paesi Emergenti come la Cina si è avviata una campagna governativa per la ricerca e l'innovazione tecnologica rivolta alle fonti energetiche rinnovabile e a basso impatto ambientale.[13]

Alla luce di quanto esposto è possibile affermare che l'evoluzione programmatica e normativa internazionale relativa ai problemi ambientali delinea le principali fasi di sviluppo, attuazione e integrazione di politiche di sostenibilità ambientale a vari livelli di governo. Gli accordi internazionali e le convenzioni europee costituiscono la base di riferimento per tutti i livelli di governo, pubblici e privati, nella realizzazione di linee programmatiche che devono orientarsi verso l'obiettivo di uno sviluppo sostenibile. Gli accordi internazionali non sono sempre in grado di imporre l'applicazione delle norme giuridiche nei singoli paesi e all'evoluzione delle politiche ambientali globali non sempre è corrisposta una loro adeguata attuazione a livello locale. La cooperazione tra i paesi e le comuni politiche di impegno nazionale, restano, in effetti, i principali strumenti politici per la tutela ambientale e la realizzazione di uno sviluppo sostenibile.

**DEFINIZIONE DI SVILUPPO SOSTENIBILE**

Per sviluppo sostenibile si intende "*far sì che esso soddisfi i bisogni dell'attuale generazione senza compromettere la capacità di quelle future di rispondere alle loro". "Lo sviluppo sostenibile, lungi dall'essere una definitiva condizione di armonia, è piuttosto un processo di cambiamento*

[13] G. Sciuto, *Modelli progettuali per la sostenibilità edilizia*, Roma 2010, p.23

*tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti con i bisogni futuri oltre che con gli attuali*" [14]. Tuttavia, se da un lato "*lo sviluppo sostenibile impone di soddisfare i bisogni fondamentali di tutti e di estendere a tutti la possibilità di attuare le proprie aspirazioni a una vita migliore*" [15], dall'altro nella proposta persiste una ottimistica (per alcuni critici eccessiva) fiducia nella tecnologia che porterà ad una nuova era di "*crescita economica*": "*Il concetto di sviluppo sostenibile comporta limiti, ma non assoluti, bensì imposti dall'attuale stato della tecnologia e dell'organizzazione sociale alle risorse economiche e dalla capacità della biosfera di assorbire gli effetti delle attività umane. La tecnica e l'organizzazione sociale possono però essere gestite e migliorate allo scopo di inaugurare una nuova era di crescita economica*" [16]. Comunque sia, un aspetto merita di essere sottolineato: la centralità della "partecipazione di tutti": "*il soddisfacimento di bisogni essenziali (basic needs) esige non solo una nuova era di crescita economica per nazioni in cui la maggioranza degli abitanti sono poveri, ma anche la garanzia che tali poveri abbiamo la loro giusta parte delle risorse necessarie a sostenere tale crescita. Una siffatta equità dovrebbe essere coadiuvata sia da sistemi politici che assicurino l'effettiva partecipazione dei cittadini nel processo decisionale, sia da una maggiore democrazia a livello delle scelte internazionali"* [17]. Secondo il rapporto Brundtland i paesi affluenti dovranno adottare degli stili di vita "compatibili con le risorse ecologiche del pianeta", mentre i Paesi in Via di Sviluppo dovranno mantenere la crescita della popolazione e dell'economia in armonia con il potenziale produttivo dell'ecosistema terrestre. Per contrastare la tendenza all'aumento della pressione sull'ambiente naturale e sulle risorse (energia, minerali) dovuta alla crescita, il rapporto punta sullo sviluppo di attività agricole e forestali compatibili, sulla riduzione dell'intensità nell'uso dei materiali e dell'energia nei processi produttivi.

**BASIC NEEDS**

**I LIMITI DELLO SVILUPPO**

I limiti dello sviluppo, imposti dalla concezione sostenibile, nascono dall'esigenza di adottare stili di vita *"compatibili con le risorse ecologiche del pianeta"*. Il modello di crescita attuale, caratterizzato da grandi sprechi di risorse, disuguaglianze, ingiustizie sociali, inquinamento ambientale ed ecologico, è l'esplicitazione della supremazia economica sull'uomo, è l'espressione di tutte quelle forze economiche che rappresentano il capitale mondiale, avente come riferimento la liberalizzazione selvaggia. La risposta

[14] E. Scandurra, *L'ambiente dell'uomo,* Milano, 1995, p. 108
[15] E. Scandurra, *op. cit.* p.108
[16] Note sul Rapporto Brundtland, in ANPA, *Linee guida per le agende 21 locali,* s.l., 2000, p.45
[17] *Ibidem*

sperata, ed efficace, ad un tale modello di sviluppo può essere quella della cultura della sostenibilità.

*"Lo sviluppo sostenibile può essere inteso come l'assunzione di una nuova etica sociale"* [18], capace di introdurre una riflessione sulla morale che imprima una svolta ai modelli di sviluppo finora praticati, ponendo al centro del processo l'uomo e il suo contesto sociale e naturale. Questo nuovo rapporto dell'uomo con l'ambiente, deve essere imperniato sulla valorizzazione dei rapporti comunitari, sulla condivisione del processo di sviluppo con tutte le specie viventi e l'ambiente, sulla collaborazione attiva per uno sviluppo solidale nelle variabili spazio temporali.

L'assunzione di questa nuova etica sociale porta alla sostituzione di tutta una serie di modelli economici, produttivi, sociali, culturali: *locale contro globale, piccolo contro grande, progresso contro crescita, qualità contro quantità, sufficienza contro spreco, lentezza contro velocità, contemplazione contro frenesia, buon senso contro mode di pensiero, risparmio contro consumo, riuso contro nuovo, cooperazione contro competizione.*[19]

L'esigenza verso questi cambiamenti e l'acquisizione di una coscienza etica verso la sostenibilità, è determinata dall'urgenza delle questioni ambientali. Il continuo degradarsi dell'ecosistema a causa di politiche scellerate che non hanno internalizzato la variabile ecologica nei processi di crescita, ha portato ad una modificazione tale delle condizioni ambientali da minare le condizioni della stessa vita umana.

Gli ostacoli principali all'affermazione della questione ambientale come variabile nel processo di sviluppo sono, come scrive Scandurra, la complessità e l'irriducibilità della questione ambientale e l'organizzazione per sottosistemi chiusi della società. Il primo, degli ostacoli, la complessità e la irriducibilità della questione ambientale, risiede nella caratteristica di irriducibilità strutturale dei fenomeni che riguardano l'ambiente, nella loro irreversibilità e non-linearità dei processi biologici ed ecologici, e nella mancata conoscenza dei fenomeni di retroazione (feedback) dovuti agli interventi sull'equilibrio ambientale. Il tutto si può tradurre in una scarsa conoscenza delle leggi naturali che regolano i sistemi complessi biologici, in una fase come quella contemporanea che ha abbandonato le leggi di Newton. Il secondo, ma non meno importante aspetto limitativo della diffusione delle nuova cultura etica sulla sostenibilità è dovuto al carattere organizzativo della società. Questa infatti è strutturata secondo sottoinsiemi funzionali per compartimenti scientifici, che dialogano poco tra di loro, e quindi ciascuno di essi diventa da solo incapace di fornire una risposta

**COMPLESSITA' E IRRIDUCIBILITA' DELLA QUESTIONE AMBIENTALE**

**LIMITI DELL'ORGANIZZAZIONE SOCIALE**

[18] E. Scandurra, *Op. Cit.* ,p. 241
[19] *Ibidem*

adeguata alle condizioni di sempre maggiore squilibrio tra sistema e ambiente.

Lo sviluppo dell'ecologia, tuttavia, intesa come scienza interdisciplinare capace di contaminare tutti gli ambiti della ricerca scientifica, nello studio sui sistemi complessi, qual è il nostro pianeta, rappresenta un punto di partenza per la costruzione di un nuovo sapere inter-transdisciplinare, capace di contribuire all'abbandono del primato dell'economico sul sociale, all'affermazione di un linguaggio comune dei concetti, ad un'esplorazione alla ricerca di eventuali idee essenziali come elementi costitutivi di forme più complesse di pensiero, all'abbandono delle competizioni e dell'egemonia disciplinare.[20]

**RIFONDAZIONE DEI PROCESSI EDUCATIVI E INFORMATIVI**

La sfida verso uno sviluppo sostenibile, richiede una azione radicale che passa attraverso la rifondazione dei processi educativi e informativi, riconsiderandoli processi di nutrizione, di allevamento, di coltivazione, ovvero processi che siano attenti alle condizioni della crescita, che abbiano alla base, l'affermazione dei valori dei diritti dell'uomo e dell'ambiente.[21]

Oggi la ricchezza della complessità di motivazioni umane che ha generato l'architettura è stata pressoché annullata dal profitto come unico fine. L'edificare è perseguito esclusivamente per il guadagno che offre. Le nuove costruzioni sono considerate poco più di un prodotto finanziario, poco più di una voce di bilancio. La ricerca del massimo guadagno determina la loro forma, qualità e prestazione. "*Alla nostra economia "dell'ultimo rigo", il cui scopo, descritto in modo sorprendente da Lord Hanson, imprenditore dell'epoca Thacheriana, è di prendersi oggi il denaro di domani, non interessa minimamente investire in tecnologie ecologiche che rendano solo a lungo termine*"[22]. E' una filosofia che prelude ad un futuro triste ed è agli antipodi del pensiero sostenibile perché soprassiede alle considerazioni estetiche essenziali per una valida architettura: non incoraggia gesti progettuali di respiro pubblico come, per esempio, un porticato, né dimostra interesse alcuno nell'uso di materiali durevoli, nel progettare il paesaggio intorno ad un edificio o anche solo nel piantare un albero.

[20] E. Scandurra, *Op. Cit.* p. 244
[21] *Cfr.* J. Dewey, *Democracy and Education,* New York, 1916, trad. It. Enzo Enriques Agnoletti e Paolo Paduano, *Democrazia e educazione,* Firenze, 1949, p. 13
[22] *R.Rogers, Op. cit. pag. 3/63*

## 1.3 NECESSITA' DI UNA RITROVATA CULTURA RESPONSABILE NEL FARE ARCHITETTURA

I pionieri del movimento moderno Frank Lloyd Wright, Le Corbusier; Mies van Der Rohe, Pierluigi Nervi, Alvar Aalto, Buckminster Fuller, Lubetkin, Prouvé, adottarono nuove forma architettoniche, legate per certi versi ai progressi in campo industriale, al fine di allargare il campo creativo e di conseguenza la prospettiva di progresso sociale. Oggi, l'enorme potenziale ereditato dalla diffusione di queste tecniche è impiegato esclusivamente per un solo scopo: fare soldi. Se si analizza un qualunque edificio commerciale, ad esempio risulterà evidente, nelle stragrande maggioranza dei casi, la sua apparenza rozza e mal rifinita. "*Dopo più di un secolo di perfezionamenti gli edifici in calcestruzzo o in acciaio non sono mai stati di così basso costo né di così bassa qualità*"[23].

Queste strutture, aride, come uscite da un catalogo, standardizzate, non hanno nessun rapporto con il luogo o gli abitanti. I progettisti vengono scelti in funzione dell'onorario più basso piuttosto che per la qualità del lavoro. Alla professione si chiede di fornire la più grande superficie coperta possibile con il minore onorario possibile nel minor tempo possibile e di rivestirne i prospetti con facciate pronte per l'uso di uno stile o di un altro. Questi edifici diventano, inevitabilmente, strutture divoratrici di risorse energetiche, consumandone circa il 50% della produzione annuale.

**I LUOGHI DELL'ARCHITETTURA**

Gli edifici però non possono essere considerati esclusivamente come una merce, come una funzione matematica la cui unica variabile è quella economica. Sono gli ambienti della nostra vita, i luoghi di formazione della cultura di una comunità, gli spazi destinati alla convalescenza e alla contemplazione spirituale, sono gli ambiti di relazione tra gli individui e tra essi e l'ambiente circostante. "*L'architettura è quindi una espressione formale a cui siamo continuamente esposti. Essa esalta o ostacola le nostre vite creando l'ambiente in cui si verificano le esperienze giornaliere, siano esse ordinarie o particolari. Non sorprende quindi che l'architettura sia controversa, né che sia una forma d'arte che è in grado di sollecitare le più ampie e appassionate critiche da parte del pubblico.*"[24] L'architettura svolge quindi un ruolo importante nel trascorrere delle nostre vite ed esige, di conseguenza, una vigilanza eccezionale da parte del cittadino e impone che la società sia formata, informata ed esigente sugli standard qualitativi.

"*I luoghi dell'architettura sono avamposti contro l'imbarbarimento*"[25], perché la bellezza degli spazi progettati con responsabilità influisce positivamente sulla crescita culturale degli individui.[26]

[23] *R. Rogers, Op. cit. pag. 3/64*
[24] *Ibidem, pag. 3/64*
[25] *R. Piano, Elenco del Fare Architettura in Vieni via con me,* programma Rai3, 21.11.2010.

La richiesta che l'architettura, oggi, contribuisca allo sviluppo sostenibile, sia ambientale che sociale, impone ai progettisti responsabilità che vanno ben oltre i limiti di un programma autonomo. Il prestigio ed il potere della maggior parte dei professionisti hanno subìto un netto declino sotto la spinta delle pressioni commerciali. La necessità di una architettura sostenibile deve stimolare i progettisti verso la creazione di nuovi equilibri (est)etici che siano in grado di soddisfare le esigenze di conservazione ambientale

Gli edifici dovrebbero essere concepiti come elementi della città capaci di integrare la società e la natura. Il progresso tecnologico raggiunto nel campo delle costruzioni, consente una tale varietà di scelte formali che i moderni edifici possono essere realizzati sia per rispondere agli usi mutevoli degli utenti sia per preservare le risorse energetiche, con il contenimento dei consumi e la riduzione delle emissioni inquinanti. Pensando alle necessità odierne e valutando i bisogni di una società che muta con un ritmo sempre più accelerato, gli edifici, nell'arco della loro vita possono, anzi devono, cambiare la propria destinazione d'uso, anche più volte: ciò che oggi è un centro finanziario, potrà e dovrà ospitare uffici tra qualche anno e una università tra dieci. Quindi il primo passo verso un architettura che vuole essere sostenibile è pensare e realizzare edifici che si possono modificare facilmente, essi avranno sicuramente una vita più lunga e rappresentano un uso più efficiente delle risorse.

Nuove idee richiedono nuove forme e ciò è applicabile sia agli edifici che ci servono nelle nostre esigenze quotidiane, sia alle istituzioni, case, uffici, università, scuole, ospedali o musei. Edifici non flessibili ostacolano l'evoluzione della società perché ostacolano le idee nuove. "*Progettare edifici che incorporino tecnologie sostenibili riducendo l'inquinamento ed i costi di gestione è una sfida per i progettisti. Tre quarti dell'energia giornaliera negli edifici è usata in egual misura per l'illuminazione artificiale, il riscaldamento e l'aria condizionata; ma sono tutte funzioni in via di trasformazione a causa di nuove tecnologie e metodi in grado di ridurre radicalmente i costi di gestione e l'inquinamento prodotto dagli edifici*".[27]

La progettazione contemporanea, supportata dalle tecnologie informatiche ha "liberato" le forme della composizione architettonica verso dimensioni linguistiche fino a qualche anno fa impensabili. Contemporaneamente diventa prioritario l'impegno etico verso una progettazione che sfrutti le nuove tecnologie e modifichi le esigenze anche per diminuire in maniera considerevole il consumo energetico di un edificio; riducendo del 50% l'energia consumata dagli edifici si abbatte di un quarto il consumo di energia globale. Gli accorgimenti sono svariati ma tutti si

[26] *Cfr. Ibidem*
[27] *R. Rogers, Op.cit. pag. 3/84*

basano sui fondamenti del ciclo naturale regolato dai comportamenti climatici associato alla scelta di materiali naturali a basso carico energetico.

MICROCLIMA INTERNO

*Microclima interno*. In casa e nei vecchi edifici, ad esempio, tolleriamo volentieri le variazioni di temperatura stagionale. Se questo principio venisse adottato anche negli uffici, che invece tendono a fare mantenere la temperatura costante in tutto l'anno sui 20°, l'edificio potrebbe essere aperto all'ambiente esterno e la sua dipendenza dall'aria condizionata essere grandemente ridotta, ristretta solo alle settimane di grande freddo e grande caldo, con un conseguente risparmio del consumo energetico, pur mantenendo l'ambiente interno sotto controllo.

FUNZIONE BIOCLIMATICA DELLE PIANTE

*Recupero della funzione bioclimatica delle piante*. Un qualsiasi albero, assorbe anidride carbonica, emette ossigeno, traspira 380 litri d'acqua al giorno e purifica l'aria nelle sue vicinanze. In estate gli alberi forniscono ombra, riducono l'accumulazione del calore del sole e il suo riverbero negli edifici. Gli alberi, l'acqua, gli arbusti e le piante creano un paesaggio capace di filtrare l'inquinamento e di umidificare l'aria rinfrescandola.

CIRCOLAZIONE DELL'ARIA

*Circolazione dell'aria*. Edifici più sottili permettono a più persone di avere finestre a portata di mano e riducono la necessità di luce artificiale. All'interno degli edifici, l'aria che entra dalle finestre può circolare senza ventilatori meccanici dando forma aerodinamica a soffitti e tetti e mettendo in comunicazione ogni piano con un grande spazio o atrio: quando la temperatura dell'aria vi aumenta "l'effetto camino" crea una corrente ascensionale che aspira l'aria viziata dai luoghi di lavoro. Al profilo del tetto può essere data una forma tale da rispondere e in alcuni casi catturare i "venti dominanti". In certi climi e condizioni questo può aumentare il naturale tiraggio dell'edificio e rendere confortevoli le condizioni ambientali, senza la necessità di condizionamento d'aria meccanico ad alto costo energetico.

ESPOSIZIONE SOLARE

*Esposizione solare*. L'orientamento di una costruzione verso il sole è cruciale per il progetto di un edificio a basso impiego energetico. Alcune porzioni dell'edificio possono essere sfruttate come accumulatori di energia termica, sfruttandone la massa. Per esempio i solai in calcestruzzo, direttamente irraggiati durante le ore diurne, accumulano calore che possono rilasciare durante le ore notturne. Questo comportamento nel periodo invernale abbatte notevolmente i costi per il riscaldamento forzato. In estate gli elementi vetrati saranno opportunamente schermati per evitare il fenomeno.

IMPIEGO DI MATERIALI NATURALI

*Impiego di materiali naturali.* La consapevolezza della esauribilità della risorse energetiche ha portato investimenti nella ricerca verso tecniche costruttive, anche legate alle tradizioni locali, basate su materiali facilmente reperibili a basso carico energetico e sull'autocostruzione. L'alta

riciclabilità dei materiali naturali, che possono essere impiegati nelle costruzioni a basso costo come la terra cruda, la paglia, il bambù, il legno insieme a materiali di recupero come copertoni usati, bottiglie di vetro e plastica, carta riciclata ecc., associata alle tecniche costruttive semplici e tradizionali capaci di sfruttare i principi della bioclimatica per i fabbisogni energetici, ci consentono di realizzare costruzioni ecologicamente consapevoli e responsabili, capaci di rispondere ed esprimere con l'artificio delle forme le forze non lineari della natura inglobandole in un nuovo legame tra architettura e natura.

"*L'architettura non deve più mettersi a confronto con la natura, ma deve rispettare le sue leggi. I progettisti devono affidarsi sempre meno a tecnologie "attive" ad alto consumo di energia e devono esplorare sempre più il mondo delle tecniche "passive" che impiegano energia rinnovabile ricavata da risorse naturali quali piante, vento, sole e acqua*."[28]

Le tecnologie informatiche, con le applicazioni nel campo della progettazione, consentono oggi di ideare edifici a basso consumo energetico analizzando con appositi programmi di calcolo tutte le caratteristiche del sito e le azione climatiche su di esso e sulle costruzioni che si intendono realizzare, consentendo anche in fase di progettazione avanzata di generare modelli che simulano il movimento dell'aria, i livelli di illuminazione e l'accumulo termico. Questo consente ai tecnici di potere intervenire raffinando ulteriormente tutte quelle caratteristiche costruttive che utilizzino l'ambiente naturale per ridurre il proprio consumo di energia. Sono in fase di sperimentazione veri e propri "sistemi nervosi" artificiali capaci di registrare le condizioni interne di un ambiente e rispondere a bisogni specifici. Esistono nuovi materiali che possono trasformarsi da altamente a scarsamente isolanti, da opachi a trasparenti, che reagiscono organicamente all'ambiente e si modificano rispondendo ai cicli diurni e stagionali.[29]

"*Il futuro è sempre più vicino, ma il suo impatto sull'architettura è solo agli inizi. Inserire i nostri edifici nel ciclo naturale restituirà l'architettura alle proprie origini*."[30]

[28] *R.Rogers, Op.cit. pag 3/87*
[29] Cfr. R.Rogers Op.cit. pag. 3/90-3/96
[30] R. Rogers Op.cit. pag. 3/97

CAPITOLO 2

# PROGETTAZIONE ECO-RESPONSABILE E SISTEMI COSTRUTTIVI A BASSO COSTO

## 2.1 ENERGIA E AMBIENTE NEL PROGETTO ARCHITETTONICO: DALL'APPROCCIO BIOCLIMATICO AL CONCETTO DI RESPONSABILITA'

GENIUSLOCI

"*Per poter abitare tra la terra e il cielo, l'uomo deve «comprendere» questi due elementi, e la loro interazione. La parola «comprendere» viene usata come un concetto esistenziale che è legata all'esperienza di significati che rendono un luogo familiare, carico di sensazioni capaci di farci sentire a casa. E' casa il luogo in cui si sa perfettamente cosa si provi a camminare su un particolare terreno, dove si ha dimestichezza con l'abbraccio caloroso del sole del meridione o con il mistero delle notti estive del Nord*".[1]

Il rapporto fra l'ambiente e l'architettura nasce e si sviluppa con il concetto stesso di civiltà. La storia degli insediamenti è ricca di modelli in cui è possibile rilevare condizioni di equilibrio tra l'uso ottimale delle risorse energetiche, le tecnologie costruttive e il rapporto con il luogo: spinto da esigenze diverse nelle differenti aree climatiche, dalla ricerca di calore in inverno o di raffrescamento in estate, per bisogno di luce o per necessità di ripararsi dalla stessa, l'uomo ha sempre operato per orientare e modellare i propri edifici in armonia con gli elementi della natura.

La cultura progettuale è sempre stata inscindibile dalla conoscenza dei problemi climatici, dei materiali e delle soluzioni tecnologiche più razionali, esprimendo, all'interno di uno stesso ambito geografico, un'architettura che si è riprodotta nei secoli con poche varianti. Le soluzioni che nel corso del tempo generazioni di costruttori, ingegneri e architetti hanno codificato in regole costruttive e ricorrenze tipologiche costituiscono una risposta ai problemi climatici in rapporto alla disponibilità dei materiali e alle tecniche costruttive, e rappresentano l'espressione di valori culturali e sociali.

[1] C. N. Schulz, Genius Loci, Milano, 1979, pag. 23

Le soluzioni delle architetture spontanee o popolari, sedimentate nel corso dei secoli, sono caratterizzate da uno stretto rapporto con gli elementi naturali del luogo e con le variazioni climatiche giornaliere e stagionali. Il fatto che tali soluzioni siano perdurate nel tempo evidenzia fondamentalmente la correttezza dei loro principi. Architetture quindi condizionate dalle specificità climatiche dei luoghi in cui sorgevano e caratterizzate da un uso attento delle risorse e delle tecnologie, capaci di ottimizzare il principio della massima efficienza con il minimo dispendio di energie; un approccio che si può definire "sostenibile" perché caratterizzato da un sistema di comportamento e sviluppo non distruttivo, bensì finalizzato a uno sfruttamento controllato delle risorse. La storia della cultura costruttiva di un luogo è la chiave di lettura per comprendere il "genius loci" anche sotto l'aspetto della risposta ai problemi energetici.

Fig 1, rito propiziatorio nel cantiere della Casa Entre Muros, Quito, Ecuador

La riscoperta delle relazioni che si possono stabilire fra gli edifici e le forze ambientali, ci deve indurre oggi a recuperare tali esperienze storiche di integrazione e relazione positiva con il luogo, affiancandole alle conoscenze e alle tecnologie moderne capaci di rendere la loro applicazione ancora più efficiente.

E' necessario adottare un modo di progettare e costruire tale da instaurare un rapporto positivo e costruttivo con i processi ambientali naturali che costituiscono un'inesauribile fonte di energia pulita ed economica e per questo sostenibile. Tale concezione dell'atto costruttivo presuppone lo studio e l'analisi dei fattori peculiari del luogo quali il

microclima, la conformazione orografica del terreno, l'esposizione solare e la direzione dei venti dominanti, nonché dei diversi elementi fisici (naturali ed artificiali) del contesto. Ogni edificio, quindi, dovrebbe garantire prestazioni non solo al fine di offrire i migliori livelli di comfort ai suoi abitanti, ma stabilire anche, così come è sempre avvenuto fin dall'antichità, relazioni positive con il contesto ambientale e l'ecosistema in cui si inserisce.

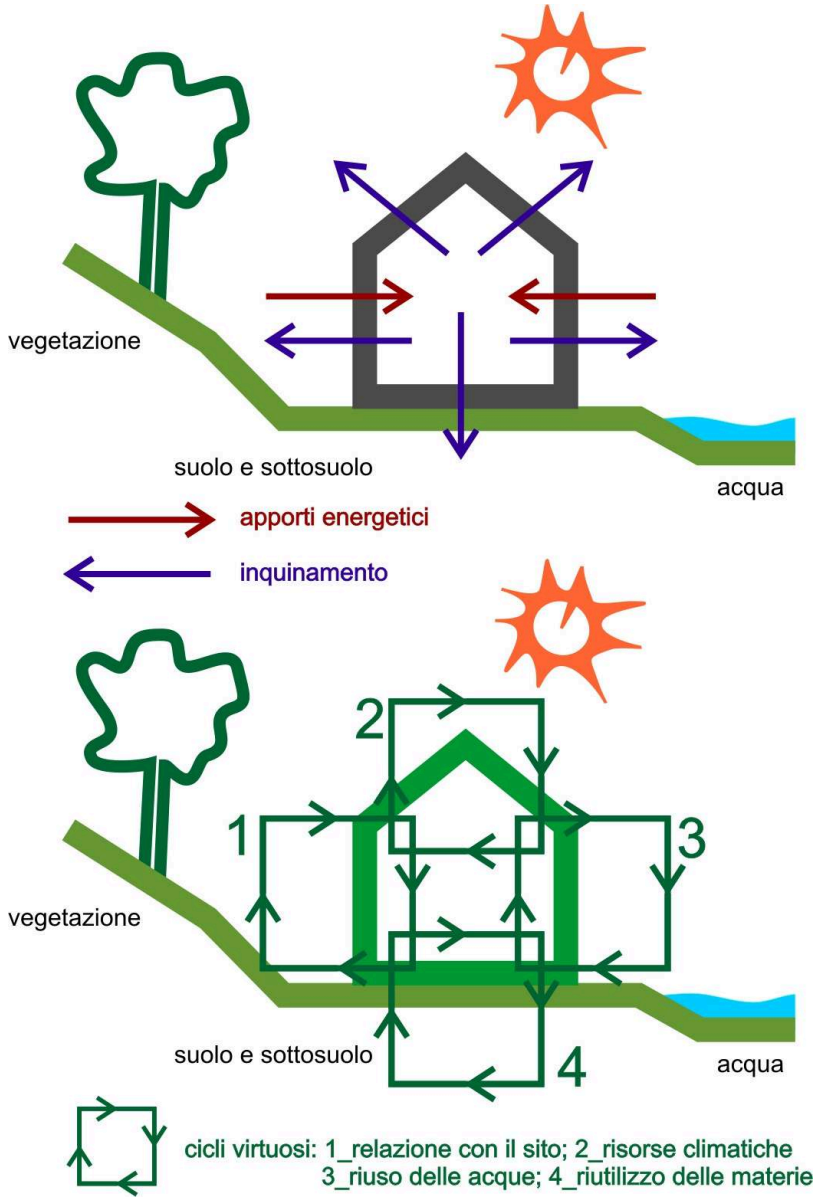



Fig. 2, a confronto: sopra l'edificio come elemento di perturbazione del contesto ambientale, sotto l'edificio concepito come un "organismo vivente" integrato nell'ecosistema ambientale.

"*L'edificio perciò non può essere più concepito come una scatola chiusa capace di comportarsi indifferentemente allo stesso modo in qualunque contesto geografico perché sostenuta da efficienti quanto costosi impianti. L'edificio, e in una visione più ampia l'intero sistema città, deve essere inteso come un organismo vivente configurato, grazie a un*

*attento progetto e a un'accurata costruzione, in maniera tale da risultare mutevole nel suo funzionamento al variare delle condizioni giornaliere e stagionali*."[2] La metodologia progettuale da adottare può quindi definirsi "bioclimatica[3]" e influisce sensibilmente sulla scelta della collocazione, dell'orientamento e della forma dell'edificio. I volumi costruiti possono essere progettati con una conformazione che discende dai caratteri del luogo, la distribuzione degli ambienti di vita sarà effettuata secondo criteri razionali legati alla relazione con le loro funzioni, ad esempio, in particolari condizioni, predisponendo quelli di servizio nelle zone nord a creare spazi di filtro e protezione dai versanti più freddi, e lasciando gli ambienti principali a sud con ampie vetrate. I materiali di cui è composto l'involucro e la struttura interna, possono funzionare, grazie alla loro massa termica, come accumulatori e riserve di calore in inverno e come mitigatori del surriscaldamento estivo.

PROGETTAZIONE BIOCLIMATICA

Diviene quindi fondamentale porre, nuovamente, estrema attenzione alla progettazione dell'oggetto edilizio che, nei suoi componenti, diventa intermediario tra le condizioni esterne, spesso estremamente mutevoli, e i bisogni relativamente stabili di un ambiente interno. "*L'involucro, ad esempio, dell'edificio bioclimatico deve essere capace di adeguamenti costanti, reagendo alle sollecitazioni esterne in modo ciclico e intermittente: deve affrontare variazioni sostanziali di temperatura, illuminazione solare, velocità dell'aria e anche far fronte a situazioni di scarsa occupazione o di sovraffollamento. L'involucro deve garantire il giusto compromesso fra possibilità di captare la radiazione solare, quando fa freddo e limitare l'accesso all'irraggiamento quando fa caldo, garantire un'elevata quantità di luce naturale all'interno, ma al contempo proteggere dai riflessi, consentire un'abbondante ventilazione naturale, ma evitare un'eccessiva perdita di calore*."[4]

INVOLUCRO

Dall'architettura bioclimatica si arriva infine a quella che gli anglosassoni definiscono "ambientalmente responsabile" ovvero che accoglie le problematiche descritte in precedenza ponendo tuttavia in maniera più consapevole e generalizzato il problema della scarsità complessiva delle risorse e introducendo la complicazione dell'inquinamento ambientale. I temi di un'architettura che possa definirsi ecologica, possono quindi raggrupparsi in una serie di filoni che necessariamente devono concorrere alla pari nella complessa azione della

PROGETTAZIONE RESPONSABILE

[2] G. Minguzzi, Op. Cit. pag. 42

[3] E' possibile far risalire il concetto di architettura bioclimatica all'opera dei fratelli Olgyay, i quali applicarono, per la prima volta negli Stai Uniti, negli anni 50 del secolo scorso la bioclimatologia (scienza che studia le connessioni tra clima e vita) alla progettazione. Il termine bioclimatica, parola composta da bios (βιοσ) e clima (κλιμα), racchiude, nel suo significato i termini vita e latitudine, ovvero la caratterizzazione delle condizioni di vita sul nostro pianeta al mutare della posizione, del luogo.

[4] G. Minguzzi, Architettura Sostenibile, pag. 42.

progettazione responsabile: comportamento energetico degli edifici e impiego di energie alternative a quelle fossili; analisi del ciclo di vita dei materiali e dei componenti; riuso e riciclo dei materiali e dei componenti; inquinamento indoor; ricerca di materiali e componenti alternativi rispetto a quelli impiegati nel passato che hanno rivelato nel tempo effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente; valutazione ecologica e economica delle fasi complesse del processo edilizio e dell'impatto che esso ha con l'ambiente.

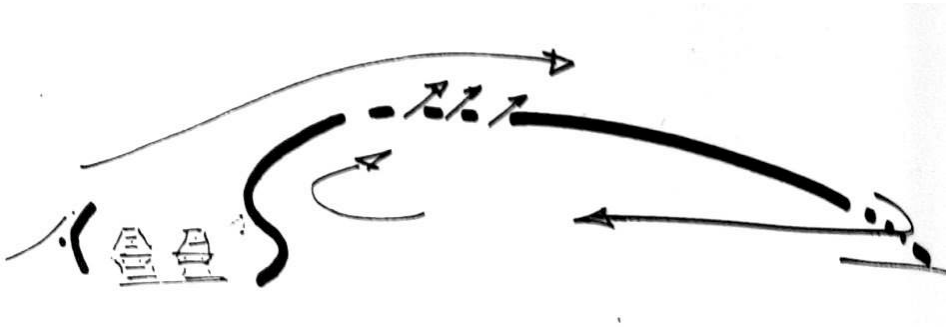


Fig.3 , R.Rogers, studi per un edificio per l'Erario a Nottingham, GB

La strada ecologica dell'architettura può essere una soluzione affinché l'atto del costruire, e quindi del modificare i luoghi naturali, possa tornare ad essere percepito dalla società, così come è stato in ogni tempo, non più come temibile atto di aggressione da parte dell'uomo sull'ambiente, bensì come una nuova alleanza tra l'abitante e la sua abitazione, momento centrale di relazione tra l'uomo e il mondo in cui vive.

## 2.2 TECNOLOGIE COSTRUTTIVE E MATERIALI A BASSO COSTO - LA CULTURA LOW TECH

Negli ultimi anni, in varie parti del mondo, molti giovani progettisti, sensibili ad una nuova espressione dell'architettura, capace di coniugare estetica, utilità, resistenza con la consapevolezza dell'esauribilità delle risorse, stanno tentando, con una sperimentazione sul campo, di progettare e realizzare edifici con un budget molto limitato.

CRISI DELLE RISORSE ENERGETICHE

Negli anni settanta del secolo scorso, in risposta alla altra crisi legata all'aumento sconsiderato del prezzo degli idrocarburi, qualche pioniere intraprese la strada delle alternative ecologiche nei settori delle costruzioni, coinvolgendo gli utenti a partecipare al progetto e alla realizzazione degli

edifici. Questa filosofia, in contestazione alla rigidità della cultura del movimento modernista, ha ispirato la realizzazione dei primi progetti a basso costo: le case popolari di Joachim Eble in Germania; il progetto di residenze "Tinngarden" del gruppo Vandkunsten, vicino a Copenaghen; le scuole e la "casa dei ragazzi" a Stoccarda di Behnish & Partner; le abitazioni a Gelsenkirchen di Peter Hubner. Nel decennio successivo, molti architetti decidono di cimentarsi con materiali più naturali: Jourda e Perrudain e Sverre Fehne realizzano residenze impiegando la terra cruda. Paolo Soleri, profeta del low-tech, sperimenta quella che lui stesso definisce una nuova forma di architettura ecologica.[5]

Oggi, con alle spalle questo fenomeno pioneristico di questa primigenia architettura povera, in una nuova fase economico-culturale che vede in regressione economica e culturale i paesi ad economia consolidata e, contemporaneamente, in crescita costante i paesi ad economia emergente che stanno prendendo coscienza delle proprie risorse culturali, compaiono nuove soluzioni progettuali dettate da un'insieme di premesse diverse rispetto al passato. Il concetto di sobrietà diventa terreno fertile e attraente per i progettisti, che coniugano capacità di ricerca e sviluppo della creatività per produrre nuove concezioni architettoniche, meno costose, più intelligenti e più accoglienti. "Questa riduzione delle risorse è il principale incentivo di un'architettura migliore che, forse, è l'avanguardia che prepara il terreno per la prossima ondata di edifici totalmente sostenibili, ecologici ed energicamente virtuosi, che probabilmente domineranno l'architettura nel prossimo futuro. Ripulendo, semplificando, inventando, usando nuovi e vecchi materiali e rifiutando le astuzie e i trucchi dell'esibizione fine a se stessa, questi edifici, spazi pubblici e giardini sono testimoni e prove di una rinnovata mentalità, di un approccio al progetto che è maturo per affrontare la costruzione di un mondo diverso."[6]

LOWCOST
LOWTECH

La cultura del low cost nasce da una esigenza: la scarsa disponibilità di mezzi. Questa esigenza può essere interpretata, in fase progettuale, come una necessità oppure come una scelta; in entrambi i casi è un terreno di sperimentazione che sfida l'incognita del budget limitato per escogitare soluzioni nuove, talvolta imprevedibili, che nascono in divenire: Anna Heringer, David Barragan e Pascual Gangotena, in una breve corrispondenza intrattenuta, in occasione di uno scambio di informazioni per il lavoro di ricerca nell'ambito del dottorato, hanno confidato che nei lavori di realizzazione sia della METI-Handmade school in Rudrapur, Bangladesh sia della HOME made-family houses Rudrapur, Vishnupur (Dinajpur district, Bangladesh), per la Heringer, che per la Casa Entre Muros, a Tumbaco, Quito in Bolivia, per Barragan e Gangotena, alcune

ANNAHERINGER

[5] Cfr. D. Gauzin-Muller, Architettura sostenibile, Milano 2003, pag.16.
[6] A. Rocca, low cost/loe tech, Schio, 2010, pag.7

scelte tecnologiche legate alla struttura resistente, ad esempio le unioni degli elementi costituenti l'orditura dei solai, da realizzarsi in travi composte di bambù,

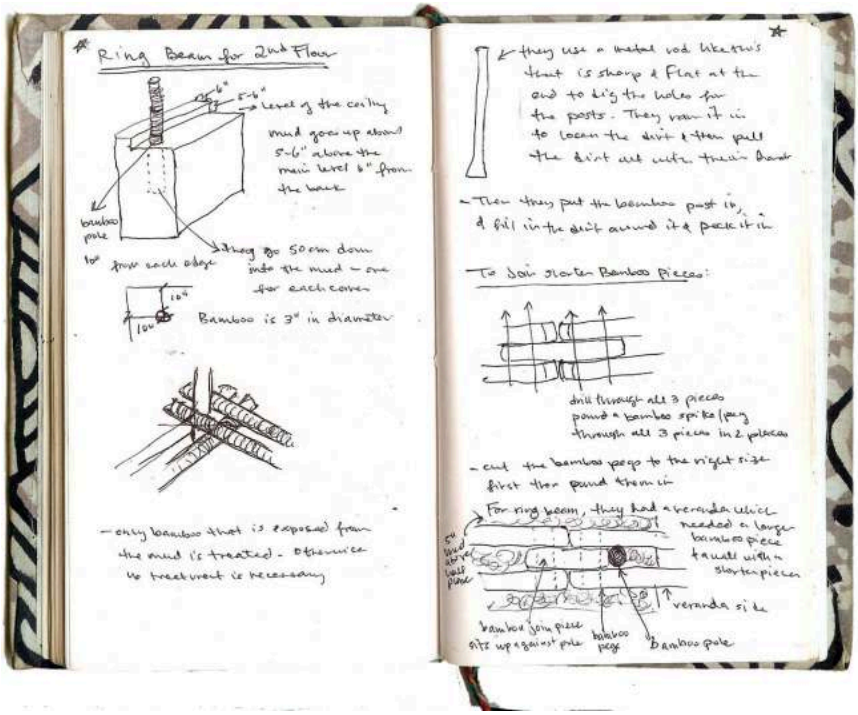



Fig.4, schizzi e appunti per la definizione dei giunti tra la muratura in terra e i telai in bambù. Cantiere in Rudrapur, Bangladesh, di Anna Heringer

Fig.5 , progettazione in sito con il metodo "*learning by doing".*
*Cantiere in Rudrapur,* Bangladesh, di Anna Heringer

sono state cambiate più volte in corso d'opera, studiando e sperimentando in situ, quasi in tempo reale, delle soluzioni più idonee in virtù della progressione e della modalità di realizzazione dei lavori.

La lezione minimalista della cultura del progetto moderno, preannunciata da Adolf Loos nel suo "Ornamento e Delitto" e percorsa dalla filosofia essenziale di Le Corbusier, che ricorre alla terra cruda, come materiale da costruzione, in un momento di grande crisi e fame di ricerca come la fine della seconda guerra mondiale, e racchiusa nell'assunto di Mies van der Rohe: Less is More, segna una linea di pensiero dell'intero novecento che ancora oggi è humus fertilissimo per una riflessione critica rivolta alla ricerca della essenzialità nell'architettura.

Nella progettazione architettonica l'eterna interazione tra forma e funzione, tra essere e apparire, tra realtà e immaginazione deve confrontarsi con le azioni quotidiane legate alle esigenze di vita. Le necessità individuali, di abitare un architettura, di sentirci protetti da essa, di sentirci a proprio agio in essa, di sentirci rappresentati da essa, come si conciliano quando le disponibilità economiche diventano scarse? Bisogna ripartire dalla scala dei pesi da attribuire alle singole necessità. La rinuncia a qualcosa che di solito è considerato necessario, nell'architettura "normale", è possibile soltanto considerando l'architettura come un mestiere artigianale, capace di produrre un oggetto "custom", su misura, che riesca a calzare a pennello come una tuta da subacqueo. Bisogna rivisitare ed attualizzare il concetto di "existenzminimum", alla luce di una nuova sensibilità basata sull'analisi della risorse locali e sulle potenzialità che queste possono apportare alla progettazione consapevole e responsabile. Alejandro Aravena, con il suo impegno nel progetto Elemental, ha percorso sicuramente questa strada, dimostrando che è possibile fare architettura senza estremismo hi-tech, con costi ridottissimi coinvolgendo i futuri abitanti delle case da realizzare in fase di progettazione e successivamente in possibili, "autonome", espansioni dell'edificato. L'iniziativa internazionale nasce in Cile per promuovere l'innovazione nell'architettura, le tecniche edilizie, l'urbanistica e lo sviluppo di una progettazione e realizzazione di alloggi a basso costo, e viene applicata per, la prima volta, nel progetto pilota di Iquique, dove sono stati realizzati 94 alloggi per altrettante famiglie con un budget di 7500 $ Usa, per alloggio, con un iter che parte da un complesso dialogo partecipativo concretizzato in un progetto base; questo verrà sottoposto, una volta ultimato, ad un continuo processo di ampliamento e modificazione delle architetture e degli spazi ad opera degli abitanti.[7]

**ALEJANDRO ARAVENA**

Grazie ai laboratori di appoggio tecnico e progettuale coordinati dagli architetti di Elemental, gli abitanti, coinvolti già in fase di progettazione, inizieranno un processo di ampliamento con una serie di interventi di completamento che vanno dall'integrazione di elementi di arredo, all'assemblaggio di frammenti di vecchie case, fino a interventi più

[7] Cfr. F. Gallanti, Elemental, Aravena, sta in Domusweb.it 15 nov. 2005

complessi di ampliamento edilizio. Aravena in una recente intervista, pubblicata sulla rivista "Y magazine", pone un importante riflessione: "dobbiamo rispondere a un processo di urbanizzazione mondiale che ha una portata, una velocità e una povertà di risorse senza precedenti nella storia dell'uomo. La migrazione verso le città è sempre stato sintomo di progresso e particolarmente per i poveri, che vi hanno trovato condizioni migliori rispetto a quelle che lasciavano in campagna, anche se può sembrare paradossale.

Fig. 6, Project Elemental-Alejandro Aravena,
prima e dopo l'intervento degli assegnatari

Il problema è quello che si ha davanti, ovvero la migrazione dalla campagna alla città nei paesi in via di sviluppo che ha un'intensità mai misurata prima. Nei prossimi vent'anni ci troveremo a dover costruire per città che crescono di un milione di unità alla settimana avendo a disposizione 10.000 $ a famiglia, e, per far fronte a questo processo, non abbiamo le conoscenze necessarie. Quindi il futuro è una sfida difficile in cui l'architettura, con il suo potere di sintesi, può avere un ruolo da protagonista".

Appare pressante l'esigenza di pensare ad una architettura capace di interpretare il contenimento dei costi, il risparmio delle materie prime, l'impiego di materiali riciclabili e riciclati, il coinvolgimento degli abitanti delle case da progettare, tutto in una nuova opportunità creativa sperimentando nuove soluzioni, avventurandosi sul terreno infido deprivato di elementi e qualità apparentemente irrinunciabili. L'architettura povera riscopre la centralità del corpo dell'essere umano, può accettare di durare di meno e forse di essere anche meno solida, ma alla fine, non può evitare il rapporto primario: il confronto con l'uomo. I corpi e i loro cicli, le loro

necessità e fragilità: il caldo e il freddo, la luce e il buio, il lavoro e il riposo, funzioni che entrano a far parte del progetto e lo alimentano trasformando una struttura in casa, in habitat commisurato alle esigenze della vita. [8]

## 2.3 PERCORSO PROGETTUALE SOSTENIBILE: ANALISI GLOBALE E MODELLI

Nella prospettiva eco-sostenibile di intervento sull'ambiente, che riguarda le strutture relazionali che legano l'uomo con il suo intorno, materiale e immateriale, è necessario oggi ricorrere ad una progettazione della condizione umana caratterizzata da una serie di principi, canoni e parametri di riferimento che propongono una prassi tecnologico-operativa non diversa da quella del passato ma con alcune differenze nel rapporto tra costruito e ambiente, tra progettazione e luogo, con una ritrovata attenzione verso l'importanza del contesto ambientale, valutandone di volta in volta aspetti, caratteri, identità.

Nel settore dell'edilizia il concetto di sostenibilità, inteso, come minimizzazione dell'impatto dell'azione dell'uomo sull'ambiente, al fine di attenuare le esigenze attuali per limitare la compromissione di quelle delle generazioni future, può essere inteso come una strategia capace di ricomporre la discrasia esistente tra la cultura della progettazione e quella della realizzazione. Il superamento di questo, che potremmo considerare, limite, è possibile con la diffusione di una conoscenza tecnico-scientifica basata sulla visione complessiva ed integrata di regole di qualità, riuso, efficienza, compatibilità, rivolte ad una progettazione, realizzazione, gestione e dismissione delle opere architettoniche consapevole. "*La progettazione deve quindi oggi affrontare la complessità del processo edilizio attraverso una visione globale delle azioni e dei singoli elementi che costituiscono un'opera architettonica, considerando le interazioni tra i vari elementi come una possibilità di gestione multipla.*"[9]

LA STRATEGIA DELLA SOSTENIBILITA'

L'approccio globale per l'elaborazione del progetto passa attraverso l'analisi delle esigenze da soddisfare, della normativa da rispettare, delle prestazioni da fornire, dalla relazione con il contesto ambientale in cui ricade l'oggetto da realizzare o da trasformare. Dai risultati di queste analisi deriveranno tutti gli input alla progettazione necessari a garantire la fattibilità tecnica ed economica dell'opera da realizzare e il soddisfacimento delle diverse esigenze di qualità edilizia. La metodologia di indagine iniziale

APPROCCIO GLOBALE ESIGENZE LOCALI

[8] Cfr. A. Rocca, op. cit., pag.16
[9] L. De Santoli, in M. Casini, Costruire l'Ambiente, Città di Castello, 2009, pag.11

si articola in una serie di fasi principali: *delimitazione del quadro programmatico,* analizzando la normativa di riferimento (barriere architettoniche, antincendio, sicurezza degli impianti, contenimento dei consumi energetici, igiene e salute, sicurezza nei cantieri, norme tecniche), gli aspetti finanziari, i vincoli a cui è sottoposto il bene da trasformare ecc; *caratterizzazione del quadro di riferimento esigenziale,* con l'analisi delle esigenze dell'utenza (salute e sicurezza, igiene e benessere, gestione, fruibilità, uso razionale delle risorse), delle esigenze della committenza (economicità di gestione, durabilità e manutenzione) e delle esigenze della collettività (salvaguardia dell'ambiente, riduzione degli sprechi, opportunità economico-produttive); *definizione del quadro di riferimento progettuale,* di solito legato al livello prestazionale che vogliamo (o dobbiamo) raggiungere; *individuazione del quadro di riferimento ambientale,* con un attento esame preliminare del contesto ambientale con cui dovrà interagire durante il suo intero ciclo di vita. In dettaglio l'analisi metodologica, riferita a questo ultimo punto, si articola in un insieme di fasi che possono raggrupparsi come segue: *analisi del territorio,* con l'esame dell'uso del suolo, dell'ambito paesaggistico storico e culturale, della morfologia, dell'assetto vegetazionale, dell'assetto geologico, idrologico e idrogeologico, dell'inquinamento ambientale locale e della radioattività; *analisi dei parametri meteo climatici,* con l'esame del clima e microclima, soleggiamento e illuminazione naturale, con la disponibilità di fonti energetiche rinnovabili; *analisi della qualità ambientale,* con l'esame del clima acustico, dei campi elettromagnetici e della qualità dell'aria. Particolare attenzione dovrà essere riposta nella scelta della scala di indagine, delle diverse analisi da effettuare, e del conseguente livello di approfondimento necessario per la caratterizzazione dei diversi aspetti, con la conseguente definizione chiara dell'obiettivo da perseguire e ad esso rapportare la raccolta e l'elaborazione dei dati.[10]

DELIMITAZIONE DEL QUADRO PROGRAMMATICO

CARATTERIZZAZIONE DEL QUADRO DI RIFERIMENTO ESIGENZIALE

DEFINIZIONE DEL QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

INDIVIDUAZIONE DEL QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

ANALISI DEL TERRITORIO

ANALISI DEI PARAMETRI METEOCLIMATICI

ANALISI DELLA QUALITA' AMBIENTALE

La scelta delle soluzioni progettuali deriva dalla sommatoria ragionata delle analisi effettuate nelle fasi preliminari, dove gli aspetti estetici, tecnici, economici e sociali devono mettersi in relazione con le esigenze ambientali. La fase progettuale deve necessariamente essere caratterizzata da una continua verifica in itinere delle scelte, a varie scale di intervento, considerando l'intero ciclo di vita dell'oggetto architettonico da realizzarsi in relazione agli obiettivi prefissati. Obiettivo che dovrebbe avere come scopo principale quello del mantenimento o del miglioramento della qualità della vita degli utenti finali in armonia con il clima, la cultura, le tradizioni e l'ambiente locale, con l'impiego razionale di energie, risorse, materiali, prevedendo l'impiego di fonti rinnovabili e materiali di derivazione

[10] *Cfr*, M. Casini, Costruire l'ambiente, Città di Castello, 2009, pag 54

naturale, con basso impatto energetico di produzione e provenienti da cicli di recupero e riciclaggio.

Le soluzioni progettuali che portano alla definizione di un oggetto architettonico "sostenibile" devono essere caratterizzate, oltre che da analisi tipologiche, morfologiche, funzionali e distributive, che permettono la fruibilità dell'edificio e la rispondenza alle prestazioni esigenziali attese, da implicazioni tecniche e tecnologiche capaci di abbattere le emissioni inquinanti, ridurre gli sprechi e razionalizzare l'impiego di energia. Il percorso progettuale sostenibile è caratterizzato, quindi, da una serie di scelte dettate dall'applicazione dei principi su cui è basata l'architettura bioclimatica:

**a. Il rapporto con il luogo, il clima e il territorio.**

La progettazione consapevole tende a mitigare gli impatti sull'ambiente fino a determinare una relazione coerente tra il costruito e il sito d'intervento, al fine di sfruttare al meglio le risorse energetiche naturali. La conoscenza completa del clima locale, e quindi del sito sul quale costruire, è di fondamentale importanza per avviare un percorso ideativo sensibile alle tematiche ambientali. Nell'ambito dello studio del sito e del suo contesto,un momento fondamentale è rappresentato dallo studio del territorio che interagirà con il costruito per tutta la sua durata. Questa analisi conoscitiva comprende lo studio dell'uso del suolo, della sua morfologia, della caratterizzazione del paesaggio, degli assetti vegetazionali, dei lineamenti geologici e idrologici, dello stato di inquinamento del suolo. Una corretta analisi di questi fattori caratterizzanti il sito di progettazione consente di valutare l'apporto energetico dovuto alla radiazione solare e ai venti, oltre a tutti i dati bioclimatici in grado di condizionare le scelte localizzative.[11] "*Lo studio della morfologia costituisce un passaggio fondamentale per la caratterizzazione del sito e per una corretta localizzazione dell'organismo edilizio da realizzare. L'analisi comprende lo studio dei pendii, della orografia e della topografia dell'area, nonché degli eventuali corpi idrici presenti*"[12]. La caratterizzazione del suolo e della sua conformazione, insieme allo studio sulla possibilità di ricorso alla vegetazione ai fini della regolazione del microclima, rappresentano analisi essenziali rivolte alla garanzia di mantenimento della massima permeabilità del suolo per un corretto ciclo naturale delle acque.

**b. La forma e l'orientamento degli edifici.**

La progettazione è stata sempre una espressione della mediazione tra forma, funzione ed efficienza al fine di conseguire elevati standard di

[11] *Cfr*, M. Bertagnin, Bioedilizia, Padova, 1996, pag. 215 e segg.
[12] M. Casini, op. cit., pag. 61

qualità edilizia, nella più moderna accezione di qualità delle funzioni e degli spazi, grazie al progresso tecnologico, ad una ritrovata sensibilità verso le tematiche ambientali, ad una nuova attenzione rivolta alla manutenzione e dismissione. La scelta della forma costituisce un passaggio fondamentale ai fini della qualità edilizia dell'opera da realizzare in termini di benessere, efficienza e competitività economica.[13] Non esiste una forma predeterminata, in grado di soddisfare tutte le esigenze a tutte le latitudini, capace di ottimizzare sempre le prestazioni: la forma ideale è funzione del luogo dove l'oggetto architettonico deve essere realizzato. Trovata una forma che riesca a rispondere ai requisiti richiesti, le sue dimensioni e il suo orientamento costituiscono variabili determinanti per l'ottenimento delle prestazioni ideali. Dalla scelta dell'orientamento, che dipende da fattori quali la topografia locale, le vedute, la radiazione solare, l'intensità luminosa, la direzione dei venti, gli schermi di ombreggiamento, la qualità dell'aria, ecc. discende la capacità dell'organismo edilizio di fornire determinate prestazioni con il contributo o meno di apporti naturali.

**c. L'involucro edilizio.**

Come descritto da K.E. Lotz nel suo saggio, *La casa bioecologica*,[14] scritto nel 1991, l'involucro edilizio rappresenta la nostra *terza pelle,* dopo il tessuto cutaneo e gli abiti che indossiamo è l'abitazione, con i suoi elementi tecnologici di separazione, che svolge una funzione protettiva, fronteggiando tutta una serie di agenti esterni altrimenti responsabili di danni irreversibili all'organismo umano, e assicurando al contempo benessere e salubrità all'interno degli ambienti delle abitazioni. Immaginando l'edificio come un organismo vivente, attraverso l'involucro avviene un vero e proprio metabolismo, come in un sistema, più o meno complicato, più o meno naturale, più o meno tecnologico, di barriere e filtri, capace di regolare e in alcuni casi di convertire flussi di calore, radiazioni solari, aria, vapore, calore e altre espressioni energetiche al fine di rendere confortevole l'ambiente da esso confinato. Anche in questo caso, così come descritto per la forma, non esiste un involucro predeterminato, ma una serie di soluzioni tecnologiche, di varia natura (high e low tech), che possono essere utilizzate in modo appropriato a seconda del tipo di utenza, del contesto, della struttura. "*La caratteristica fondamentale dell'involucro deve essere quella di possedere una anisotropia dinamica, per offrire soluzioni tecnologiche differenziate, in relazione alle diverse esposizioni, che possono garantire una regolazione continua dell'insieme dei flussi ambientali*".[15]

[13] Cfr. M.Casini, op. cit., pag. 120
[14] Cfr. K.E. Lotz, La casa bioecologica, Firenze, 1991 sta in M. Bertagnin, Bioedilizia, Padova, 1996, pag 101.
[15] M. Casini, op. cit. pag 141

**d. I materiali.**

I materiali utilizzati nella produzione edilizia influiscono sull'ambiente che li accoglie. L'estrazione, la trasformazione, il trasporto, la messa in opera e la dismissione implicano un consumo di materia ed energia e un rilascio nell'ambiente di sostanze inquinanti e rifiuti che incidono sul progressivo processo di esaurimento delle risorse esistenti sul pianeta. Dai materiali che vengono scelti per il loro impiego dipendono anche le caratteristiche prestazionali dell'edificio durante l'arco della sua vita, in termini di prestazioni energetiche, rilascio di inquinanti indoor, di confort termico e acustico, di consumi energetici, di sicurezza, di durabilità e manutenzione. Dai materiali dipenderanno infine anche i costi globali del ciclo di vita dell'edificio, e quindi l'impatto che questo avrà al termine del suo utilizzo, legato, quest'ultimo alla possibilità o meno di recuperare i materiali utilizzati, riciclarli o smaltirli in sicurezza a costi relativamente contenuti. La scelta dei materiali è quindi una operazione complessa che comporta analisi legate a fattori tecnico-estetici, economici e ambientali-energetici. Individuati i materiali dotati delle caratteristiche tecniche ed estetiche richieste dovrà essere verificata la disponibilità sul mercato locale, al fine di ridurre i costi di approvvigionamento. Infine sarà necessario valutare anche i costi ambientali (LCA) ed economici (LCC) dell'intero ciclo di vita. Se la produzione edilizia dell'ultimo secolo si è qualificata come grande consumatrice di materie prime e di energia, per contro molti dei materiali naturali usati tradizionalmente come argilla, calce, gesso e pietra sono tuttora abbondanti e il legname, mediante una gestione equilibrata dello sfruttamento forestale, può fornire importanti contributi a un ripensamento in chiave ecologica del costruire.

**e. Gli impianti tecnici.**

La progettazione degli impianti tecnici rappresenta una fase del processo edilizio caratterizzata da una continua interazione con la progettazione architettonica. Questo processo progettuale deve seguire di pari passo il progetto architettonico, dal suo concepimento e dalla stesure del quadro esigenziale della committenza confrontato con i vincoli e le risorse. Il ruolo degli impianti tecnici, all'interno del complesso sistema edilizio, è divenuto nel tempo sempre più preponderante con la presenza di sistemi sempre più complessi capaci di far fronte ad esigenze ormai lontane da quelle considerate minime. Impianti così articolati incidono notevolmente sul costo complessivo di realizzazione, superando talvolta anche il 50 % del costo totale. La valutazione della più idonea scelta

tecnologica ed impiantistica per il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio che si intende realizzare deve tenere conto di alcuni aspetti, principali: il risparmio di energia primaria conseguito con la soluzione proposta, ovvero il risparmio annuo di energia di origine fossile, espresso in tonnellate equivalenti di petrolio, che l'opera proposta è in grado di conseguire rispetto ad un sistema di produzione energetica di tipo tradizionale che produca le medesime quantità di energia finale; la riduzione dell'impatto ambientale conseguente alle emissioni atmosferiche dirette (consumo di combustibili) e indirette (consumo di energia elettrica) con particolare riferimento alla $CO_2$ (principale gas serra proveniente da trasformazioni energetiche), oltre alla quantificazione di anidride carbonica effettivamente risparmiata all'atmosfera si può anche affiancare un altro indicatore definito come il rapporto tra le emissioni evitate attualizzate cumulate e gli investimenti attualizzati necessari per la realizzazione del progetto, esprimibile in kg di $CO_2$ per M€; la redditività economica della soluzione proposta (life cycle costing). La progettazione degli impianti tecnici si basa quindi, da un lato, sui risultati emersi in fase di analisi in merito alle esigenze da soddisfare, alle normative da rispettare, alle caratteristiche del contesto ecc, dall'altro lato sulla definizione dei carichi energetici complessivi, consumi totali e parziali, giornalieri e mensili. Ottenuti questi dati si procederà ad una accurata analisi costi-benefici che riesca ad identificare una idonea tipologia di impianto da utilizzare a seguito di un calcolo delle grandezze fisiche della scelta delle apparecchiature e della loro affidabilità, della individuazione degli standard di qualità dei materiali fino ad arrivare al dimensionamento degli impianti e ad una loro descrizione delle caratteristiche di funzionamento e di regolazione del controllo. Infine si giunge alla definizione della manutenibilità dei componenti dell'impianto e alla determinazione dei programmi di manutenzione e dei relativi costi operativi.

La consapevolezza sociale del problema ambientale e la necessità imprescindibile di preservare l'equilibrio del sistema biologico in cui viviamo, portano a soluzioni progettuali, tecnologie e impiego di materiali che talvolta sono diverse da quelle tradizionali, cercando adozioni di modelli di produzione e di consumo di minore impatto sulle risorse esauribili del pianeta. Non sempre la scelta di estraniarsi dalle culture tradizionali porta a risultati ecologicamente compatibili. Nella complessità del processo costruttivo è quindi necessaria una via equilibrata che riesca a far convivere tecnologie innovative e saperi tradizionali in una architettura ragionevole, capace di adattare soluzioni diverse a seconda delle esigenze da soddisfare, del contesto ambientale e delle normative da rispettare. Costruire sostenibile non può significare rinunciare ai livelli di qualità tecnica ed estetica che l'uomo ritiene necessari e quindi compatibili con i

PROCESSOCOSTRUTTIVO COMPLESSO

propri standard di comfort e di cultura d'uso. "*La funzionalità, gli aspetti economici, l'abitabilità e quindi la sostenibilità, rappresentano una premessa indispensabile per l'architettura, senza però dimenticare l'aspetto artistico ovvero il rapporto tra l'estetica e la semantica*"[16]. Processo che è rivolto ad una riappropriazione di quella cultura della fabbrica capace di coniugare naturalmente architettura e natura.

[16] G. Dorfles, Estetica, progetto e sostenibilità: da artificio e natura (1968) ad oggi, sta in Green Life, costruire città sostenibili, Bologna, 2010, pag.21.

CAPITOLO 3

# ARCHITETTURE LEGGERE PER ABITAZIONI STANZIALI E TRANSITORIE

## 3.1 NECESSITA' TRANSITORIE E NUOVE FORME DELL'ABITARE



L'evoluzione della società nel tempo ha mutato i bisogni dell'individuo e di conseguenza la forma dell'abitare. Per poter garantire che questa forma sia adeguata alle esigenze dell'uomo è necessario studiare i suoi bisogni e i suoi comportamenti e quindi predisporre una matrice razionale di analisi che individui, attraverso dei parametri, soluzioni possibili per un progetto architettonico capace di soddisfare queste esigenze. Una forma abitativa può considerarsi idonea allo scopo per la quale è stata progettata, quando è diretta espressione dei bisogni di chi è destinato ad abitarla. Le riflessioni sui temi dell'abitare sono, in questo ambito di studio, rivolte al tema del bisogno, elementare e completo, dell'abitare, attraverso il progetto di uno spazio minimo con l'ausilio di criteri di razionalità.

L'esigenza primaria per l'uomo è quella di modificare lo stato naturale dei luoghi per potere abitare. Abitare, dal latino *habitare* (habère, avere), porta con se il significato di *continuare ad avere*, consuetudine con un luogo, vivere in un luogo, risiedere.[1]

L'abitazione deve estrinsecare i bisogni mutevoli dell'uomo. Questi, nel tempo si modificano a secondo delle situazioni sociali, politiche e economiche e quindi influenzano la misura progettuale degli spazi vitali. Lo spazio abitativo esprime e contemporaneamente contiene la dimensione biologica, sociale e creativa che l'uomo costruisce per se stesso, all'interno del quale soddisfa le necessità per la propria esistenza.

La forma dell'abitare, con il mutare dei bisogni, si è modificata adattandosi ad essi. La storia dell'architettura, ci dimostra come le forme abitative sono mutate, nei secoli in relazione sia ai bisogni elementari, (cibarsi, vestirsi, riposarsi, ecc) sia in funzione dei cambiamenti sociali che si sono susseguiti, (rivoluzioni, guerre, catastrofi, industrializzazioni). Al

[1] G. Devoto, G. Oli, Dizionario della lingua Italiana, Milano 2007.

mutare delle condizioni al contorno, cambiano le forme abitative secondo un sistema razionale di misure che, a sua volta, determina le dimensioni degli elementi architettonici.

MINIMOD'ABITAZIONE

"*L'alloggio che ci costruiamo deve essere in relazione attiva ed organica con le condizioni di vita ed i bisogni culturali della nostra epoca, inoltre deve soddisfare le necessarie richieste di maggiore economia e semplicità; in una parola, deve aiutarci in ogni sua parte e sotto ogni punto di vista a renderci più facile la vita e nel contempo a mantenere le nostre energie fisiche e spirituali*"[2]. Così Alexander Klein descrive il rapporto strettissimo che lega le dimensioni e l'esigenza dell'abitare con la condizione socio-culturale dell'uomo. "*La soluzione di tale problema è sempre stata importante, tuttavia oggi essa acquista una particolare preminenza sociale e politica, in un'epoca che da un lato ci impone una riduzione dei mezzi e delle risorse disponibili e dall'altro presenta una carenza di alloggi mai esistita prima e da superare nel più breve tempo possibile. Devono essere quindi fatti tutti gli sforzi possibili e necessari per risolvere il problema del minimo d'abitazione*"[3]. L'architetto russo, tedesco di adozione, nel descrivere le esigenze sociali della società in questo articolo scritto nel 1928, sembra delineare uno scenario che si ripete nel tempo, in luoghi diversi del pianeta, al manifestarsi di eventi caratterizzati da profonde criticità. La descrizione di una società in profonda crisi, infatti, potrebbe adattarsi perfettamente alle condizioni sociali dei giorni nostri, per aree particolarmente depresse oppure per contesti di margine nelle città industrializzate, dove nuove dimensioni comuni, legate alla globalizzazione, hanno determinato fenomeni di sovraffollamento degli alloggi esistenti e profonde discrasie con i tessuti sociali consolidati.

Con il cambiamento delle esigenze sociali nel tempo, il significato dell'abitare si è evoluto da quello tradizionale come luogo di spazi e di abitudini in cui si svolgevano le diverse fasi della vita familiare, ad una visione come luogo in cui, si aggiungono nuovi requisiti legati alle potenzialità di modificazione ed adattamento degli spazi, in funzione delle diverse esigenze della vita personale e della loro evoluzione. Le modificazioni degli spazi abitativi possono ricondursi ad una serie di fenomeni, di carattere sociale e di carattere tecnologico. Al primo caso è possibile associare mutamenti derivati da eventi eccezionali, quali catastrofi naturali e guerre, oppure derivati da cambiamenti del tessuto socio-economico, quali differenziazione dei tipi familiari e delle forme di convivenza, aumento dell'occupazione lavorativa femminile, modificazione delle attività lavorative con l'aumento della flessibilità e delle attività

[2] M. Baffa Rivolta e A. Rossari, a cura di, Alexander Klein, lo studio delle piante e la progettazione degli spazi negli alloggi minimi. Scritti e progetti dal 1906 al 1957. Milano 1975. Pag.77
[3] M. Baffa Rivolta e A. Rossari, op cit. pag. 77

all'interno dell'abitazione. Alle mutazioni di carattere tecnologico è possibile associare fenomeni quali la diffusione dei mezzi di comunicazione di massa, la diffusione di elettrodomestici ad alta tecnologia, l'impiego di impianti tecnologici a controllo automatico ecc.

MOBILITA' E TRANSITORIETA'

Alla luce di queste esigenze, di natura sempre più complessa, è diventato necessario riconsiderare, nei criteri progettuali, condizioni che hanno caratterizzato la concezione mobile dell'abitare, ovvero la flessibilità, la trasformabilità e la adattabilità rispetto a situazioni diverse che possono mutare nel tempo. La natura di questa tipologia è già tra le righe contemplate nei due aggettivi mobile e transitorio, che così, associati al termine stesso di architettura, la sostanziano. Attraverso l'aggettivo mobile essa acquista la caratteristica di "*compiere o subire spostamenti nello spazio e (…) nel tempo*"[4], attraverso l'aggettivo transitorio acquista la caratteristica di "*fenomeno relativo al passaggio di un sistema da una regime ad una altro*"[5], ma riferito ad una fase, la transizione indica anche il "*passaggio da una situazione ad un'altra, sia in senso statico, come condizione intermedia definita, che in senso dinamico in quanto implichi l'idea di una evoluzione in atto*"[6]

La considerazione di queste condizioni infatti, implicherebbe la rottura e il superamento della "rigidità tipologica", cioè la rottura e il superamento dell'incapacità di uno schema tipologico a trasformarsi nel tempo secondo configurazioni diverse da quelle inizialmente previste nella fase progettuale, rispetto ad una struttura spaziale predefinita. In questa fase, infatti, è importante poter prevedere o stabilire le possibili "variazioni" dello schema tipologico in relazione ai cambiamenti dei bisogni dell'utenza, (ipotesi progettuale già affrontata, in qualche modo, dai maestri del razionalismo, con il concetto di "casa ampliabile"). L'assemblaggio delle parti, la mobilità di alcune, la flessibilità di altre, possono regolare modi di abitare modificabili nel tempo, condizionati da esigenze umane mutevoli, comportano la possibilità di definire soluzioni progettuali diverse rispetto a strutture spaziali predefinite generando possibilità di trasformazione e di adattabilità degli spazi in funzione di tali bisogni.[7]

[4] G. Devoto, G.C. Oli, Dizionario della lingua italiana, 2009, voce: mobile.
[5] G. Devoto, G.C. Oli, op. cit, voce: transitorio.
[6] Ibidem, voce: transizione.
[7] Cfr. T. Paduano, La costruzione razionale della casa alla luce delle categorie del mobile e del transitorio, tesi di dottorato, Napoli, 2006, pag.179

## 3.2 ARCHETIPI, ORIGINI E SPERIMENTAZIONI DI ARCHITETTURE TRANSITORIE FINO ALL'ULTIMO DOPOGUERRA

I bisogni legati alla necessità di usufruire di architetture transitorie possono essere di natura diversa, legati ad esempio ad emergenze calamitose, o belliche, a fenomeni legati agli stili di vita di culture nomadi, a fenomeni legati alla migrazione di massa delle popolazioni provenienti dai paesi in via di sviluppo.

ARCHETIPI

Gli archetipi dell'abitazione transitoria possono considerarsi le tende e capanne, le abitazioni su pali e palafitte, gli igloo delle regioni artiche, le baite alpine. Le tende e le capanne sono alloggi essenziali delle popolazioni nomadi e elemento abitativo fondamentale negli accampamenti militari, in occasione di eventi bellici, e civili, in occasione di eventi calamitosi naturali. Le abitazioni su pali e palafitte nascono, fin dal Neolitico (6000-4000 a.C), per esigenze di stanzialità legata alle prime coltivazioni agricole in prossimità delle aree umide e marine. Lo scopo è quello di abitare vicino all'acqua o a campi fertili, ma evitando il rischio di allagamenti e mantenendo l'abitazione sicura dagli attacchi delle altre tribù e dagli animali. Nell'architettura tradizionale giapponese, ad esempio, le fondazioni sono costituite da pilastri in legno conficcati in pietre tondeggianti a loro volta poggiate su un vespaio realizzato nello scavo del terreno. Il pavimento dell'abitazione rimane così sopraelevato di 50-100 cm rispetto la quota del terreno.

L'igloo è una soluzione abitativa semplice ed efficiente legata ad esigenze stagionali delle popolazioni artiche, dall'inverno fino all'inizio dell'estate, impiegato come rifugio temporaneo. Viene realizzato con la sola materia disponibile che è il ghiaccio tagliato in blocchi secondo regole ben precise. Posti l'uno sull'altro in modo da ottenere una superficie inclinata e disposti secondo un andamento a spirale formano una cupola semicircolare. Le baite alpine, costruzioni permanenti ad uso temporaneo, vengono di solito abitate nelle stagioni estive, il comfort interno viene garantito dalla possibilità di sfruttare l'irraggiamento solare. Realizzate di solito con elementi costruttivi in legno e pietra locali si inseriscono nell'ambiente a tal punto da essere diventate elementi caratteristici del paesaggio.

I requisiti di queste tipologie, quali l'abitabilità, la modularità, la riproducibilità, l'aggregabilità, la flessibilità, la temporaneità, la semplicità, l'essenzialità, la reversibilità sono diventati elementi distintivi nella progettazione di architetture transitorie. Gli archetipi citati incarnano principi progettuali per l'architettura transitoria di uso temporaneo dell'ambiente

costruito e sono caratterizzati dall'impiego di tecniche locali, legate alla cultura del costruire e all'impiego di materiali del luogo.[8]

Tra questi, la reversibilità, la semplicità costruttiva, l'essenzialità e l'abitabilità si possono considerare come requisiti prioritari nella progettazione di architetture transitorie. Una unità abitativa si può definire reversibile se il procedimento costruttivo adottato non lascia tracce permanenti sul territorio naturale. Una unità abitativa si può definire costruttivamente semplice se, per la sua realizzazione, adotta procedimenti costruttivi di facile comprensione, possibilmente basati sui principi della modularità, dell'assemblaggio a secco, dell'autocostruzione. Una unità abitativa può definirsi essenziale se è dotata di tutti i presidi architettonici e tecnologici strettamente necessari alle funzioni a cui è destinata nel rispetto delle esigenze abitative previste. Una unità abitativa si può definire abitabile se è capace di consentire, al proprio interno, una vivibilità adeguata ai bisogni elementari e complessi dell'individuo nell'esiguità di spazio costruito.

ARCHITETTURE REVERSIBILI

Fig 7, Paper Log House, Shigerun Ban

Il periodo tra la fine del XIX secolo e l'inizio del successivo è segnato da una forte crescita industriale e economica dei paesi più sviluppati che comporta un progresso tecnologico nei sistemi costruttivi e nei processi produttivi ed organizzativi legati all'edilizia. Si assiste a fenomeni di trasferimento tecnologico dai settori avanzati a quello edilizio che inizia ad adottare materiali e prodotti sempre più performanti.[9] Il periodo tra le due grandi guerre, del secolo scorso, è caratterizzato da un'intensa attività di ricerca nel campo della progettazione, in particolare

[8] Cfr. C. Masotti, Manuale di Architettura di emergenza e temporanea, Napoli 2010, pag.22.
[9] Cfr. C. Masotti, Op.cit. pag.40

nel settore organizzativo e procedurale, con una nuova collaborazione tra l'architetto, l'ingegnere e il mondo dell'industria. Progettisti, interessati alla prefabbricazione di componenti edilizi, brevettano le loro invenzioni. Nella maggior parte dei casi si tratta di visioni utopiche, non aderenti alle reali logiche di produzione di massa e economicamente non realizzabili, troppo lontane con i metodi e il linguaggio estetico tradizionale e di conseguenza abbandonate dagli stessi industriali. La creatività progettuale viene stimolata da esigenze quali l'estrema urgenza, le difficoltà legate ai periodi bellici, i repentini cambiamenti economici e sociali che portano alla sperimentazione di nuove tipologie costruttive per le abitazioni degli operai, per gli edifici destinati agli sfollati, per le abitazioni coloniali e per le vacanze in cui l'obiettivo principale è quello di realizzare, in breve tempo, un riparo temporaneo, ma di qualità. Il progettista deve conoscere i prodotti che l'industria è in grado di fornire, delle possibilità di montaggio e trasporto per facilitare la costruzione. Le esigenze che si riscontravano nel periodo tra la fine del XIX secolo e la metà del XX, di estrema urgenza e difficoltà, sono analoghe a quelle che possono riscontrarsi oggi in caso di gravi calamità o in situazioni di forte tensione sociale che sfociano in eventi bellici, per lo più localizzati, con il proliferarsi di soluzioni architettoniche legate alla temporaneità e all'emergenza.

*L'emergenza abitativa legata a fenomeni economico-sociali*.

LA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE E LE CITTA' OPERAIE

La rivoluzione industriale determina fenomeni di urbanesimo di massa, alla fine dell'Ottocento vengono realizzati villaggi da destinare alla classe operaia, basati sul modello della città giardino di E. Howard. Mentre in Europa si propongono alloggi transitori o semi-permanenti, in America viene preferita l'abitazione smontabile per consentire la "flessibilità delle superfici costruite", essendo queste ultime destinate solo provvisoriamente alla residenza e quindi suscettibili, nel tempo, di un cambio di destinazione urbanistica.[10] Negli stati Uniti, la crescita industriale legata agli eventi bellici delle due guerre mondiali porta alla realizzazione in poco più di un anno di circa 200 città operaie, ognuna capace di accogliere dai 5.000 ai 20.000 abitanti. I sistemi costruttivi impiegati sono prevalentemente basati sul legno e sui suoi derivati, pannelli di compensato e intelaiature di semplice realizzazione.

Per le abitazioni permanenti si usano materiali pesanti che spesso assumono nuove forme e dimensioni atte a facilitare e velocizzare la posa in opera. In Germania vengono adoperati sistemi costruttivi ad intelaiatura in legno, più o meno nascosta da pannelli o materiali di rivestimento, oppure con un sistema costruttivo di muratura in blocchi artificiali, costituiti con materiali leggeri, impermeabili e termicamente isolanti.

[10] Cfr. C. Masotti, op. cit. pag. 48

Tra gli anni ’20 e ’40 del secolo scorso Otto Haesler e Alexander Klein conducono studi sugli spazi abitativi minimi. Haesler contribuisce a teorizzare le soluzioni per case proletarie (Siedlungen), rispondenti ad esigenze minime di esistenza aventi alla base dei principi progettuali per i quali i parametri di igiene e di benessere sono considerati delle manifestazioni iniziali del lusso. Haesler stabilisce i principi secondo una scala di necessità minime, di aspirazioni medie e massime dove vengono analizzate una serie di esigenze: sociali, psicologiche, igieniche, funzionali ed economiche. Al variare di queste necessità cambia la classe di esigenza e di conseguenza si sceglie il principio progettuale più idoneo.

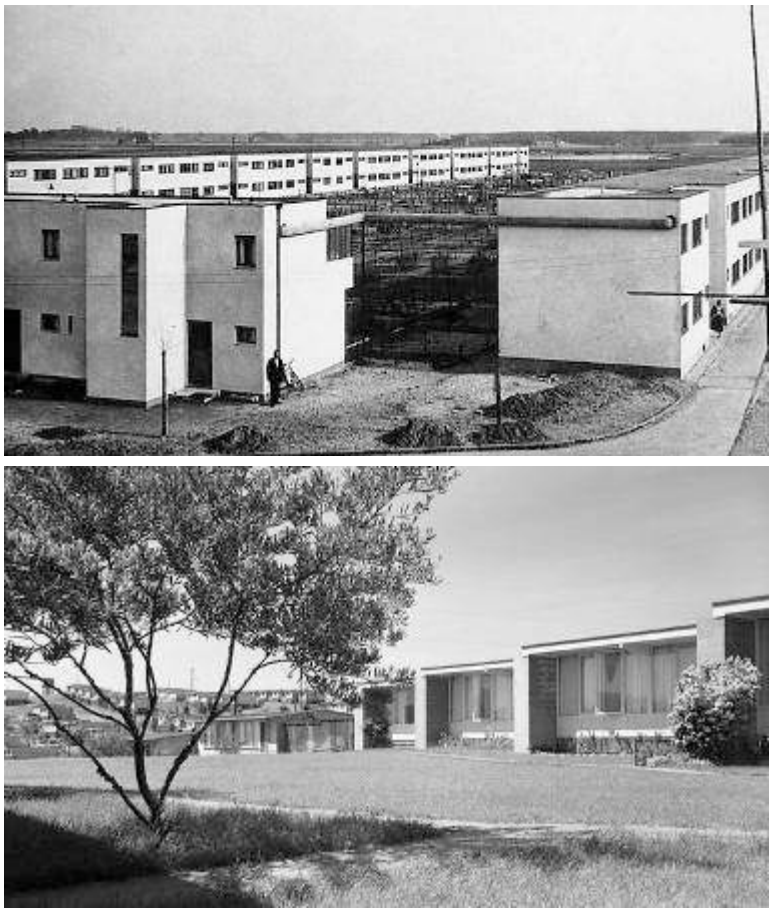


Fig 8, Siedlungen in Celle, Otto Haesler.
Channel Heights, Richard Neutra, 1941-3

OTTO HAESLER E ALEXANDER KLEIN

Alexander Klein persegue, con la sua ricerca basata su metodi e indici di valutazione dell’abitazione secondo rigorosi sistemi scientifici, la determinazione del grado di razionalità di un alloggio. Klein sosteneva che lo spazio abitativo è misurabile nel rapporto tra una funzione e il necessario comportamento da essa indotto e quindi esso deve essere sempre in grado di creare una relazione “attiva ed organica” con le condizioni di vita ed i bisogni culturali dell’epoca in cui si vive. Klein studia la progressione

sistematica di vari schemi distributivi in un medesimo alloggio, assegnando valori convenzionali per ogni particolare fattore dello stesso, la cui somma definisce il suo grado di razionalità. Il metodo si suddivide in due parti: una preliminare, caratterizzata da indagini riguardanti il fattore economico, igienico, tecnico-funzionale ed estetico, alla quale si può rispondere assegnando dei coefficienti numerici di valore convenzionale, ed una comparativa di perfezionamento, costituita da procedimenti grafici di natura obiettiva (analisi dei percorsi, schemi di raggruppamento dei locali, analisi delle zone d'ombra). Dalla fusione di questi due studi Klein riusciva ad ottenere una standardizzazione ragionata e razionale dell'alloggio.

Fig 9, E.F. Hodgson, Hodgson Houses, Dover Massachussetts, USA, 1894-1944
Immagini tratte dal catalogo di montaggio;
Casa Hodgson, East Dennis, Massachussetts, Wigwarm cottage.

L'existenzminimum, quindi, contribuisce al concetto di architettura transitoria, nei termini in cui si voglia stabilire quale sistema di misure adottare per assicurare la vivibilità di un alloggio in maniera qualitativa e quantitativa, cercando parametri capaci di garantire la giusta illuminazione, insolazione, aerazione, nonché dimensione e cubatura per garantire il minimo abitabile sul piano di una decorosa esistenza umana.

**CASE TRANSITORIE PREFABBRICATE NEGLI STATI UNITI**

Accanto agli studi di Le Corbusier, condotti in Francia, nei primi anni del 1900, di cui si tratterà in seguito, anche negli Stati Uniti vengono portate avanti innumerevoli sperimentazioni sul tema della casa transitoria, economica, concepita come un insieme di più parti assemblate. Tra queste si ricordano le "case portatili Hodgson", concepite come costruzioni prefabbricate da assemblare, a sezioni, in situ. Ogni sezione, larga 1,80 m era composta da cinque parti separate (due pannelli parete, due pannelli

copertura, un pannello pavimento), che venivamo assemblate per mezzo di un sistema a cunei.

Fig 10, K. Wachsmann, W. Gropius, General Panel Corporation, Lincoln, Massachusetts, USA, 1947-1952. Schemi di montaggio e pianta, foto del plastico.
Abitazione completa, trasporto degli elementi prefabbricati

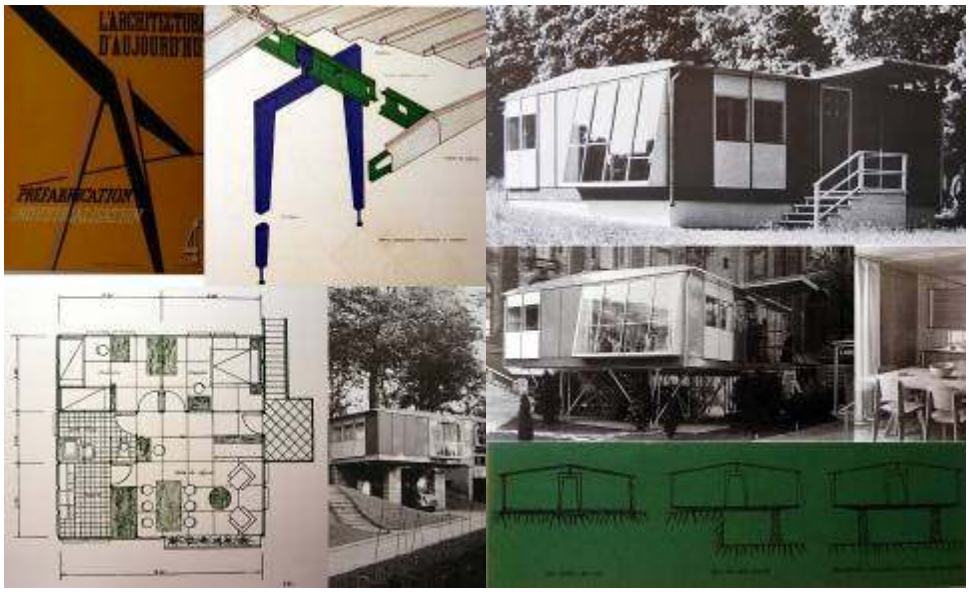



Fig 11, J. Prouvè, Maison Standard Metropole, Ateliers Jean Prouvè, Maxeville, France, 1949-1952; immagini dal catalogo di montaggio; pianta, Maison a Meudun, Francia, 1949; Maison al "salon des arts menagers", 1950; Possibili soluzioni costruttive

Altrettanto diffuse, negli anni '30, del secolo scorso, le abitazioni in legno dell'agenzia Aladdin, articolate come veri e propri kits abitativi da ordinare su cataloghi oppure i modelli abitativi progettati e commercializzati

dalla General Houses Corporation e infine i prototipi “House of Tomorrow” e “Crystal House” presentati alla Century of Progress Exibition di Chigago del 1933. La “house of Tomorrow” proposta dai fratelli Keck era stata pensata con una struttura a telaio in metallo e pareti vetrate, la “Crystal House” era caratterizzata da un innovativo sistema strutturale che ne consentiva il montaggio in soli tre giorni.

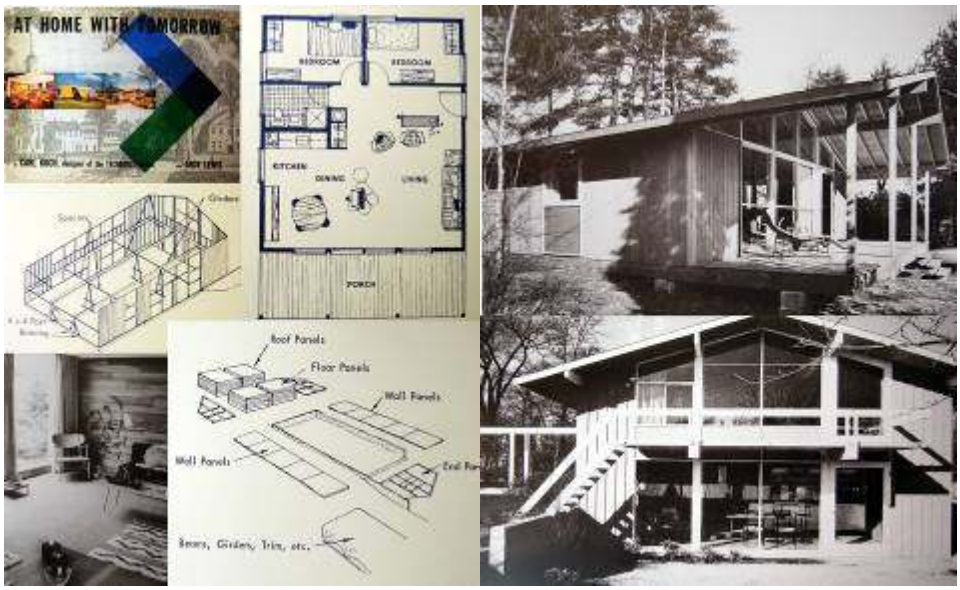



Fig 12, C. Koch, Techbuild House, Cambridge, Massachusetts, USA, 1954-1967, Pianta e schemedi montaggio, vedute dell’edificio complete.

*Il fenomeno coloniale*

LE COSTRUZIONI COLONIALI

Le abitazioni coloniali rappresentano un altro importante campo di sperimentazione per l’architettura di piccola scala come quella impiegata per l’abitare temporaneo. I principi costruttivi sono semplici come quelli adottati per l’edilizia destinata agli operai, alle situazioni di emergenza bellica e post-bellica. La particolarità, per queste costruzioni, è il rapporto con i climi e le situazioni economiche e ambientali del luogo di realizzazione, spesso profondamente diverse rispetto a quelle del paese d’origine. Dagli studi condotti da Clara Masotti sull’housing coloniale italiano in nord Africa è possibile trarre delle linee guida per la progettazione di queste particolari tipologie edilizie. La costruzione coloniale deve potere soddisfare esigenze abitative di tipo unifamiliare ma anche di abitazione capace di contenere più funzioni (uffici, negozi, spacci, ecc) ed a queste diverse risposte tipologico-distributive possono corrispondere almeno tre diverse tecnologie costruttive: la prima prevede l’impiego di materiali locali, instaurando di conseguenza una relazione tra la tipologia architettonica di importazione e le tecniche costruttive della

tradizione locale che solo di rado vengono ibridati con materiali e prodotti importati;

la seconda prevede il ricorso prevalente a materiali e tecnologie di importazione, quando le condizioni economiche e logistiche sono favorevoli, che determina le condizioni propizie per realizzare architetture moderne con strutture in cemento armato e muratura incentivando l'attività edilizia e l'imprenditoria dei colonizzatori; la terza riguarda il ricorso a tecniche di industrializzazione edilizia di prefabbricazione tali da proporre prodotti a catalogo facilmente montabili e smontabili, dotati di un elevato contenuto tecnologico, di produzione e organizzazione logistica, capaci di fornire con estrema rapidità standard abitativi di livello europeo. Anche in questo caso gli alloggi dovranno rispettare standard minimi di confort a seconda della destinazione d'uso prevista

Fig. 13, La "maison tropicale" di Jean Prouvè, Ateliers Jean Prouvè, Maxeville, France
Porzione dell'edificio montato a Maxeville, 1949, montaggio a Niamey, Niger, 1949,
Costruzione a Brazzeville, parti dell'edificio vengono scaricate da un arero cargo.

.

JEAN PROUVE'

La Maison Tropicale di Jean Prouvè, progettata nel 1949 per le colonie francesi d'Africa, rappresenta forse un archetipo di questa tipologia edilizia. La costruzione si presenta come un fabbricato economico, composto di elementi leggeri e facilmente smontabili e trasportabili per via area e capace di adattarsi a diversi usi e contesti climatici. La costruzione, in acciaio piegato e alluminio estruso, quest'ultimo nato dalla ricerca nel settore aeronautico, rappresenta la soluzione dell'incontro fra prodotto industriale e edilizia, fra la meccanica ed il fattore estetico, ovvero la

dimostrazione di quanto sosteneva Prouvè: "non bisogna disegnare niente che non sia realizzabile".[11]

*Case di vacanza, cottage, bivacchi e rifugi.*

A partire dai primi anni del 1900 le esposizioni di architettura iniziano a trattare il tema della progettazione a piccola scala per le residenza transitorie destinate alla vacanza. L'evoluzione tecnologica dei procedimenti costruttivi, legati alla industrializzazione, introduce nuovi campi di ricerca sul tema dell'abitazione legati principalmente ai concetti di standardizzazione, di alloggio minimo e di semplificazione. Questi concetti diventano nuovi vocaboli nel linguaggio di progettisti, amministratori e industriali.

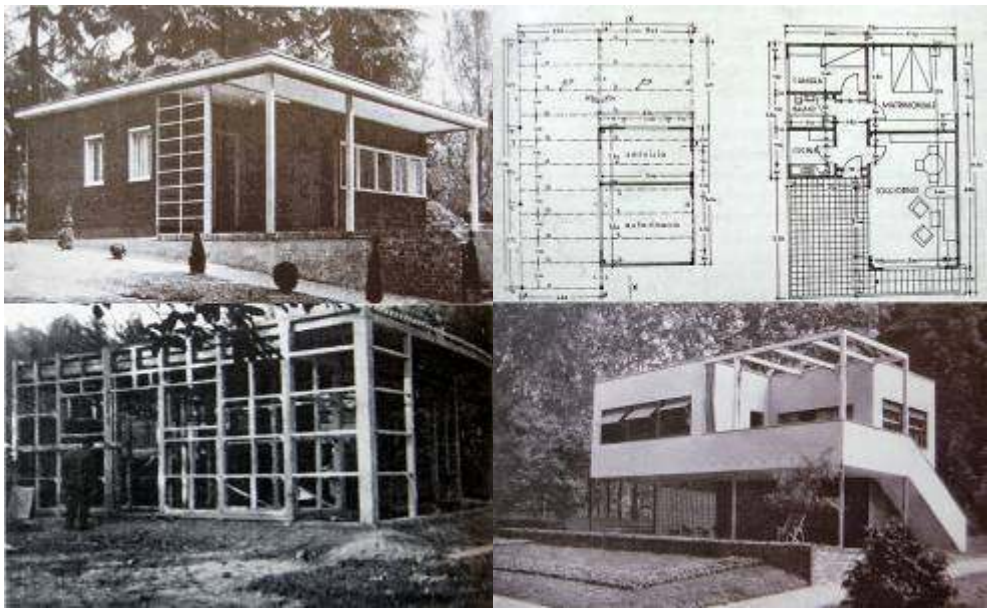


Fig. 14 , Casa per vacanze di Griffini, Faludi e Bottoni.
Casa di montagna, 1933, Casa di vacanza a mare, 1933

LE CASE PER VACANZE

Durante le esposizioni della IV e V Triennale di Architettura vengono presentati diversi prototipi in scala reale sul tema della casa per vacanze: Le Case per vacanze di Albini, Griffini, Pagano, Bottoni, Ridolfi ed alcuni edifici temporanei fra cui la casa elettrica di Figini, Pollini e del Gruppo 7; nel parco della V Triennale vengono esposte 30 piccole case progettate quasi esclusivamente da giovani architetti, destinate a specifici utenti (casa per artista del Gruppo Comasco Lingeri, Giussiani, Mantero, Ortelli, Cereghini, dell'Acqua, Ponci, la casa dell'aviatore di Scoccimarro, Zanini, e Midena, la casa d'estate di Pagano, Paolucci, Sottsass, Turina, Cuzzi, Aloisio e Chessa, la casa del sabato degli sposi di Portaluppi, Banfi, Barbiano di Belgioioso, Peressutti e Rogers, ecc). Questi prototipi vengono

[11] Cfr. C. Masotti, op. cit. pag.80

presentati come concetti sperimentali accanto ad una serie di proposte per i ceti meno abbienti, con sperimentazioni tecnologiche ed innovazioni tipologiche ancora mai affrontate quali ad esempio la casa con struttura resistente in acciaio. Queste realizzazioni sono caratterizzate dalla forte impronta del processo industrializzato, seriale e riproducibile, dalla rapidità di realizzazione e dell'economicità offerta dalla produzione in serie di derivazione *fordista* della *mass production* e della *assembly on line* e dalla capacità di trasformarsi in maniera flessibile ad esigenze mutevoli e a nuove tecnologie.

MASS PRODUCTION E ASSEMBLY ON LINE

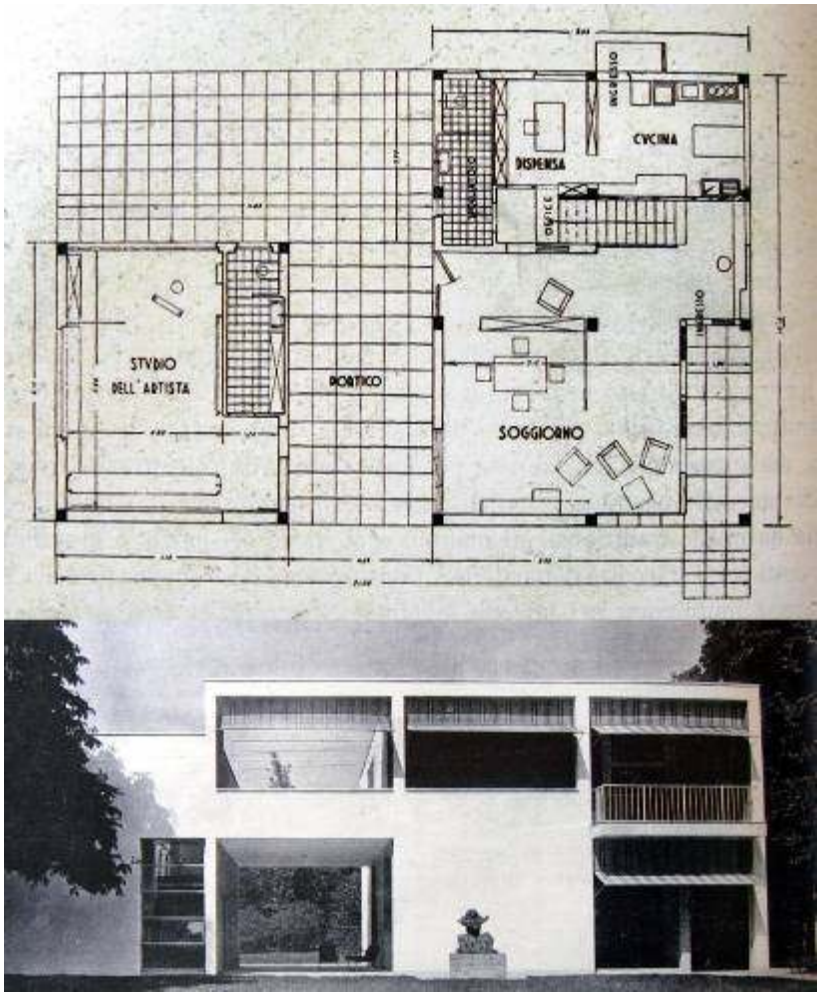



Fig 15, Casa di Lingeri, Giussani, Mantero, Ortelli, Cereghini, Dell'Acqua, Ponci
Casa di sul lago per artista, 1933

*"In Francia, già nel 1927 Charlotte Perriand, collaboratrice di Le Corbusier, si era dedicata alla ricerca di abitazioni minime, case per il fine settimana e rifugi in montagna, sperimentando materiali e tessuti industriali, nuovi legni compensati e tubi in acciaio".*[12] I concetti di prefabbricazione degli elementi, di modularità, di zone e la valorizzazione delle prestazioni di nuovi componenti vengono applicati dalla Perriand e dall'ingegnere

[12] C. Masotti, Op. cit pag. 97

Tournon nel Rifugio Bivouac, realizzato e montato con la collaborazione di Pierre Jeanneret sul Monte Joly, Alta Savoia nel 1929. Adattabile a diversi luoghi, leggero da trasportare, resistente alle difficili condizioni climatiche e poco costoso, il rifugio in soli 8 mq consente l'alloggio transitorio confortevole anche grazie alla progettazione di oggetti di arredo compatti e facilmente trasformabili.

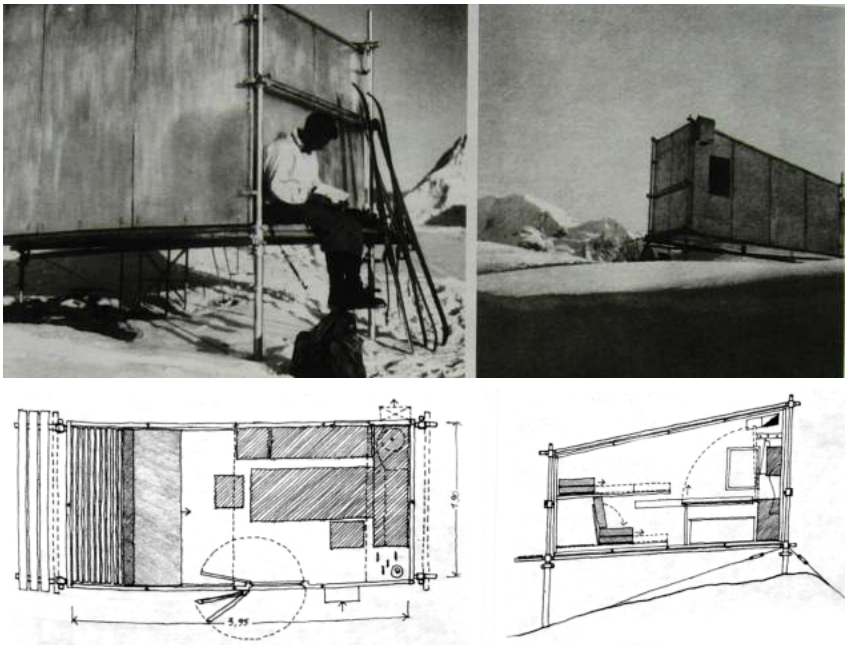


Fig. 16, il rifugio "Bivouac", di Perriand e Tournon

Anche Le Corbusier si cimenta con il tema dell'alloggio per vacanza e nel 1951 realizza la sua Cabane a Roquebrune Cap Martin, un piccolo e semplice rifugio estivo utilizzato come laboratorio di idee, costruito in legno di pino non piallato e composto da un'area soggiorno con scaffalature a muro, un tavolo, una libreria e una piccola zona notte, il tutto dimensionato con il suo Modulor per una superficie complessiva di soli 16 mq.

I RIFUGI ALPINI

I rifugi alpini rappresentano una ulteriore occasione di sperimentazione per l'architettura transitoria e di emergenza rivolta, in questo caso particolare, all'autosufficienza energetica e alla riduzione degli impatti ambientali che il particolare contesto richiede. In Italia è il CAI (Club Alpino Italiano) che, attraverso i suoi documenti programmatici, fissa una serie di principi e linee guida per i rifugi sottolineando l'importanza del risparmio energetico e della salvaguardia dell'ambiente, del recupero dei caratteri tradizionali delle costruzioni a "misura d'uomo" e della facilità di manutenzione. Uno dei primi rifugi alpini è la Capanna Rosalba, del 1906, sulla Grigna Meridionale, tutti gli elementi in legno necessari vengono costruiti e montati nel giardino del suo ideatore, quindi smontati e trasportati a spalla per essere nuovamente assemblati sulla montagna. I primi due bivacchi fissi risalgono al 1925, al Col d'Estellette ed al Frébouzie

(Monte Bianco). L'installazione di bivacchi si diffonde per la saturazione dei rifugi in località ad alto afflusso turistico, per il loro basso costo e la facilità di trasporto e montaggio. Per i rifugi e i bivacchi è difficile poter identificare una tipologia formale ripetibile, visto lo stretto rapporto che queste costruzioni hanno con il contesto ambientale, con i materiali e con le tecniche costruttive.

Fig. 17, Il bivacco Boarelli dell'arch. Giorgio Rossi

Le più recenti realizzazioni (ad esempio il Bivacco Boarelli, degli arch. Rossi e Cornaglia, realizzato nel 2004 a sud del Monviso) sono caratterizzate da una evidente evoluzione verso strutture sempre più confortevoli capaci di ibridare, nel sistema costruttivo, materiali locali e non, sistemi costruttivi tradizionali e innovativi, tecnologie a basso costo e sistemi impiantistici sostenibili. Le difficoltà costruttive, legate alla difficile accessibilità del sito, alle condizioni climatiche e ambientali estreme, rendono l'ideazione e la costruzione di un rifugio e di un bivacco, un'occasione importante per la ricerca e la sperimentazione di nuove soluzioni tecnologiche rivolte al miglioramento delle condizioni di sicurezza e benessere del soggiorno degli escursionisti.

*L'emergenza abitativa legata a fenomeni bellici.*

La situazione di emergenza legata ai fenomeni bellici si ripercuote anche sulla sperimentazione tecnologica di nuove soluzioni abitative di tipo transitorio. Il settore militare mette a punto una serie di innovazioni che vengono sviluppate in svariate soluzioni trasferite al settore edilizio. "*Il successo di queste innovazioni dipende da molteplici fattori fra cui la*

*semplicità e la rapidità di realizzazione, le migliori prestazioni in termini di efficienza, sicurezza e benessere*"[13]

In queste particolari condizioni di grande disagio, l'alloggio, sia esso destinato alle truppe oppure alla popolazione civile, deve essere costruito in tempi rapidissimi e possedere standard minimi di abitabilità. In genere queste soluzioni sono caratterizzate da semplicità e facilità di montaggio, garantite dall'impiego di pochi elementi, possibilmente da utilizzare in diverse parti della costruzione, montabili e smontabili anche da personale non necessariamente qualificato.

Fig. 18, la "Nissen hut" prodotta durante la prima guerra mondiale

NISSEN HUT

Una tra le più note di queste soluzioni è quella delle cosiddette "huts", letteralmente capanne. L'ideatore di questi alloggi transitori per le truppe fu il maggiore Inglese Peter Norman Nissen, che nel mese di aprile del 1916 ne iniziò la costruzione sperimentale. Dopo la realizzazione del terzo prototipo, l'esercito ne commissionò circa 100.000, che furono prodotte e montate durante la prima guerra mondiale.

Il modulo abitativo, ideato di forma semicilindrica per deviare le schegge di granata, fu progettato con un involucro a doppia pelle vuoto in lamiera ondulata, fissato su un sistema a telaio in metallo. Il trasporto dell'intero kit di montaggio della "capanna" poteva essere affidato ad un solo camion militare, essendo, l'attrezzatura, contenibile in un unico cassone. Il processo di montaggio prevedeva un tempo di quattro ore, in condizioni standard, con l'impiego di una squadra di quattro uomini.[14] Le dimensioni del fabbricato si sviluppavano su una superficie rettangolare di larghezza pari a 5 metri circa e lunghezze variabili dai 6 agli 11 metri.

[13] C. Masotti, Op. cit. pag. 117.
[14] Sta in www.nissens.co.uk

Gli *huts* vennero successivamente sviluppati nella seconda guerra mondiale dagli statunitensi. Le *T-Rib Quonset Huts*, sviluppate sul modello del maggiore Nissen, al Quonset Point del Davisville Naval Contruction Battalion Center dalla George A. Fuller construction company, furono inizialmente pensate come magazzini ma in seguito impiegati anche per usi abitativi. Le *Quonset hut* , presentavano delle differenze nella soluzione tecnologica dell'involucro, infatti la pelle interna venne rivestita con pannelli in masonite, e i pannelli esterni in metallo, corrugati, venivano montati su arcarecci in legno.

QUONSETHUT

Fig. 19, la "Nissen hut", fasi di montaggio

Fig. 20, la "Quonset hut" prodotta durante la seconda guerra mondiale

"*Nel 1941 in meno di tre mesi dall'inizio del progetto della T-Rib Quonset Hut i militari americani disponevano già nei loro arsenali di 8200*

*nuove strutture smontabili, ognuna delle quali poteva essere consegnata in 12 casse e montata in un solo giorno da 10 uomini non specializzati*."[15]

In seguito il modello della T-Rib verrà ulteriormente perfezionato e migliorato per facilitarne l'abitabilità, con profili ad arco modificato che prevedevano una porzione, quella di attacco a terra, verticale di 1,20 m, e massimizzare la superficie abitabile.

Fig. 21, "Jamesway hut", "Pacific hut",
"Butler hut", "Quonset redesign"

Attorno agli anni quaranta, diverse industrie americane danno inizio ad una produzione "personalizzata" di *hut*, da destinare sia scopi militari sia a scopi civili: la *Jamesway hut*, una tenda trasportabile ideata sulla Quonset ma con telai in legno e copertura in tessuto impermeabile; la *Pacific hut*, progettata da F. Hobbs, con struttura in legno e rivestimento in Celotex[16], riconoscibile per l'elemento triangolare che copre il giunto longitudinale di colmo della copertura; La *Butler hut*, si caratterizzava da una struttura composta di archi in metallo a forma di "U"; La *Armco hut*, destinata esclusivamente a depositi di munizioni e bunker, realizzata con speciali lamiere corrugate su disegno derivato dalla Quonset hut; ecc.

Oltre agli scopi militari, le *Hut* sono state impiegate, specialmente dopo la seconda guerra mondiale, per realizzare fabbricati di destinazione d'uso diversa: fattorie, magazzini, negozi, palestre, scuole, ospedali, alloggi per le emergenze e per il culto.

[15] C. Masotti, Op. Cit. pag. 118
[16] Celotex è un pannello resistente all'acqua su base di Masonite

BARACCHE SMONTABILI

In Italia, nel periodo tra le due grandi guerre mondiali, vengono sviluppati una serie di progetti per alloggi di emergenza tutti improntati sulla tecnica costruttiva della "baracca", ovvero con sistemi costruttivi a telaio, in legno o beton brique[17], leggeri, facilmente assemblabili e smontabili, più o meno semplicemente. L'ingegnere Tabarroni, progetta e realizza tra il 1916 e 1944 una serie di "baracche" per residenza di emergenza, in legno e in beton brique, da impiegarsi per ricoveri improvvisati per operai dei cantieri stradali e di bonifica, per le popolazioni colpite da calamità naturali e per i militari durante la guerra.

Nel 1942, per dare una risposta efficace al problema dell'alloggio militare d'emergenza bellica, il CNR bandisce un concorso per l'edilizia industrializzata, per il quale la ditta Legnami Pasotti propone una "baracca smontabile someggiabile", che dal nome rivela la sua facilità di montaggio e di trasporto. L'alloggio è composto da una serie di elementi e componenti prefabbricati in legno, facilmente trasportabili e montabili anche su terreni accidentati.

## 3.3 LE CORBUSIER E L'ABITABILITA' TRANSITORIA

LA CODIFICAZIONE DELLA TRANSITORIETA' DI LE CORBUSIER

La necessità di un programma di ricostruzione integrale di parti città o di città intere, durante la seconda guerra mondiale e nell'immediato arco temporale susseguente, orienta la ricerca nel campo dell'abitazione provvisoria e transitoria verso riflessioni più generali. Dallo studio dei prototipi e dei problemi connessi legati agli aspetti distributivi e tecnologici di queste cellule abitative isolate, si ipotizzano soluzioni basate sull'aggregazione di cellule abitative e, allargando la scala di operazione, interventi a scala urbana con la possibilità di dar vita a vere e proprie città provvisorie.[18] Il nucleo più consistente nei progetti e nelle idee elaborati è da attribuire a Le Corbusier, che tra il 1933 e 1944, teorizza per primo queste possibilità progettando una serie di possibili interventi: lottizzazione destinata alla mano d'opera ausiliaria (1933); case montate a secco MAS (1939/40); scuole volanti per sfollati (1940), case murondins (1940), unità d'abitazione transitorie (1944), alloggi provvisori e transitori (1944). Sono progetti e idee in cui confluiscono altre ricerche svolte precedentemente dallo stesso autore nel settore della residenza non transitoria, e che, inoltre, riprendono proposte e concetti avanzati, tra gli altri, dal gruppo dei

[17] Il beton brique è un materiale composito, inventato e brevettato dall'ing. Ildebrando Tabarroni nel 1915, formato da una miscela di cemento a lenta presa, polvere di mattoni cotti, sabbia e ghiaietto, armato con tondini di acciaio.

[18] Cfr. O. Iardino, L'architettura mobile e transitoria: una storia parallela, tesi di dottorato in composizione architettonica, progettazione urbana, storia architettura e ambiente XVII ciclo, Università degli Studi di Napoli "Federico II", pag. 17

"disurbanisti" sovietici nei progetti della città verde per Mosca e per il piano di Magnitogorsk (1930).[19]

IL PROGETTO MAS

Le Corbusier studia la standardizzazione dei manufatti di pronto intervento nel progetto MAS (maisons montées à séc) e con l'idea delle scuole volanti per gli sfollati. Nell'aprile del 1940, in piena seconda guerra mondiale, sono ideati gli alloggi di emergenza per i sinistrati del Belgio e della Francia del nord: "*Le case "Murondins" rappresentano l'ultima fase della ricerca sull'alloggio provvisorio preso come elemento isolato, e aprono il discorso verso il raggruppamento più complesso di alloggi e servizi*"[20].

IL PROGETTO MAISONS MURONDINS

Fig. 22, "MAS" di Le Corbusier

Con questa proposta di progetto per alloggi di emergenza, Le Corbusier, affronta il tema della mobilità rispetto ad un variabile di ordine temporale, quella della permanenza "a termine", e pone la riflessione principale sulla particolare condizione esistenziale, dei sinistrati, da dover soddisfare attraverso spazi architettonici che nella loro natura enunciassero con chiarezza la temporalità dell'utilizzo. Le murondins costituiscono, egli afferma, "*un elemento architettonico capace di rispondere allo scopo proposto e capace anche di assicurare degli esiti architettonici indiscutibili...*"

Le Corbusier, nelle sue ricerche sul tema della transitorietà, non associa il concetto di temporaneità a quello di precarietà, sia essa provvisoria o permanente. Egli, di contro, considera la condizione d'emergenza della vita umana, come un punto di partenza di nuove e

[19] Cfr. T. Giura Longo, Dalla casa provvisoria transitoria alla città nuova, in "Lotus" n.8, 1974, p.123
[20].T. Giura Longo, Op. cit., pag. 128

diverse possibilità per far rinascere negli uomini sentimenti perduti, negli echi dei conflitti, quali quello della partecipazione, della associazione e della solidarietà.[21]

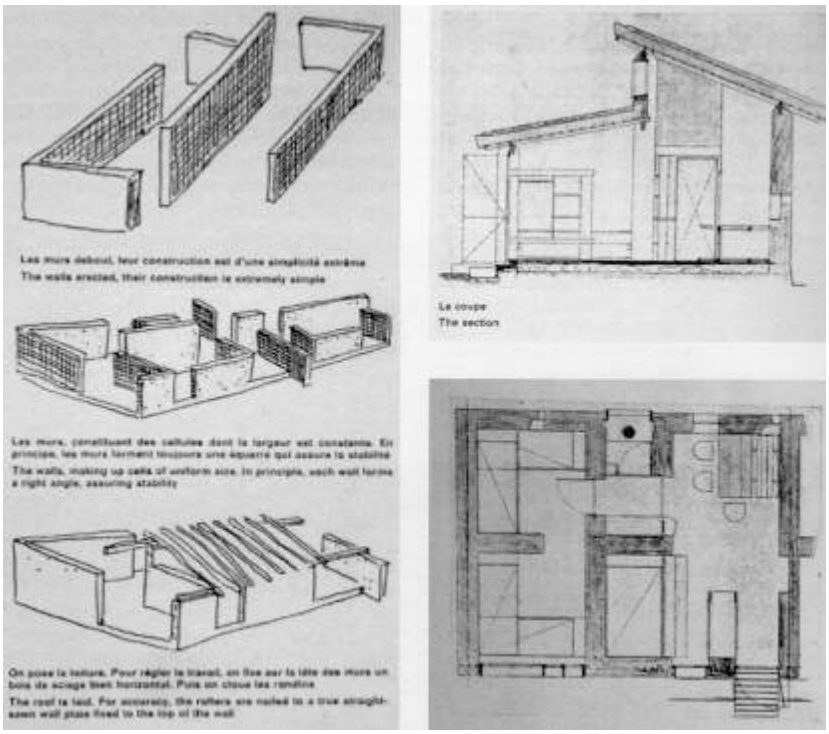



Fig. 23, Disegni per le "*maisons murondins*" in terra battuta progettate da Le Corbusier per gli sfollati delle Ardenne nel 1940.

L'aspetto da mettere subito in evidenza è quello di aver considerato l'alloggio inserito in un più vasto sistema insediativo che teneva conto anche delle preesistenze soprattutto infrastrutturali. Il suo approccio parte da una definizione specifica dei termini provvisorio e transitorio a cui fa corrispondere differenti livelli di definizione anche dell'organizzazione spaziale.

Se con il progetto per Les Murondins[22] si limita a considerare l'alloggio solo come spazio per il sonno e a trasferire all'esterno tutti i servizi senza però scendere nel dettaglio, perché contemplato solo per l'immediata urgenza, già con il progetto degli alloggi provvisori il rapporto

[21] Cfr. O.Iardino, Op. cit. pag.18

[22] Le Corbusier descrive con queste parole il progetto nato dalla necessità di fornire alloggi ai sinistrati del Belgio e delle Ardenne: «*Si trattava di dare ai sinistrati l'unica possibilità di ripararsi: prendere terra e rami di alberi e costruire, senza mano d'opera specializzata, dei ripari simili a quelli dei boscaioli nella foresta (…) determinando un elemento architettonico rispondente allo scopo e capace anche di raggiungere un risultato architettonicamente indiscutibile(…) Questo tipo di costruzione, (…), avrebbe fornito un riparo familiare precario ma sufficiente*» (T.G.LONGO, Dalla casa provvisoria transitoria alla città nuova, in "Lotus" n.8, 1974, p.126). La parola stessa che identifica le costruzioni deriva da murs e rondins, denunciando di fatto il suo principio costruttivo, fatto di muri e rami; l'articolazione spaziale fu dimensionata in stretta relazione con le dimensioni dell'arredo e non erano previsti servizi e cucina.

tra questi ed i servizi comuni è definito con maggiore consapevolezza[23]. Il passaggio dalla casa provvisoria transitoria ad interi insediamenti provvisori transitori, è breve.[24] Evoluzione delle "*maisons murondins*" sono, nel 1944, i "*Logis provisoires transitoires a la libération*" proposti al Front national des architectes e "*l'Unite d'habitation transitoire*" proposta al Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme. Occorre dare una risposta immediata, infatti, ai bisogni fondamentali di chi ha perso quasi tutto nella guerra e non solo la casa. La soluzione è ancora rappresentata da alloggi transitori da realizzarsi in terra battuta, il pisé, materiale scelto da Le Corbusier, non solo per la sua economicità ma principalmente perché "*sembra opportuno, in questo preciso momento in cui immense folle sono sprowiste di ogni cosa e dell'alloggio elementare, mettere nelle loro mani lo strumento capace di risolvere una parte dei problemi della vita quotidiana*". Il pisé significa autocostruzione, lavoro immediatamente utile, partecipazione, ricostituzione del tessuto sociale distrutto, riscatto morale, avvio della ricostruzione.

**LOGIS PROVISOIRES A LA LIBERATION E UNITE D'ABITATION TRANSITOIRE**

Per questo gli alloggi provvisori devono essere piccoli, elementari. Si deve impedire che "*il sinistrato abbia la voglia di restarvi un giorno di più che non sia necessario*" e nello stesso tempo perché "*è solo la sera che si ritroverà in famiglia, tutto il resto del tempo sarà al lavoro, a ricostruire la sua città*"[25].

Ecco perché queste case sono transitorie, esse "*devono servire da transizione tra una società oggi decimata e privata del suo ricovero, abituata ad un tenore di vita che gli eventi non permetteranno più di ricostruire nell'avvenire, e una nuova società che dovrà imparare a far uso dei benefici della tecnica*"[26].

---

[23] Les Murondins rappresenta già un punto di arrivo di un processo di sperimentazioni che Le Corbusier aveva condotto sull'industrializzazione degli alloggi di pronto impiego con il progetto MAS ma anche con l'ideazione di scuole "volanti" per gli sfollati. Nel 1944, con gli alloggi provvisori, la sua sperimentazione si spinge oltre, tentando di indagare sul rapporto che questa tipologia può instaurare con i bisogni sociali dell'uomo e con le sue strutture organizzate di vita. Il progetto degli alloggi provvisori colmò alcune lacune di quello de Les Morundins. L'unità minima era dimensionata rispetto all'esigenza di un nucleo familiare di 4 persone; la disposizione migliore dell'arredo consentì un'ottimizzazione degli spazi, e la rete impiantistica di approvvigionamento è qui definita in maniera più chiara. I servizi sono esterni all'abitazione e la mensa è comune. In questo caso Le Corbusier avanza anche una proposta di insediamento attraverso la tipologia della corte aperta dove al centro erano previsti i servizi comuni e lungo i lati le unità abitative (*cfr.* T. CECERE, *op.cit.*, pp.33-4). In questi progetti, infatti, la vita privata era ridotta rispetto a quella sociale molto più privilegiata proprio in relazione alla definizione stessa di provvisorio che in questo caso si connota di valenze sociali molto forti al di là del richiamo ad una situazione contingente di emergenza; «*l'alloggio è provvisorio, non occorre che i sinistrati abbiano voglia di restarvi un giorno di più del necessario. La sera soltanto ci si troverà in famiglia, nel proprio alloggio provvisorio: il resto del tempo si passerà al lavoro a ricostruire la propria città o nelle attrezzature comunitarie che sono l'espressione normale dei nuovi rapporti sociali: transizione verso un concetto nuovo della nozione saper abitare*» (T.G.LONGO, *op.cit.*, pp.129-130).

[24] Gli schemi tipologici adottati per l'unità di abitazione transitoria anticipano quelli dell'Unità di Marsiglia.

[25] Le Corbusier, Oeuvre Complète 1938-1946, Zurigo 1950, pag 124

[26] Le Corbusier, op. cit. pag. 124

Questa Unitè con le sue cellule abitative differentemente dimensionate e variamente aggregabili, con la sua *rue intérieure*, con i suoi blocchi funzionali e i suoi elementi impiantistici centralizzati, appare transitoria verso una nuova concezione della nozione del "saper abitare".

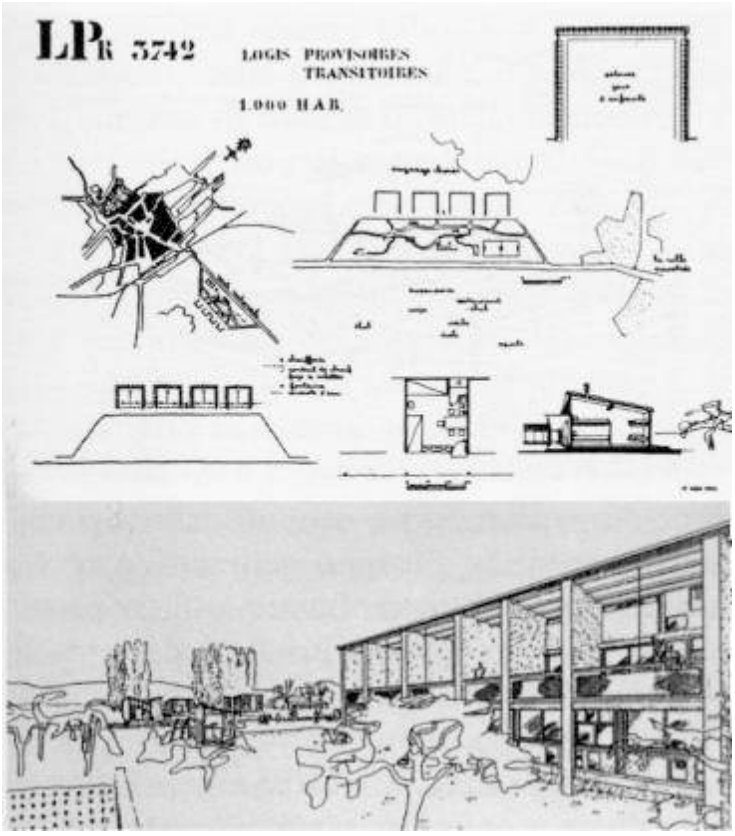



Fig. 24, In alto l "*Logis provisoires transitoires à la libèration*" proposti al Front national des architects da Le Corbusier nel 1944. In basso "*L'Unitè d'habitation transitoire*" proposta al Ministre de la Reconstruction et de l'urbanisme da Le Corbusier nel 1944.

Lo studio del rapporto fra le unità di alloggio e i servizi collettivi era rivolto per favorire lo sviluppo di nuove consuetudini di vita, partendo dalla condizione psicologica di forte disagio che predisponeva gli uomini alla socialità e alla collaborazione. Le Corbusier associa, quindi, i concetti di transitorio e provvisorio ad un'unica condizione dato che, secondo la sua visione l'alloggio è contemporaneamente provvisorio, perché occupato temporaneamente, transitorio, perché segna l'evoluzione di un modello abitativo[27].

"*Dall'alloggio, lo studio, si evolve all'unità di abitazione, alla città provvisoria transitoria. La natura sperimentale di questa particolare città è capace di continue trasformazioni attraverso l'aggregazione di moduli di base residenziali anche essi provvisori. Ma l'aspetto interessante che subito si evidenzia è la necessità di una ricerca per così dire parallela circa*

[27] Cfr. T. Giura Longo, op.cit. 125

*le possibili modalità di ampliamento ed accrescimento e la conseguente necessità di una riflessione sulla struttura di supporto alla quale questi moduli si dovranno "agganciare"*.[28]

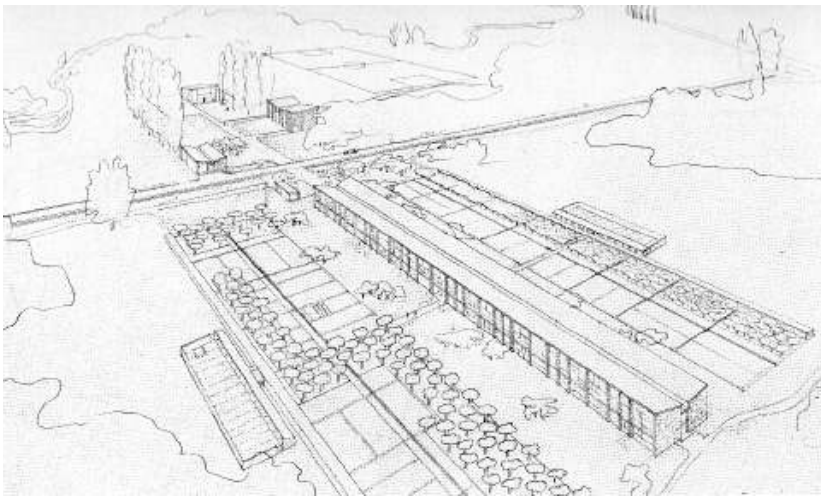


Fig. 25, "*L'Unitè d'habitation transitoire*"
In alto, agglomerati transitori di unità d'abitazione
In basso, veduta di una unità d'abitazione

Viene quindi esteso, fino al limite massimo, il concetto di abitare e può investire l'intera città e non arrestarsi alla soglia lecorbusiana della unità di abitazione. Il concetto di transitorietà di Le Corbusier, applicato alla progettazione dell'abitazione, diventa un contributo alla trasformazione e al perfezionamento dei dati di progetto ad ampia scala. "*La casa provvisoria transitoria, in Le Corbusier, svolge un ruolo paragonabile alla galleria del vento nelle progettazioni aerodinamiche: serve per adattare le forme alle circostanze prevedibili e per simulare le condizioni che la città nuova, altrove, realizzerà in modo completo*"[29]

## 3.4 R. BUCKMINSTER FULLER E LE SPERIMENTAZIONI TECNOLOGICHE AVANZATE

Richard Buckmister Fuller (1895-1983), ingegnere, architetto e futurologo può essere considerato uno degli studiosi più geniali dell'architettura e delle tecnologie ad essa collegate. Egli ha intuito con largo anticipo la necessità di una coscienza ecologica nella progettazione

[28] O. Iardino, op. cit. pag.19
[29] T. Giura Longo, pag. 132

architettonica. Secondo lui, la vita è un viaggio che l'uomo percorre in una navicella spaziale, la terra, in cui tutto l'equipaggio deve lavorare in armonia per assicurarsi, nel tempo, la sopravvivenza.

DOING MORE WITH LESS

Tra le sue invenzioni più conosciute ci sono: la Dymaxion House, capace di regolare le condizioni climatiche interne in modo naturale ed autonomo; La cupola geodetica, in cui viene sperimentata la potenzialità delle strutture geodetiche leggere a resistere alle catastrofi naturali; la Dymaxion Deployment Unit, sviluppata nel 1944, di cui riuscì a produrre alcuni esemplari destinati all'esercito americano. Ricerche improntate sempre sul principio: *doing more with less*, di trovare soluzioni ai vari problemi attraverso l'impiego di minori risorse, proprio come le forme di vita naturali. "*La sua ricerca, infatti, scaturisce dalla interpretazione strutturale dell'universo, con particolare riferimento alla formulazione einsteiniana, nella cui organizzazione globale è inserito*"[30]

IL LINGUAGGIO ARCHITETTONICO DI FULLER

"*Il linguaggio architettonico di Fuller è radicalmente innovativo, egli introduce il concetto di "design ambientale" utilizzandolo al posto di "architettura" per sottolineare la sua volontà di ricercare, nelle sue sperimentazioni, l'integrazione dell'uomo con l'ecosistema. Fuller sostituisce il sistema trilitico con la cupola, la compressione con la tensione, l'aspetto visivo delle strutture con quello funzionale, principi che oggi sono stati trasformati da utopie in realtà con le nuove tecnologie applicate all'architettura*".[31]

L'immagine che più descrive il pensiero Fulleriano è una forma unitaria, sferica, chiusa, legata a leggi generali di un sistema più ampio che lo contiene. L'energia è lo strumento di relazione cosmica fra le parti.

LA RICERCA DYMAXION

La ricerca "Dymaxion" testimonia la prima fase in cui si rivela l'architetto-inventore, diretta al controllo dell'ambiente per singole famiglie, si configura come corollario alla formulazione generale delle leggi cosmiche ed è caratterizzata dalla progettazione di alloggi prefabbricati mediante procedure derivanti da vari settori dell'industria. Alloggi prefabbricati caratterizzati dalla razionalizzazione della produzione, unificazione, modulazione, standardizzazione degli elementi.

La Dymaxion House (Dymaxion=**dy**namic+**max**imum+tens**ion**) viene concepita come un grande involucro ancorato ad una struttura sospesa con cavi acciaio e ad un albero maestro centrale, contenente percorsi e collegamenti verticali degli impianti.

Fuller metterà in pratica le sue conoscenze, attraverso la progettazione e la produzione industriale di alloggi per l'esercito e per i civili al fine di soddisfare bisogni primari causati dagli eventi bellici della seconda guerra mondiale. Prima risposta ai suoi assunti teorici è la *casa Dymaxion*

[30] R. Grimaldi, R. Buckminster Fuller- 1895-1983, Officina Edizioni, Roma, 1990, p. 7.
[31] C. Masotti, op. cit. 134.

*4D*, versione unifamiliare del *Multiple Deck 4D*, blocco abitativo pluripiano aviotrasportabile[32].

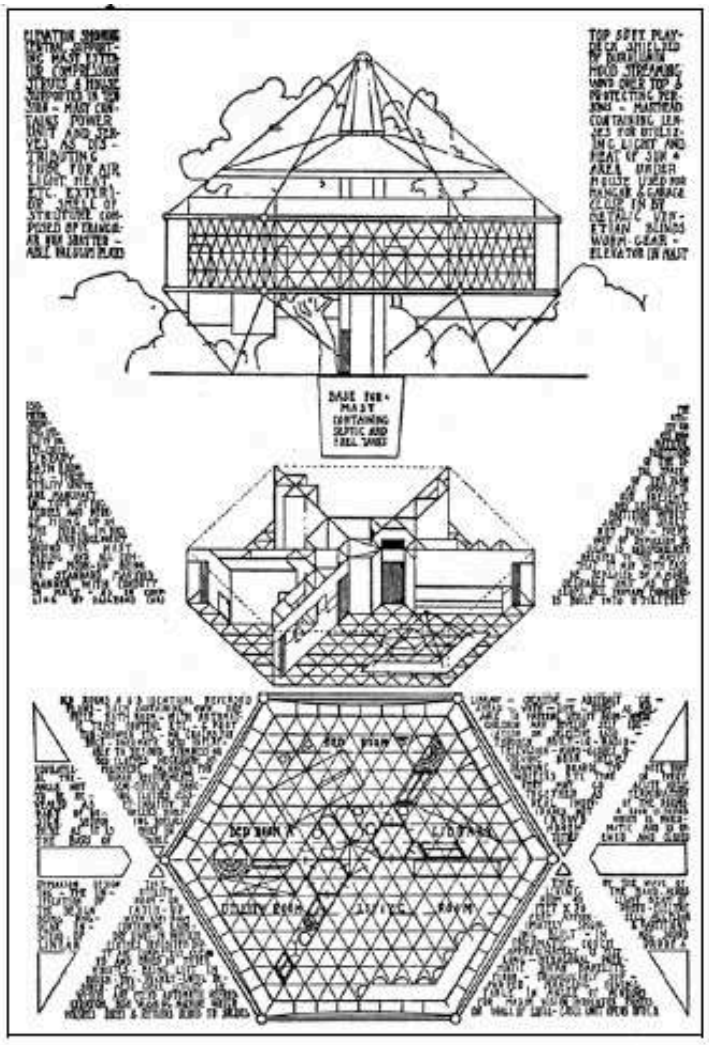


Fig. 26, disegno-manifesto del progetto Dymaxion di Fuller

La *casa Dymaxion 4D* diventa l'esemplificazione di tutte le teorie nel campo dell'edilizia industrializzata. Fuller studia, quindi, il problema dell'alloggio rispetto alla produzione industriale. Ne analizza così le componenti, il peso specifico, i materiali, le tecnologie applicate, la metodologia progettuale. La casa è intesa come oggetto strumentale, quindi al servizio dell'uomo ed è ottenuta da elementi fra loro assemblati a secco, in cui peso, struttura, sollecitazioni, orientamento, sfruttamento delle energie "pulite", sono perfettamente calcolate.[33]

[32] Il Multiple Deck 4 D è un prototipo alternativo per aggregati urbani. Realizzato industrialmente, viene messo in opera dallo stesso dirigibile che lo trasporta. Le caratteristiche costruttive sono : leggerezza, complessità di funzioni, autosufficienza. La tipologia strutturale è studiata per sopportare le sollecitazioni sia in fase di trasporto che di esercizio. In essa sono integrati tutti gli impianti tecnici.
[33] Cfr, Paduano, Op.cit. pag. 78

Nel 1940 l'esercito americano commissiona a Fuller lo studio di un prototipo di abitazione di pronto impiego adatto a rispondere alla forte domanda di alloggi per i soldati impegnati in Europa e per le famiglie sfollate in seguito ai bombardamenti della seconda guerra mondiale. Fuller sviluppa la sua Dymaxion Deployment Unit (DDU) in collaborazione con la Butler Manufacturing Company di kansas City, che all'epoca produceva silos per le graniglie in lamiera ondulata. Partendo dalla pianta circolare, l'architetto progettò un alloggio facile da montare e smontare, nel quale le pareti esterne e la struttura portante costituivano un'unità. Il progettista pensa ad un modulo abitativo economico di veloce realizzazione, costituito da una struttura cilindrica coperta da un tetto conoide composto di fogli d'acciaio convessi. Le porte, di queste unità abitative, possono essere inserite ovunque, sulle pareti di confine, ed essere utilizzate anche per collegare più moduli.

DYMAXION DEPLOYMENT UNIT

Fig. 27, La DDU di Fuller, prodotta dalla Butler Co., USA

Nel 1944, l'infaticabile progettista, ebbe l'occasione per vedere finalmente realizzata la Dymaxion House che aveva progettato nel 1927. Il prototipo dell'abitazione venne realizzato grazie all'interessamento dell'azienda aeronautica Beech di Wichita, in Kansas, che a corto di ordini cercava nuovi settori di sviluppo industriale. La nuova versione della Dymaxion presentava una pianta circolare ed era leggermente soprelevata rispetto al suolo. La piattaforma del pavimento era agganciata a un sottile pilastro d'acciaio per mezzo di tiranti dello stesso materiale. Questa forma venne scelta da Fuller per conferire stabilità alla struttura e, contemporaneamente, per limitare al massimo l'impiego di materiale per la sua realizzazione. La casa aveva un diametro di 11 metri e pesava 2200 kg, inclusi i mobili a incasso.

La cupola geodetica esprime in maniera emblematica l'interpretazione strutturale dell'universo di Fuller, infatti, "dall'immagine del solido terrestre, razionalizzato come macromolecole, o dal micro-organismo come espressione primitiva, ha origine la cupola geodetica"[34]. La cupola geodetica è una struttura trasportabile ed è un sistema reimpiegabile, che regola il rapporto spazio interno e spazio esterno, proiettandoli l'uno nell'altro.

Fig. 28, La Dymaxion house nella seconda versione

Lo spazio interno risulta ampiamente flessibile e adattabile ad ogni necessità, "se occorrerà una finestra per poter vedere qualche cosa che sta fuori, questa verrà aperta in quel punto preciso; se è necessario aumentare la luminosità all'interno del guscio, l'involucro diverrà translucido; si potranno realizzare partiture in orizzontale o verticale ed il volume subirà un ampliamento enorme ad ogni minimo incremento della misura del raggio e della superficie esterna del manufatto che potrà adattarsi facilmente all'orografia del terreno"[35]. Staticamente la struttura è ottenuta da una concatenazione di maglie chiuse di 3 aste ciascuna e quindi è una struttura rigida. Attraverso la cupola geodetica viene superato il principio del trilite, archetipo dell'architettura tradizionale, tutto, quindi, diventa un unico grande elemento. Copertura, pareti di chiusura sono uniti, fusi insieme in una grande struttura.

Fuller con la sua creazione, suggerisce inoltre l'utilizzazione di tecniche costruttive industriali che realizzino un prodotto interamente finito

[34] R. Grimaldi, op. cit. pag 11
[35] Ibidem, pag. 12

in officina e trasportato nel luogo di destinazione, quindi, direttamente applicabile.

IL PENSIERO SCIENTIFICO DI FULLER

"Buckminster Fuller introduce il pensiero scientifico contemporaneo nel campo dell'architettura". La sua ricerca, parte dalla casa come micro organismo attrezzato, dal concetto di produzione di prodotti preassemblati in officina e così via, e arriverà a concepire insediamenti residenziali per migliaia di abitanti prodotti attraverso processi industriali. Macrostrutture cioè in cui gli alloggi preconfezionati vi si inseriscono con la possibilità di essere poi, successivamente, sostituiti se necessario. Il suo tentativo rimane quello di organizzare i processi industriali per l'edilizia su basi scientifiche, in modo da produrre spazi per gli uomini, economici, adatti a soddisfare le loro esigenze, quindi, di alta qualità con il massimo comfort possibile. «In altri termini egli sostituisce (…) ad una scienza umana che crea l'architettura, una scienza naturale che all'interno di un universo di relazioni razionali, genera l'architettura in grado di soddisfare i bisogni socio-funzionali dell'uomo"[36]

## 3.5 ABITAZIONI TRANSITORIE E TEMPORANEE A BASSO COSTO

Oggi una serie di concomitanze negative, legate alla crisi del modello di sviluppo capitalistico, che hanno determinato una forte condizione di disparità sociale, con un enorme divario di accesso alle risorse tra le popolazioni economicamente forti e quelle deboli, complicano ulteriormente l'approccio alla risoluzione dei problemi legati all'emergenza abitativa, sia di natura accidentale, derivata da eventi eccezionali, sia di natura abituale, legata a fenomeni permanenti di disagio sociale.

SOLUZIONI ABITATIVE TEMPORANEE A BASSO COSTO

"*L'attuale necessità di offrire soluzioni abitative temporanee e/o a basso costo, adatte alle fasce deboli della popolazione, agli attuali stili di vita e alle situazioni lavorative ed economiche, unita alla volontà di ridurre le emissioni nocive, i consumi energetici e la dipendenza dai paesi produttori di petrolio, delineano una situazione di emergenza che richiede una rinnovata e diffusa operatività per approdare a scelte progettuali e tecnologiche appropriate*."[37] In molti paesi si stanno tentando nuovi percorsi culturali in questa direzione, caratterizzati da una particolare sensibilità verso il tema dell'esauribilità delle risorse e il tema dell'etica sociale, con investimenti nella ricerca scientifica e nella sperimentazione sul campo di

[36] P. Spadolini, (a cura di), Design e tecnologia. Un approccio progettuale all'edilizia industrializzata, Ed. L. Parma, Bologna, 1974, p.37
[37] C. Masotti, Op.Cit. pag. 514

nuove soluzioni nell'ambito della pianificazione del territorio, della progettazione architettonica e della tecnologia dell'architettura. Si tenta in sostanza una rivisitazione delle metodologie di analisi e d'intervento per la soluzione di problemi legati alle nuove esigenze socio-economiche presenti nella collettività contemporanea, sempre più caratterizzata da una vasta complessità di relazioni.

La rivisitazione di questi approcci disciplinari porta a nuove sperimentazioni nel campo delle tecnologie, definite, povere e a basso costo al fine di potere immaginare nuove metodologie di impiego di, soluzioni progettuali, materiali, componenti e tecnologie povere con lo scopo di ridurre ulteriormente il costo di costruzione e di gestione delle abitazioni transitorie e comunque di indirizzo sociale, garantendo qualità architettonica e standard minimi di benessere abitativo. Una prefabbricazione leggera unita a tecnologie costruttive basate su componenti edilizi realizzati in opera, con materiali locali e manodopera anche non qualificata, possono rappresentare una valida risposta per soluzioni costruttive low cost di qualità, adottabili in situazioni di emergenza abitativa. Un contributo valido è stato offerto dalle esperienze del *self-help-housing e co-housing*, ovvero dalla progettazione, con laboratori di autentica partecipazione sociale, e costruzione di sistemi insediativi, da realizzarsi anche in autocostruzione, parziale o totale, economicamente accessibili alle fasce sociali deboli, generando fenomeni di inclusione delle culture locali.

SELF-HELP-HOUSING

L'associazione del *self-help-housing* con l'impiego di tecnologie costruttive semplici, permette di potere realizzare sperimentazioni di autocostruzione low cost con il recupero di materiali di scarto, importante per l'aspetto economico e sociale. Questo approccio consente un notevole risparmio economico, essendo la manodopera formata, in tutto o in parte, dagli stessi futuri abitanti, stimabile in circa il 50% rispetto ai costi di un processo costruttivo di tipo tradizionale. L'autocostruzione contribuisce al miglioramento delle condizioni socio-psicologiche dei futuri abitanti perché favorisce l'integrazione, migliorando il rapporto tra essi e il luogo. Queste metodologie costruttive consentono, inoltre, ai futuri utenti di potere completare e personalizzare la propria costruzione in tempi e modi differenti, in autonomia, rafforzando il rapporto di identificazione con la propria casa, di fondamentale importanza per ciascun individuo, perché materializza concretamente una sua identità riducendo gli effetti negativi delle politiche assistenziali che spesso escludono le risorse culturali locali.

NEW GOURNA VILLAGE

Un precursore del self-help-housing è stato Hassan Fathy, che nel suo saggio Architecture for the Poor ci affida un messaggio di speranza, descrivendo la sua esperienza di progettazione partecipata con la gente povera, per pervenire ad una soluzione che soddisfi le esigenze e

necessità della famiglie, impiegando e quindi tramandando le tecniche costruttive antiche, le tipologie edilizie tradizionali e i materiali locali in funzione delle risorse del luogo. Con questo spirito concepì e realizzò con la gente, tra il 1946 e il 1953, il villaggio di New Gourna in Egitto, un esempio di collaborazione e integrazione tra progettista, abitanti, operai e tecnici che grazie all'impiego di tecniche e materiali locali riuscirono, anche se solo parzialmente, nell'impresa di costruire un villaggio a bassissimo costo che soddisfaceva esigenze abitative e tecnologie costruttive tradizionali. "Se vuole costruire per il popolo, l'architetto deve sapere dall'inizio che dovrà condurre una lotta amara".

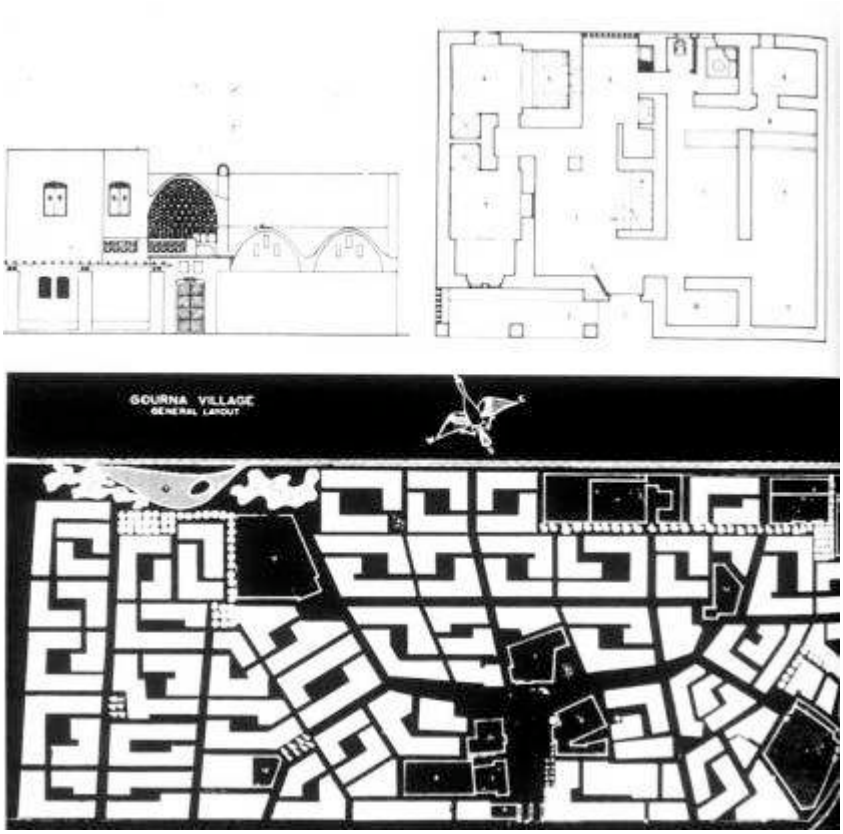



Fig. 28, Gourna Village di Hassan Fathy,
planimetria, pianta e prospetto di un alloggio tipo

Senza illudersi l'architetto deve quindi affrontare ogni problema tecnico ed artistico con la convinzione di poterlo superare cercando di rispondere correttamente alla responsabilità morale e sociale che la sua opera sottende: "E' perché si ama misurarsi con tale difficoltà che si diviene architetti",[38] e progettisti.

QUINTA MONROY
ELEMENTAL

Nel 2002 viene bandito il concorso internazionale *Elemental Chile,* finalizzato alla realizzazione di case a basso costo da prevedere in diversi contesti del territorio cileno, in 7 distinti insediamenti di 1 ettaro l'uno. Il

[38] C. Masotti, Op. Cit. pag. 537, da una citazione di Hassan Fathy.

concorso (organizzato dalla Pontificia Università Cattolica del Cile, dalla Harvard Design School, dal David Rockefeller Center for latin American Studies of Harvard in collaborazione con il Ministero della Residenza e dell'Urbanistica cileno) si è concluso a Santiago del Cile a fine novembre 2003 e ha visto la partecipazione di più di 500 gruppi da tutto il mondo. L'approccio al tema si inquadra all'interno del programma *VSDsD* (Vivienda Social sin Deuda) del Ministero dell'*Housing* cileno. Il programma tende a favorire, attraverso il finanziamento dei progetti vincitori, le fasce di popolazione meno abbienti che non abbiano la possibilità di accedere a crediti finanziari. VSDsD consiste in un sussidio di 7.500 dollari a famiglia che, secondo il valore corrente della valuta nell'attuale mercato cileno, permette la costruzione di uno spazio residenziale di circa 25/30 mq per famiglia dotati di servizi (luce, acqua, infrastrutture). Ciò significa che i beneficiari di questo programma possono realizzare da soli iniziative di autocostruzione per migliorare, trasformare ed espandere nel tempo la dotazione minima di superficie da loro ricevuta all'interno del quartiere residenziale realizzato dal programma.

Fig. 29, "Quinta Monroy", Iquique, alloggi originari e ampliamenti

Alejandro Aravena, tra i vincitori del concorso, ha sviluppato un progetto pilota di edilizia "da completare" che interessa 93 famiglie, e che servirà come primo modello per la verifica di queste intenzioni. Dal momento della sua apertura nel dicembre 2004, "Quinta Monroy" di Iquique si è prestata con successo all'espansione e all'adattamento graduale dei suoi volumi originari.

"Grazie ai laboratori di appoggio tecnico e progettuale coordinati dagli architetti di Elemental, gli abitanti, coinvolti anche nella fase di progettazione in un articolato dialogo partecipativo, hanno iniziato un processo di ampliamento e modificazione delle architetture e degli spazi del

quartiere: preservando i caratteri del progetto architettonico originario, gli interventi di completamento vanno dall'integrazione di elementi di arredo, all'assemblaggio di frammenti delle vecchie case, fino a interventi più complessi di ampliamento, similmente ad altre esperienze di architettura residenziale sovvenzionata in America Latina (il quartiere El Tigral a Bogotá di René Carrasco o gli interventi a Cabo Frio, Rio de Janeiro)."[39]

CO-HOUSING

Il Co-housing, che significa "abitare insieme" o "co-residenza" si basa sull'idea di poter coniugare la possibilità di vivere in una casa di proprietà e di condividere con i vicini gli spazi comuni gestendoli in comproprietà. Questa scelta organizzativa ha dato origine a micro-quartieri, o borghi cooperativi, dotati di servizi condivisi: biblioteca, micronidi, lavanderia, spazi per la raccolta differenziata dei rifiuti, per l'orticoltura, la mobilità, il tempo libero ecc. I primi quartieri in co-housing sono nati in Scandinavia negli anni sessanta del secolo scorso e attualmente si sono diffusi anche in Inghilterra, Stati Uniti, Australia e Giappone in una logica di sviluppo sostenibile che tende alla convivenza civile e senza sprechi.[40]

Gli insediamenti di solito sono composti da 20-40 unità abitative, per famiglie e single, che si sono scelti tra loro e hanno deciso di vivere come una "comunità di vicinato" per poi dar vita – attraverso un processo di progettazione partecipata - alla realizzazione di un 'villaggio' dove coesistono spazi privati (la propria abitazione) e spazi comuni (i servizi condivisi). La progettazione partecipata riguarda sia il progetto edilizio vero e proprio – dove il design stesso facilita i contatti e le relazioni sociali – sia il progetto di comunità: cosa e come condividere, come gestire i servizi e gli spazi comuni. Le motivazioni che portano alla co-residenza sono l'aspirazione a ritrovare dimensioni perdute di socialità, di aiuto reciproco e di buon vicinato e contemporaneamente il desiderio di ridurre la complessità della vita, dello stress e dei costi di gestione delle attività quotidiane.

Il più grande progetto di co-housing realizzato è il Gemeenschappeliijk wonen project a Nieuwegein nei Paesi Bassi, prevede di alloggiare 190 persone con 26 case condivise con ambienti comuni per studiare, lavorare, dormire, 21 appartamenti, un ristorante, un negozio dell'usato, un bar ad uso esclusivo degli abitanti del villaggio e dei loro amici. Queste esperienze di condivisione di solito portano ad un risparmio delle risorse del 20% circa rispetto alla città "normale".[41]

Se l'help-self-housing e il co-housing, ovvero metodologie alternative di pianificazione con approcci tecnologici low cost, possono rappresentare una risposta ai problemi abitativi di natura abituale, legati a fenomeni di disagio sociale, più o meno permanenti, per quanto concerne quelli legati a

[39] F. Gallanti, Elemental Aravegna, su www.domusweb.it
[40] Cfr. C. Masotti, Op. Cit. pag. 541
[41] Dati reperiti sul sito www.cohousing.it

cause accidentali, da eventi bellici o calamità (pseudo)naturali, è possibile evidenziare una ricerca mirata alle soluzioni tecnologiche e all'impiego di materiali a basso carico energetico. In questo secondo caso si è cercato di portare una innovazione nel prodotto tecnologico piuttosto che nel processo metodologico di approccio al problema. L'innovazione nel caso di sistemi abitativi transitori temporanei, legati ad eventi eccezionali, prevede l'adozione di materiali tradizionali, alternativi, provenienti da processi di riciclo, a basso costo o ibridi, in genere poco utilizzati perché reputati meno convenienti rispetto a quelli di produzione industriale, rivalutando culture costruttive e risorse disponibili locali.

PAPER LOG HOUSE

Basato sul principio del "do it yourself", ovvero della possibilità di una attiva partecipazione, in sito, alla costruzione da parte dei destinatari, la Paper Log House è diventata un'icona delle architetture low cost destinate all'emergenza.

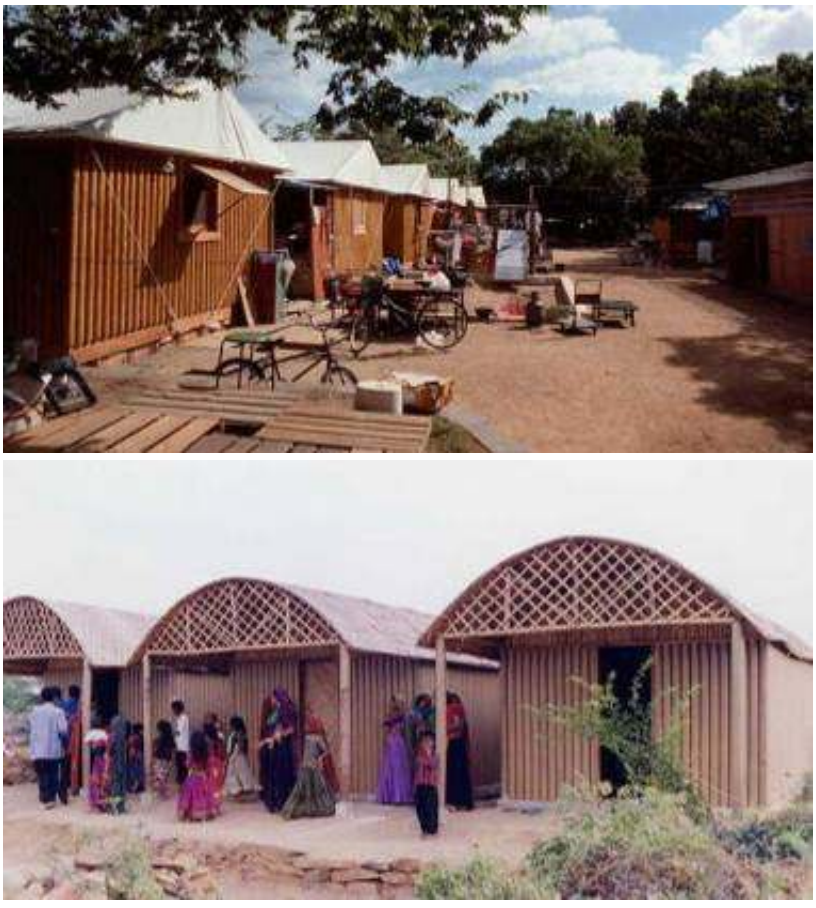


Fig. 30, "Paper Log House", in Giappone e in India

Gli studi per un alloggio di emergenza a basso costo iniziano per Shigeru Ban nel 1994 quando l'UNHCR coinvolge l'architetto giapponese in un programma di aiuti per il Ruanda. Inizialmente la ricerca di Ban era mirata alla sperimentazione di una struttura resistente per i teli in Pvc che venivano forniti ai rifugiati come riparo. Le popolazioni locali, avendo

ottenuto come riparo il solo telo senza alcun sostegno, avevano iniziato a disboscare le foreste vicino i campi di riunione. L'UNHCR provvide alla fornitura di tubolari in alluminio per tentare di arginare il taglio indiscriminato degli alberi. Il tentativo fallì miseramente in quanto, le popolazioni ormai alla fame preferirono vendere i tubolari e continuare a tagliare le piante per costruirsi dei ripari. Shigeru Ban per ovviare al problema propone l'impiego di tubi di cartone da realizzare direttamente sul posto, con l'impiego di carta riciclata e di un macchinario per la realizzazione dei componenti. Il terremoto di Kobe, in Giappone, nel 1995 fa dirottare improvvisamente l'impegno del progettista verso il luogo della calamità, dove realizza 27 moduli abitativi con questo sistema costruttivo. Ban progetta e realizza delle piccole case a basso costo, circa 2500 euro ciascuna, basate su una struttura involucro in tubi di cartone (108 mm di diametro e 4 mm di spessore), poggiante su fondazioni realizzate con una zattera di cassette di plastica riempite di terra o sabbia coperte da un telo impermeabile. La stesso sistema costruttivo è stato impiegato in Turchia nel 1999 e in India nel 2001, con alcune modifiche dettate dalle particolari condizioni climatiche dei luoghi.

Le metodologie di processi e di prodotti a basso costo hanno come denominatore comune una appropriazione del territorio "leggera", poco invasiva, da realizzarsi con costruzioni semplici ma capaci di instaurare un legame sostenibile tra l'uomo e l'ambiente. Queste metodologie, che applicate si materializzano in architetture reversibili e mobili, devono essere in grado di adattare le prestazioni dei manufatti, la loro forma, la loro struttura, in funzione alle molteplici esigenze delle persone e alle caratteristiche del luogo di costruzione. Architetture leggere, modificabili nel tempo e nello spazio, delineano una capacità di adattamento della costruzione che fisiologicamente riducono l'impatto sull'ambiente naturale e sulla struttura sociale della comunità che la "ospitano". Questa necessità progettuali, possono rappresentare un'occasione per sperimentare nuove tecnologie e nuovi materiali per migliorare le fasi di realizzazione e gestione dell'organismo edilizio. Inoltre è possibile ipotizzare nuove tipologie e nuove forme aggregative capaci di adottare elementi o componenti innovativi realizzati con l'ausilio di tecnologie e materiali legati alla tradizione locale al fine di migliorare le caratteristiche di sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

## PARTE SECONDA

# LA TERRA CRUDA

CAPITOLO 4

# LA CULTURA COSTRUTTIVA DELLA TERRA CRUDA

## 4.1 SOSTENIBILITA' DELLE COSTRUZIONI DI TERRA: INNOVAZIONE TECNOLOGICA E SAPERI TRADIZIONALI

Nella condizione umana il rapporto tra uomo e natura è sempre mediato dalla tecnologia. Sin dall'origine l'uomo si avvale di strumenti che gli consentono di intervenire sulla materia naturale. Questi, rendono possibile azioni difficilmente ottenibili con il solo lavoro delle mani. Al crescere del progresso tecnologico questo rapporto di mediazione vale anche nel fare architettonico. Nell'architettura sostenibile, il ruolo dello strumento tecnico è fondamentale al fine di guidare il processo produttivo in relazione ai fattori naturali e di rendere questo rapporto di interesse strategico nelle scelte progettuali.

La cultura, dunque, espressione della manifestazione dell'intelletto umano, in tutte le sue sfaccettature, è alla base di questa separazione tra ambiente naturale e ambiente artificiale che si manifesta con la materializzazione di oggetti tecnologici frutto di ***tecne*** (operare) e ***ars*** (cognizione).

La sostenibilità, nella sua accezione culturale, fondamento per soluzioni tecnologiche, non deve porre le sue basi su conoscenze esclusivamente attuali ma anche, e soprattutto, in funzione del substrato su cui queste capacità si sono sviluppate. Il bagaglio culturale necessario per affrontare le problematiche ambientali, in riferimento all'architettura, che di solito si forma sulle punte estreme della ricerca tecnologica, non può prescindere dal patrimonio tradizionale di "saperi" in sé ricco di contenuti ecosostenibili.

"Se tra le sfide tecniche e culturali più rilevanti del terzo millennio si può collocare la ricerca sul rapporto innovazione-tradizione, allora l'architettura in terra cruda rappresenta davvero una frontiera nella quale si incontrano alcuni degli strati storici più antichi con i nuovi bisogni del terzo

millennio."[1] La crisi della razionalità tecnica puramente lineare, che per tutto il ventesimo secolo ha dominato nella cultura dell'occidente industrializzato, imponendo la concezione vincente del progresso tecnologico senza freni come intrinsecamente positivo e autosufficiente ha prodotto varie emergenze ambientali che hanno dimostrato, di contro, i "limiti dello sviluppo", contribuendo alla nascita di nuovi paradigmi che interpretano in modo più adeguato i rapporti tra i fattori dell'innovazione e del cambiamento e gli elementi della permanenza.

In questi ambiti di analisi complessa la cultura del costruire deve individuare degli spazi per tentare un processo di riscoperta delle tecniche legate all'impiego della terra cruda, che presenta ai nostri occhi di contemporanei lo straordinario pregio di essere assolutamente non energivora, di costituire cioè una risposta *ante litteram* ad uno dei principali problemi a cui ci troviamo esposti.

"Le costruzioni in terra cruda nascono proprio con l'obiettivo intrinseco di adeguamento alle condizioni locali, dell'uso intelligente delle risorse che può offrire un sito in un determinato contesto. La natura stessa del materiale, che lo costringe a trasformarsi in elemento edilizio "per formatura", è stata alla base dello straordinario sviluppo della cultura costruttiva che lo ha riguardato."[2]

La terra, così come il legno e la pietra, è tra i primi materiali da costruzione impiegati dall'uomo nel momento in cui, con l'affermarsi dell'agricoltura e dell'allevamento, si presenta l'esigenza di una maggiore permanenza e stabilità sul territorio e quindi di costruzioni più solide e durevoli di quanto potessero essere i ripari temporanei utilizzati in età paleolitica.[3]

"La storia delle tecnologie costruttive in terra, intese come sistemi accessibili e decentrati, è antica per lo meno quanto le società urbane: essa, infatti, è legata alla grande rivoluzione agricola della mezzaluna fertile che vide nascere, all'incirca 10.000 anni fa, i primi insediamenti realizzati quasi interamente in terra. La grande trasformazione urbana della rivoluzione agricola era basata su precisi equilibri geo-idro-insediativi che utilizzavano i cicli ed i processi naturali (clima, esondazioni fluviali, materiali rinnovabili e riciclabili ecc.) come struttura permanente (e limitante) delle grandi trasformazioni socio-culturali."[4]

Contrariamente a quanto si crede, le tecniche in terra non hanno, quindi, caratterizzato gli insediamenti agricoli, ma hanno un codice

[1] A.Sanna, Architetture in terra. Tradizione e innovazione nei contesti europei e mediterranei, sta in Parametro n. 250, Milano, marzo-aprile 2004, pag. 56.
[2] A. Sanna, Op.cit. pag. 56.
[3] T. Firrone, Nuove forme ed espressioni dell'architettura in terra cruda, sta in M. Germanà e R. Panvini, a cura di, La terra cruda nelle costruzioni, Palermo 2008, pag.193.
[4] G. Scudo, I sentieri interrotti, sta in AAVV, Costruire con la terra, tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni, Napoli, 2001, pag. 5.

"genetico" prevalentemente urbano. Se si eccettuano gli insediamenti "imperiali", cioè quelli realizzati da sistemi a grande scala (come quello romano), gran parte dell'edilizia diffusa nelle città europee fino alla rivoluzione industriale era realizzata con tecniche in terra cruda. Solo recentemente si è compreso quanto fossero diffuse queste tecniche, perché da un lato si stanno studiando le "tracce" della loro diffusione storica, dall'altro si comincia a riconoscere meglio, e quindi a rivalutarne, le prestazioni complessive (ambientali, di reversibilità, di manutenibilità; meccaniche ecc.).

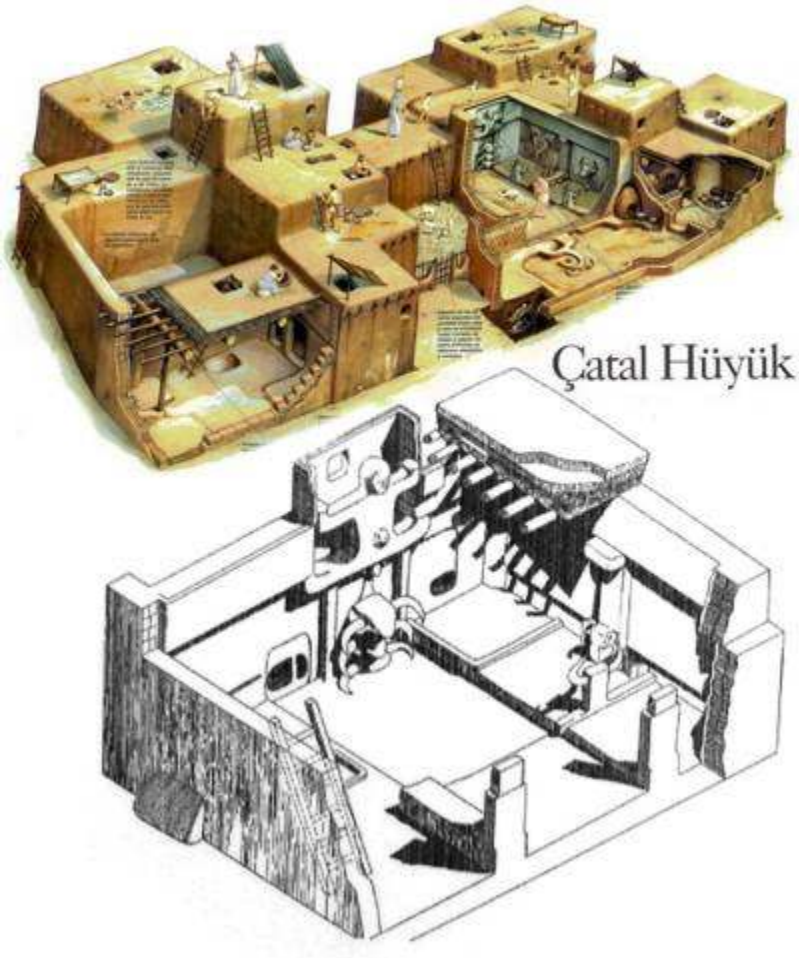



Fig. 31, ricostruzione dell'abitato e di una cellula tipo di Catal Hūyūk,

L'interesse per l'architettura in terra cruda cresce ininterrottamente da diversi anni sia in Europa sia nei paesi di quasi tutto il mondo. Soprattutto in quanto parte integrante di quella serie di tecniche costruttive che, grazie ad un nuovo approccio nei confronti delle risorse e dell'ambiente, si pongono in alternativa alle consuete tecniche. Infatti, queste ultime anche se molto più diffuse spesso sono anche molto "costose" come carico energetico e quindi gravano esageratamente sull'equilibrio ambientale.

Non tutti sanno che un edificio può essere costruito con della semplice terra, a patto di conoscere e applicare correttamente le tecniche associate a quello che in fondo è un materiale costruttivo come un altro. Tant'è che in passato, fino a mezzo secolo fa, l'architettura di terra non destava meraviglia, proprio perché era considerata un'alternativa alle altre tecniche costruttive in uso.

Anche i maestri dell'architettura contemporanea si sono misurati con questo materiale. Le Corbusier ha prediletto la tecnica del *pisè* mentre Wright quella dell'adobe. Ma nel primo dopoguerra, con l'introduzione dei moderni materiali, la terra cruda comincia ad essere lentamente emarginata fino ad essere quasi del tutto dimenticata e sottovalutata. Solo dalla metà degli anni settanta (anche grazie alla crisi energetica) è cominciata un'operazione di valorizzazione che continua tutt'oggi e che sta destando notevole interesse soprattutto nell'ambito dell'architettura sostenibile.

L'architettura di terra, oggi come nel passato, è diffusa a quasi tutte le latitudini. Il tipo di clima e il livello di sismicità hanno influenzato poco la scelta di questo materiale. Le diverse civiltà hanno sempre trovato il modo di impiegare la terra perfezionando tecniche e adattandola alle loro esigenze per plasmarla in forme spesso originali.

"Ciò che maggiormente caratterizza la diffusione dell'architettura di terra nel mondo ai nostri giorni, è la netta diversità di approccio tra paesi industrializzali e paesi in via di sviluppo. Due realtà per certi versi opposte che lentamente stanno convergendo anche grazie a questa lettura dell'architettura in chiave sostenibile. Oggi vediamo da una parte i paesi in via di sviluppo dove persiste una tradizione architettonica in terra cruda continuamente minata dalle lusinghe di progresso del mondo industrializzato e dalle sue moderne tecnologie. Molto spesso in questi paesi avviene quel fenomeno già conosciuto dai paesi industrializzati ovvero il rifiuto delle tecniche tradizionali e l'associazione di queste a situazioni di miseria. Dall'altra parte, i paesi industrializzati cominciano a riscoprire le potenzialità della terra cruda e ne promuovono l'utilizzo."[5]

La costruzione in terra cruda non è quindi passata indenne attraverso la "crisi della modernità". Le ragioni stesse di questo modo di costruire sono state messe in discussione, e la percezione del valore di un intero universo di saperi e pratiche è stata largamente oscurata sino a perdere quasi completamente le tracce in molte aree del nostro pianeta, soprattutto nei luoghi della tecnologia dominante.

Oggi la crescita di interesse verso questa "risorsa" naturale ci pone davanti ad un paradosso, solo apparente per fortuna: il massimo della

[5] B. De Sensi, Architettura di terra, architettura sostenibile, sta in Parametro n. 250, Milano, marzo-aprile 2004, pag. 50

naturalità, la terra, può diventare una frontiera della modernità. Un legame inscindibile riconnette, nella considerazione contemporanea, l'esigenza di progettare architetture legate al contesto locale con la necessità di impiego di materiali bio-ecologici a basso impatto energetico.

## 4.2 EVOLUZIONE DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

Negli ultimi anni si sono moltiplicati i momenti d'incontro e condivisione delle conoscenze che hanno sia lo scopo di diffondere lo stato dell'arte delle realizzazioni e dell'evoluzione tecnologica in questo settore, che quello di trovare gli strumenti per un consapevole utilizzo di questa forma di architettura. Nella contemporaneità le opere di architettura in terra stanno sempre più aumentando in numero, è possibile citarne solo alcune come esempio: il quartiere di *Le Domaine de la Terre, a Ville Fontaine* in Francia; *gli appartamenti-studio di Rick Joy a Tucson Arizona* negli USA; *La chiesa della Conciliazione a Berlino e l'ospedale cantonale FeldKirch nel Voralberg, Austria* di Martin Rauch, Il *Bowali Visitor Information Centre*, Australia di Glenn Murcutt & Associates and Troppo Architects, La residenza *Low Compound*, a Scottsdale, Arizona, USA, dello Jones Studio, La *Ooi House* a Prewelly, Western Australia di Kerry Hill Architects, Il *Mason's Bend Community Center*, a Mason's Bend, Alabama, USA di Rural Studio, l'*Eden Project Visitor Centre*, in Cornwall, Gran Bretagna, di Grimshaw Architects, La *Split House* a Yanqing, Pachino, Cina dell'Atelier FCJZ, L'*Amankora Bhutan Resort* nel Bhutan, di Kerry Hill architects, La *Druk White Lotus* School a Shey, Ladack, India di Arup Associates, La *Villa Eila* a Mali, Guinea, di Hakkinen – Komonen Architects, la *Primary school* a Gando in Burkina Faso di Diébédo Francis Kéré, la *Handmade School* a Rudrapur, Bangladesh di Heringer – Roswag Cooperation ecc. Questa però non rappresenta che una minuscola parte del patrimonio di nuove costruzioni in terra sparse per il mondo.

"E' importante ricordare che questa rinascita non è stata improvvisa, in realtà già subito dopo la seconda guerra mondiale, quando in occidente sorgevano i primi dubbi sulla validità della terra come materiale da costruzione, molti governi promuovevano ricerche e sperimentazioni per stabilirne i limiti. Queste operazioni si sono susseguite per circa 30 anni, le più importanti sono state in Germania tra il 1945 e il 1958, dove il Ministero per la Ricostruzione dopo la sperimentazione, realizzò migliaia di alloggi intorno a Monaco di Baviera. La Francia realizzò alloggi pilota nelle vicinanze di Calais più o meno nello stesso periodo. Tra il 1947 e 1950

l'India costruì numerosi alloggi sperimentali. Nel 1967 fu il Marocco a realizzare la sperimentazione nella città dì Uarzazat.

Fig. 32, Marte e Marte architekten, Cemetery extension, Batschum, (A); Akira Watanabe, w-house, Tokyo, (Jp); Rural Studio, Mason's Bend community center, Hale County, (USA); Nicholas Grimshaw, Eden Project, St. Austell, (GB); John Wardle Architects, Vineyard residence, Mornington (AU); Roger Boltshauser e Martin Rauch; casa Rauch, Schlins (A)

LE CORBUSIER

Nel 1973 se ne realizzano altri a Gerico sul fiume Giordano e tra le ultime gli alloggi popolari di Ville Fontaine in Francia risalenti al 1985. Prima che iniziasse questa fase di depurazione dai dubbi sull'architettura di terra, architetti del calibro internazionale come Le Corbusier e Wright si sono misurati con progetti di questo tipo. Di Le Corbusier ricordiamo alcuni prototipi nell'ambito de *I Cercles de Jeuness,* del 1940, *L'Unite d'habitation transitorie,* del 1944, I progetti della Città Permanente di residenza della Saint-Baume, presso St. Malo, del 1948. Inoltre Le Corbusier scrisse e pubblicò un manuale in cui erano illustrate, tra le altre, le tecniche di costruzione con terra allora più diffuse in Europa. Il fascicolo aveva per titolo *Les constructions Murondins.*[6]

F. L. WRIGHT

Per quanto riguarda Wright, sono giunti fino a noi i disegni per la *Pottery House,* commissionatagli nel 1942 da Lloyd Burlingame, abitazione che doveva sorgere a El Paso in Texas. L'edificio consisteva in una casa in *adobe* secondo la tradizione locale. L'edificio fu realizzato solo nel 1979 a Santa Fé in New Mexico da un imprenditore che ne acquistò i disegni e li fece completare dagli addetti della *Frank Lloyd Wright Foundation.*

[6] B. De Sensi, Op. cit. pag. 50.

Questo ci dimostra che fino a quel momento, nessuno trovava bizzarra la costruzione di una chiesa, di un fienile, di un ufficio postale, di un condominio o una villa in terra. E questo fin da tempi remoti, lo testimoniano ad esempio In Italia, i carteggi amministrativi che descrivono compravendite, appalti e costruzioni in tutto il periodo pre-rinascimentale fino alla fine del XIX secolo. Altre tracce e testimonianze ci dimostrano che costruire in terra era consueto anche tra la fine dell'impero romano e la fine del medioevo. Nell'antica Roma, le opere in terra erano molto diffuse: ne parlano Plinio, Palladius (Op agr, 6,12) e Vitruvio (2,3,1) che ne descrive le caratteristiche. Se ne conoscevano tre tipi: *Lidio* (45x30cm) *Pentadoron* (37x37cm); *Tetradoron* (30x30 cm). Inoltre questi ed altri autori ci segnalano l'uso di altri formati non solo a Roma ma in tutto il Mediterraneo come ad esempio i greci, che usavano la terra cruda e in particolar modo gli *adobe* nelle loro città.

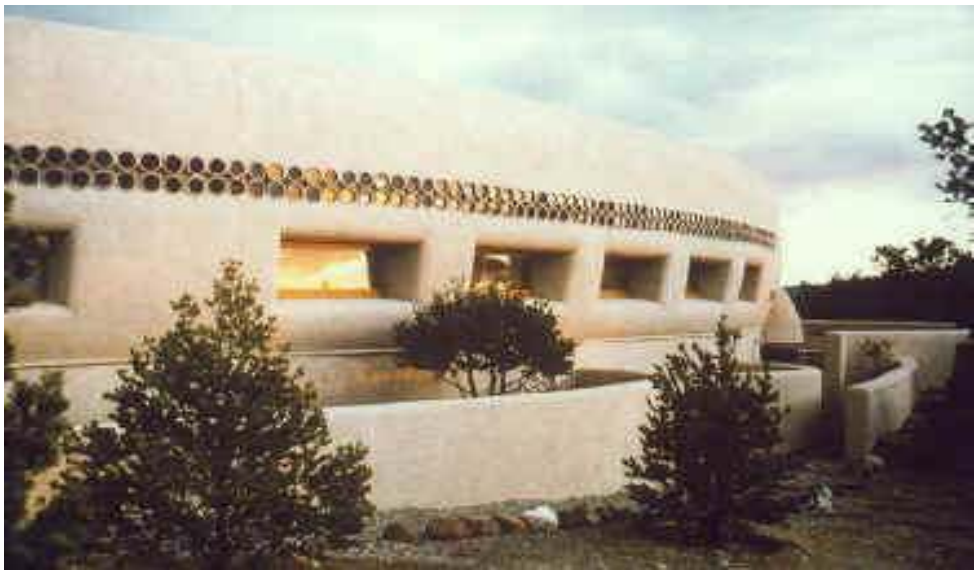


Fig. 33, Pottery house, F.L.Wright Foundation, 1979, Santa Fè Messico

Alcune tracce sono ancora visibili in Italia come le mura antiche della città di Gela o di Reggio Calabria, ma anche abitazioni, ritrovate recentemente in scavi ad Agrigento, tutte città della Magna Grecia. "La struttura delle mura di Gela è formata nella parte inferiore da due cortine di pietra arenaria con riempimento in mattoni, pietrame di terra, mentre la successiva sopraelevazione è costituita di mattoni in terra cruda essiccati al sole, aventi dimensioni di 40x40x8 circa".[7]

Nelle civiltà precedenti o parallele a quella greca l'architettura di terra era largamente diffusa, sia in Africa, Asia che nelle Americhe. Un'importante testimonianza è data dal libro dell'Esodo. Nel racconto di

[7] Bertagnin M. Architetture di terra in Italia, Monfalcone, 1999, pag. 247.

Mosè, troviamo la descrizione della fabbricazione degli adobe, compito che era stato assegnato forzatamente al suo popolo in Egitto.

Fig. 34, Mura Timoleontinee, III sec. A.C., Capo Soprano, Gela (I);
Muro contro terra di una casa d'abitazione, basamento in pietra e sovrastruttura in terra battuta, quartiere ellenistico romano di Eraclea Minoa, Agrigento, (I)

**CATAL HŪYŪK**

Andando ancora indietro nella nostra storia arriviamo al Neolitico, periodo in cui sono nate le prime città, negli anni '50 sono state ritrovate vicino Konya, nell'attuale Turchia, i resti di una città chiamata Catal Hūyūk costruita con mattoni di terra cruda circa 8.000 anni fa. Mattoni che sono molto simili a quelli usati oggi in molti paesi industrializzati e non. I resti di Çatal Hüyük si trovano a circa 10 km a sud dell'attuale città di Konya in una piana antistante il monte Tauro. Al momento della scoperta il luogo dove sorgeva la città, si presentava come una collinetta ricoperta da erbacce, resti di cocci e di mattoni di terra e paglia un po' bruciacchiati. Il primo insediamento, infatti, secondo l'archeologo James Mellart, risale all'età della pietra, quindi precedente alla città di Gerico.

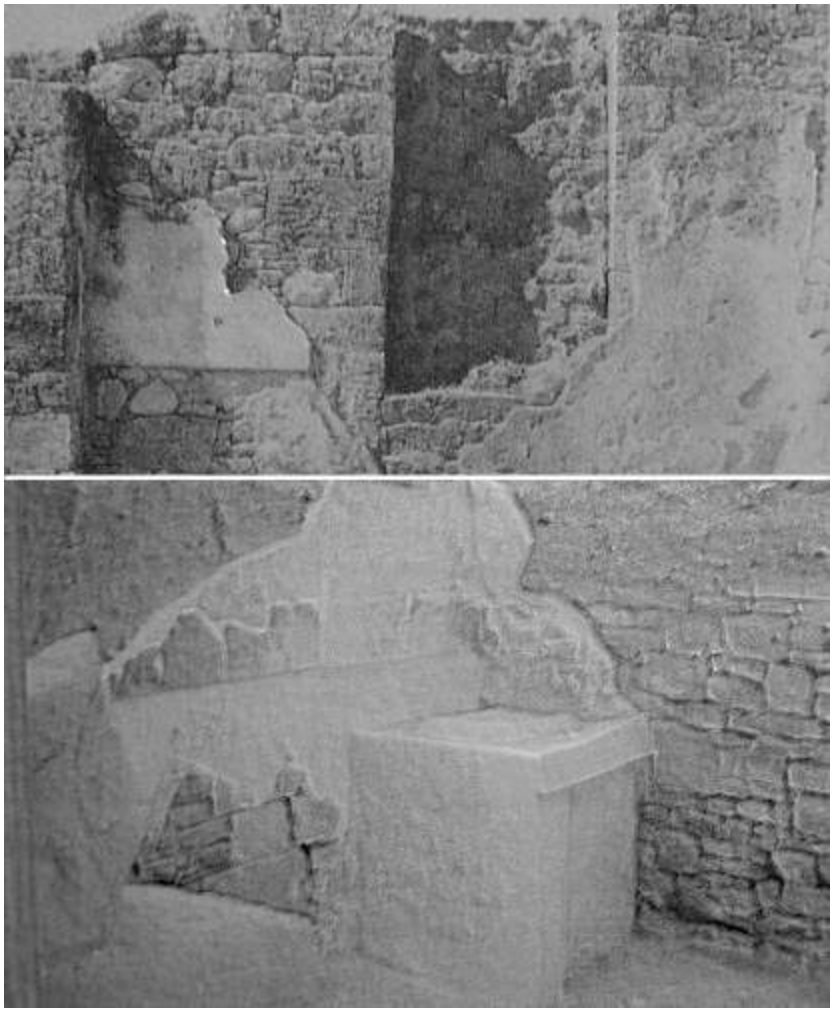


Fig. 35, Mura di tamponamento in mattoni crudi, dell'abitato di Solunto, IV sec. a.C., Palermo (I). Altare in terra cruda intonacata e muro contro terra di una casa d'abitazione, basamento in pietra e sovrastruttura in terra battuta, quartiere ellenistico romano di Eraclea Minoa, Agrigento, (I)

## 4.3 RAGIONI DI UN ABBANDONO

La tecnologia costruttiva in terra cruda, seppure molto diffusa anche in Europa, ha subìto, nel secondo dopoguerra del secolo scorso, uno dei primi effetti della globalizzazione. In quegli anni, l'impatto della società industrializzata (inconsapevolmente globale) sulla realtà prevalentemente agricola (e ragionevolmente locale) produce l'annientamento di tutta una serie di caratteri legati alle condizioni di vita prevalenti. "I processi di standardizzazione nella produzione dei beni che avevano favorito il primo impetuoso sviluppo economico a ridosso del dopoguerra hanno prodotto il rifiuto del modo di abitare nei centri antichi e nelle campagne e quindi nelle architetture tradizionali di cui le architetture in terra costituiscono una parte

consistente."[8] Una critica di fondo nell'economia prevalentemente rurale e alle sue pratiche, definite approssimative, è alla base dell'abbandono delle tecniche costruttive legate alla terra cruda in Europa, almeno dove, questa metodologia costruttiva era legata alle aree agricole. Solo in alcuni territori, connotate fortemente da una identità culturale radicata nella popolazione, la terra cruda sopravvive nelle pratiche edilizie, fino ai nostri giorni.

La nuova cultura modernista basata sulle macchine, impone i suoi principi: economia dei componenti edilizi e dei processi costruttivi ad essi associati; standard abitativi più elevati; facilità della comunicazione di massa; specializzazione delle professioni legate alla modificazione del paesaggio naturale; specializzazione delle fasi di lavorazione del cantiere; standardizzazione dell'impiego dei nuovi materiali da costruzione; abbandono delle tecnologie locali basate sui saperi tradizionali. Ne segue, a tutto ciò, una rapida estinzione delle pratiche di autocostruzione, fino ad allora molto diffuse, soprattutto nelle campagne, e delle relative metodologie costruttive particolarmente legate ai materiali naturali.[9]

L'introduzione della tecnica del cemento armato, legata ad una cultura architettonica e ingegneristica definita moderna, ha, di contro, prodotto nella psicologia comune, un immagine di povertà associata alla terra cruda e alla sua tecnica costruttiva. La meccanizzazione delle filiere produttive, legata agli approcci scientifici analitici e alle normative, ha consentito una rapida diffusione dei prodotti industriali e della cultura che da essi ne deriva, determinando una corrispondente, crescente, diffidenza per le tecniche tradizionali. Solo di recente questa tendenza è stata abbandonata e parallelamente alle produzioni industriali si stanno rivalutando i processi artigianali, legati ai progressi scientifici e tecnologici. La necessità di un diffuso consenso dei vantaggi e delle specificità sulle diverse tecnologie legate alle risorse e alle culture locali, potrà condurre ad una diversa soluzione dei problemi legati alla produzione dei beni e quindi alla realizzazione di nuove costruzioni, in una concezione di sostenibilità legata alla valorizzazione delle risorse ambientali.

Solo con lo sviluppo dell'uso della terra come materiale, potremo assistere ad un'accelerazione di un processo positivo di sviluppo delle tecniche di costruzione, in cui una tecnologia "industriale" (basata su un approccio scientifico-sperimentale) possa essere innestata su culture tecniche locali per sostenere un processo di formazione e di ricostruzione di ambienti umani sostenibili e non distruttivi, in particolare nelle regioni più deboli.[10]

[8] S. Mecca, Perché spostare i materiali su lunghe distanze per trasformali quando la terra è universalmente disponibile?, sta in M. Germanà e R. Panvini, a cura di, La terra cruda nelle costruzioni, Palermo 2008, pag.39
[9] Cfr. S. Mecca, op. cit. pag. 41
[10] S. Mecca, op. cit. pag. 44

# 4.4 ATTUALITA' DELL'ARCHITETTURA DI TERRA E LA SUA DIFFUSIONE

DIFFUSIONE DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

L'uso delle tecniche costruttive legate all'impiego della terra cruda è diffuso nella quasi totalità del pianeta. L'uomo, infatti, ha sviluppato di regione in regione, tecniche più o meno ingegnose per appropriarsi del materiale terra e impiegarlo per le proprie necessità.

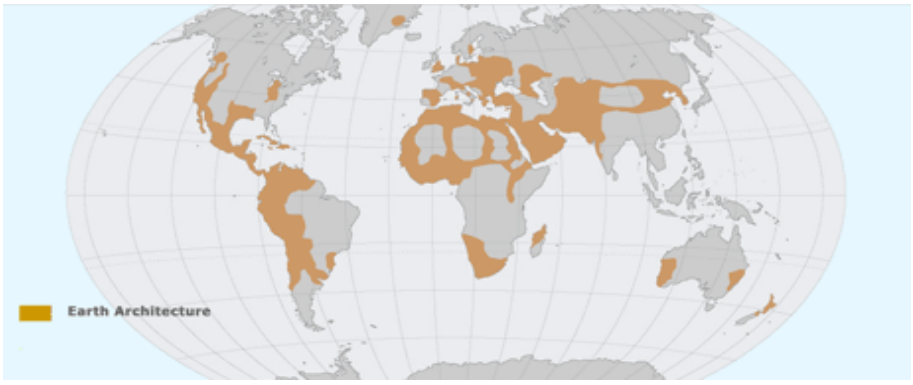



Fig. XX, aree di distribuzione delle costruzioni in terre cruda

Fig. XX, aree a rischio sismico

Fig. 36, aree ad elevata piovosità
(Fonte: Houston Museum of Natural Science)

Esiste comunque un luogo comune, piuttosto diffuso e duro a morire, e cioè che gli edifici di terra esistano solo nei paesi poveri, con clima secco e con una bassa attività tellurica. Basta guardare con attenzione un atlante indicante le aree di maggior diffusione di questo genere di edifici per rendesi conto che essi possono trovarsi in luoghi con le più svariate caratteristiche climatiche, sismiche e socioeconomiche. Talvolta si ritrovano anche lì dove sono disponibili altri materiali da costruzione, sfatando i preconcetti che indicano questo materiale come una scelta obbligata in mancanza di alternative.

Nelle mappe elaborate dal Houston Museum of Natural Science sono evidenziate le aree geografiche in cui è certa la presenza di edifici costruiti con terra, quelle considerate a rischio sismico (unificati, in colore giallo, i tre livelli più importanti: modesto, alto e molto alto) e quelle in cui le piogge annue oscillano tra i 1000 e i 3000 mm. La realtà dell'architettura contemporanea in terra si presenta in modo del tutto differente secondo le condizioni socio-economiche dei paesi nel quale questa tecnica viene impiegata. Oggi, l'opportunità di ricorrere a quest'antica tecnica costruttiva, è determinata da situazioni ambientali che per certi versi costituiscono le facce opposte di una stessa medaglia, quella dello sviluppo tecnologico incontrollato che ha determinato condizioni di forti disparità economiche nelle società del nostro pianeta.

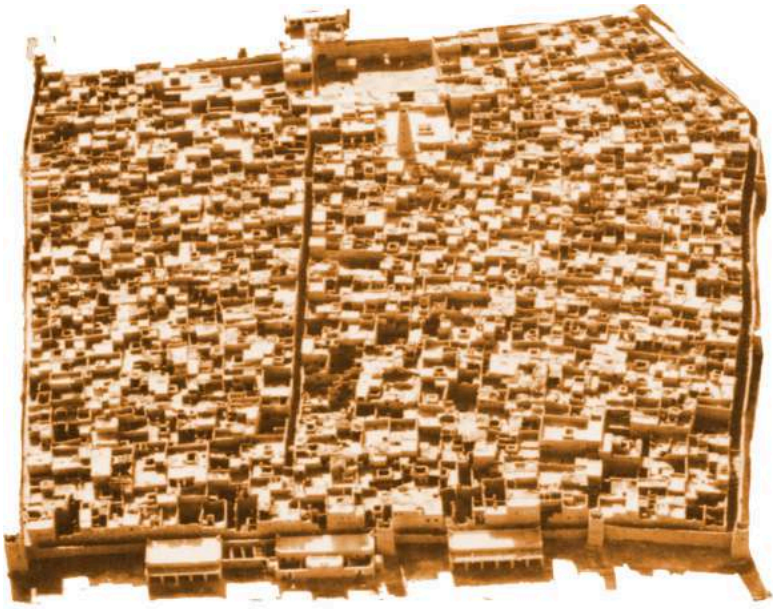
Per i paesi sviluppati, la necessità di sfruttare le potenzialità dei materiali naturali, tra cui la terra, nasce alla metà degli anni '70, del secolo scorso, quando a causa della crisi energetica, si forma, soprattutto negli Stati Uniti, quell'embrione culturale da cui si è sviluppata l'attuale coscienza ecologica. Un'importante azione alla ricerca e alle applicazioni fu data dalla Facoltà di Architettura di Grenoble, in Francia, nei primi anni '80. Ma sul finire del XX secolo, il primato dello sviluppo e della diffusione di queste tecniche spetta all'Australia.

Per i paesi in via di sviluppo, questa metodologia costruttiva, sorretta da caratteristiche quali il basso costo, la reperibilità del materiale e la sua "naturale" predisposizione all'autocostruzione, è stata molto spesso alla base di progetti di larga scala che hanno consentito la realizzazione di numerose opere a favore di popolazioni disagiate in molte nazioni.

Non bisogna dimenticare che spesso nei paesi in via di sviluppo sono maggiormente vive le tradizioni costruttive basate sull'uso della terra, che sono state ormai "dimenticate", dalla maggior parte della popolazione, nei paesi più evoluti.

"L'ambito del Mediterraneo offre un panorama sul quale coesistono questi due poli estremi di questo processo. Da un lato, infatti, nel versante maghrebino, straordinarie culture del costruire in terra, sino a poco tempo

fa integralmente capaci di padroneggiare l'intero ciclo di produzione dei manufatti architettonici, proprio ora cominciano a sperimentare l'obsolescenza delle tecniche e la disaffezione rispetto ai mestieri ed alle pratiche artigianali connesse. Si va consumando, dunque, quella "rottura" culturale e pratica che confina il patrimonio storico dell'architettura in terra cruda nel ruolo di eredità, ben distinta dalle prospettive edilizie contemporanee. Nel caso emblematico del Marocco, ad esempio, ci troviamo di fronte ad un universo dove la presenza della terra è integrale e pervasiva e non discrimina i grandi monumenti dai tessuti abitativi "minimi", le dimensioni estremamente periferiche da quelle centrali e metropolitane."[11] Peraltro, sin dagli anni '70 gli ambiti più marginali ed a rischio di questo patrimonio furono oggetto di progetti di conoscenza e salvaguardia, sotto il patrocinio dell'Unesco, come il progetto CERKAS per le *kasbahs* dell'Atlante. Gli anni 80 hanno visto il formarsi di esperienze esemplari, nelle quali (in regime di forte scambio culturale con l'Europa) la cultura tecnica locale si misura con il tema del rapporto tradizione innovazione, impegnandosi sul doppio fronte della ricostituzione dei valori storici e dell'esplorazione delle potenzialità e degli usi attuali.



Vue aérienne du ksar de Nesrate
dans la vallée du Draa au Maroc.

Fig. 37, veduta aerea del ksar di Nestrat, nella valle del Draa, Marocco

E' il caso delle Medine delle città storiche, nelle quali i *riad* e le *dar* (le case a corte. 28.000 in tutto nella sola Marrakech) ed i *tunduk* costituiscono

[11] A. Sanna, Architetture di terra, tradizione e innovazione nei contesti europei e mediterranei, sta in Parametro n. 250, Milano, marzo-aprile 2004, pag. 56.

universi architettonici e spaziali al limite tra degrado e recupero, tra usi tradizionali in deperimento e nuovi e non ben progettati riusi.

Su quest'immenso patrimonio si gioca una partita di grande rilievo culturale, sia per le sorti di città doverosamente dichiarate patrimonio dell'umanità, sia per l'influenza che il modo di costruire tradizionale ha sullo sviluppo della nuova architettura marocchina. In Marocco infatti, una scuola di giovani progettisti ha anticipato analoghe iniziative occidentali proponendo una versione contemporanea dell'architettura muraria in terra cruda, che reinterpreta tipi e modelli della tradizione in una nuova *koinè* dell'architettura maghrebina che molto deve alle sofisticate sperimentazioni egiziane di Hassan Fahty.

Fig. 38, Case d'abitazione, La Domaine de la Terre a Ville Fontaine, Francia

LE DOMAINE DE LA TERRE A VILLE FONTAINE

Non meno coinvolgente appare l'altro lato della sperimentazione in corso, quella che riguarda le aree sviluppate. Sul versante europeo, negli ultimi decenni sembra essersi definitivamente consumato il distacco con i mestieri della tradizione. E' il caso della Francia, terra d'elezione del *pisé,* che ha cominciato a porsi almeno dall'inizio degli anni 80 la questione dell'innovazione delle tecnologie e dei linguaggi legati alla terra cruda. Con il *Domaine de la Terre* a Ville Fontaine presso Lione, l'esperienza francese centrata sull'iniziativa del *CRATerre* di Grenoble, si pone decisamente all'avanguardia, con la realizzazione di un quartiere integrato nel quale si sperimenta l'attualizzazione della storica tecnologia francese del *pisè,* la terra in getto compressa dentro casseforme, in associazione con il legno, l'acciaio e il vetro.

MARTIN RAUCH

Per quanto ancora circoscritte quantitativamente, queste esperienze stanno cambiando la percezione diffusa del nostro rapporto con il materiale stesso. E' il caso, negli anni '90, delle architetture innovative e creative di Martin Rauch, che riprende la consolidata tecnica del getto nelle casseforme per dar luogo ad oggetti di assoluta modernità come la grande

parete in terra dell'ospedale di Feldkirch (Austria) o la cappella della Riconciliazione a Berlino. Con l'arrivo del nuovo millennio cresce ancora l'interesse per questo antico materiale, in Australia, diversi progettisti iniziano un percorso culturale che prevede l'impiego di questo materiale, si ricordano John Wardle, Grieve Gillette, lo studio Cox. Negli Stati Uniti, soprattutto negli stati meridionali e in quelli occidentali, l'architettura di terra diventa una realtà, proprio nelle costruzioni destinate alla residenza, con realizzazioni delle più svariate, destinate ad esigenza sociali diverse, si passa dall'Architecture of decency della missione Rural Studio alle ville lussuose progettate dallo studio Jones in Arizona. Questo materiale vien sempre più spesso associato, ormai, alla ricerca progettuale sul fronte dell'architettura "solare" e "sostenibile", che vede un numero di esperienze crescente ed ormai assai rilevante in campo internazionale, abbastanza da non costituire più un'eccezione isolata, soprattutto nell'ambito dell'occidente tanto sviluppato quanto preoccupato delle implicazioni potenzialmente distruttive del suo stesso modello di sviluppo.

In Italia si è costruito con la terra fino a circa il 1950; è il dopoguerra, con la scarsità di materiali da costruzione, che induce molti, per necessità, a riprendere l'uso di questo materiale povero. Il rilancio economico e il boom edilizio degli anni '60, che ha alimentato il proliferare delle periferie delle città e le leggi per lo sviluppo rurale, determinano il rifiuto per tutto ciò che in qualche modo era legato alla condizione di povertà precedente. L'architettura in terra e l'impiego di questo materiale vengono dimenticati, a tal punto che ai nostri giorni questa particolare tecnica costruttiva viene percepita come un "fenomeno" in contrasto con la realtà del passato che prevedeva nella normalità il costruire con la terra cruda coinvolgendo quasi tutte le regioni italiane,[12] anche se non in modo diffuso. Unica eccezione al rifiuto di questo materiale nel panorama nazionale è la Sardegna. L'esemplarità di questo caso regionale è legata sino ai primi anni '60 ad un binomio di grande rilevanza: la centralità del fattore ambientale a fronte di un ridotto carico insediativo e una costruzione edilizia nella quale ancora si registrava una prevalenza dei materiali "naturali" e locali e fra questi principalmente la terra cruda. Nei tre decenni successivi si è verificato un ribaltamento del modello di partenza, con lo sfruttamento delle risorse ambientali e la progressiva liquidazione del patrimonio edilizio storico, sostituito dalle tecnologie del cemento. In quel trentennio, si è calcolato che i circa 130 villaggi regionali della terra cruda abbiano visto la distruzione fisica del loro patrimonio al ritmo di 500 unità all'anno. Parallelamente, tutto il mondo delle maestranze, dell'impresa e del mercato è stato riconvertito ai nuovi materiali, lasciando quasi del tutto sguarnito l'universo della terra

**IL CASO DELLA SARDEGNA**

[12] *Cfr,* G. Conti, Storia degli studi specifici, bibliografia generale, sta in E. Galdieri, a cura di, Scritti sulla terra, Saonara (Pd), 2010, pag. 17.

cruda, relegato praticamente allo stato di tecnica "morta". Gli anni 90 sono stati quelli della crisi del "boom edilizio" ed il passaggio ai nuovi temi della qualità. Il primo movimento in questa direzione è stato quello del recupero dei centri urbani e dell'edilizia storica; ben presto si è reso evidente che insieme alle ragioni dell'identità culturale agivano i temi della costruzione sostenibile, anzitutto in quanto fatta con materiali "del luogo". La terra cruda, svalutata per decenni come fattore di arretratezza, si è rivelata un potente veicolo di identità ed un materiale estremamente duttile nel campo della sostenibilità. Tra l'altro, la costruzione in mattoni crudi ha saputo inglobare nel tempo gran parte delle innovazioni edilizie moderne e contemporanee, integrandosi di volta in volta con il cotto, il ferro e persino con il cemento (armato o no). Nei palazzi e nelle ville neoclassiche e liberty, a cavallo del secolo, le innovazioni stilistiche e costruttive si innestano perfettamente su murature in terra cruda. Un processo parallelo si andava determinando anche in altre regioni italiane, fra tutte gli Abruzzi. Cosicché quando si è costituita nel 1998 una rete di amministrazioni locali con l'obiettivo del recupero dell'identità urbana e edilizia, il processo si è esteso dall'area del sud Sardegna ad altre aree della penisola, generando un'Associazione Nazionale delle Città della Terra, che costituisce un'esperienza di cooperazione istituzionale sinora unica in Europa. L'associazione è il risultato naturale di un percorso di sensibilizzazione, condotto a livello locale in ciascuna Regione aderente, ai tempi del riconoscimento e della tutela del patrimonio architettonico tradizionale in terra cruda e dei suoi sviluppi contemporanei[13]. L'associazione concilia la ricerca legata al riconoscimento ed al recupero dell'esistente con la diffusione delle informazioni acquisite. Professori universitari e professionisti, nel corso degli anni, hanno approfondito lo studio delle architetture tradizionali, in cui spesso la terra cruda è il materiale da costruzione principe, raccogliendo in qualità, materiale fotografico, d'archivio, facendo rilievi grafici di singoli fabbricati e interi quartieri. Questa rete di Comuni costituita, insieme ai laboratori LabTerra, all'interno del Dipartimento di Architettura dell'Università di Cagliari, e CeDTerra, del Comune di Casalincontrada, sono oggi il punto di riferimento in Italia per tutti coloro che si vogliano avvicinare alla disciplina o necessitino di informazioni in materia.[14]

**IL CASO DEGLI ABRUZZI**

[13] M. Achenza, L'associazione nazionale città della terra cruda, pag. 11, in G. Conti, acura di, Antologia della Terra Cruda, Villamagna, 2004.
[14] Cfr. M. Achenza, Op. Cit, pp-18-20.

## 4.5 STAGIONI DEI CONVEGNI E DEGLI STUDI SPECIFICI IN ITALIA

Gli studi sulla conoscenza del patrimonio edilizio in terra cruda passano comunque per tre momenti fondamentali: la pubblicazione del saggio del geografo Osvaldo Baldacci nel 1958 su "L'ambiente geografico delle case di terra in Italia", pubblicato nell'opera monumentale che racconta della casa contadina in Italia, (Collana, Studi Geografici pubblicati in onore del prof. Renato Biasutti, supplemento al volume XLV, Rivista Geografica Italiana, la Nuova Italia, Firenze 1958), dove l'autore inquadra, per la prima volta in Italia, la realtà del patrimonio costruito, sia di epoca antica che moderna; la realizzazione della mostra sull'Architettura in Terra del Centro Poumpidou, svoltasi a Roma nel 1982; la pubblicazione del libro di Eugenio Galdieri "La Meraviglie dell'Architettura in terra cruda" che apre di fatto una stagione di convegni e di pubblicazioni sul tema che avviano gli studi sistematici sul patrimonio edilizio e sulle tecnologie costruttive tradizionali legate alla terra cruda.

EUGENIO GALDIERI

La stagione dei convegni e delle pubblicazioni nasce sulla scia delle entusiasmanti parole regalateci da Eugenio Galdieri, queste si trasformano presto in impegno di ricerca in numerosi atenei italiani quali Firenze, Roma, Pescara, Chieti, Torino, Udine, Reggio Calabria ecc. Esempio di questo interesse è stata certamente la mostra "Memoria e Realtà", realizzata nel 1985 a Pescara, che mette in luce la consapevolezza tra innovazione e tradizione, recupero e nuova costruzione che caratterizzerà la ricerca sull'architettura in terra cruda, avviando un percorso che parte dall'Università di Pescara-Chieti in grado di mettere in relazione il patrimonio della terra cruda italiano e abruzzese e l'architettura del mediterraneo. Contemporaneamente, in Sardegna, si svolgono una serie di convegni alla fine degli anni '80 a San Sperate, Quartu S. Elena, Samassi e Oristano che di fatto puntano l'attenzione su un patrimonio edilizio in terra che non ha eguali nel nostro paese. Presenza, quella sarda, che ritroviamo a Roma nel 1994 nel Convegno Internazionale Organizzato dall'Università di Roma "La Sapienza" su: "Habitat e Architetture di Terra – potenzialità delle tradizioni costruttive"[15]

IL CONVEGNO LEHMBAU

E' il Convegno Internazionale Lehmbau '96 tenutosi a Merano che riassume il quadro di quanto si era fatto fino ad allora nel mondo della terra cruda. Gli atti del lavori sono trascritti nella pubblicazione a cura di Gianni Scudo e Sergio Sabbadini che ha un titolo significativo: "Le regioni dell'architettura di terra, culture e tecniche delle costruzioni in terra in Italia".

[15] *Cfr,* G. Conti, Op. Cit. pag. 19.

In questo lavoro si porta a confronto, per la prima volta, il mondo eterogeneo delle realtà che operano con questo materiale da costruzione, Sardegna, Piemonte, Marche, Abruzzo, Emilia Romagna, Toscana, Calabria, Alto Adige, ecc con le proprie elaborazioni dei saperi e delle competenze che vengono messe a disposizione e scambiate al fine di determinare una integrazione rivolta al superamento delle barriere culturali regionali. Emerge forte la partecipazione delle Università, con una prima organizzazione di gruppi di ricerca ARCH-TERRA (Università di Cagliari), GRUPPO TERRA (Politecnico di Milano), l'ICCROM (International Centre for the Study of the Preservation an Restoration of Cultural Propriety), il CNR e l'ICR (Istituto Centrale di Restauro), di Associazioni e di Enti (Provincie e Comuni) e di produttori. Importante appare ricordare l'ultimo capitolo del volume, "Appunti sulla situazione delle terra cruda in Italia, passato, presente, futuro", a firma di Gianni Scudo, Barbara Narici e Eugenio Galdieri, perché descrive con accuratezza un primo quadro aggiornato del panorama italiano sulla terra cruda e della sua relazione con la situazione internazionale. Per contribuire al superamento delle difficoltà di integrazione, nasce sempre nell'ambito dei lavori del convegno, per iniziativa dell'architetto Eugenio Galdieri, l'AICAT (Associazione Italiana dei Cultori per l'Architettura in Terra).

Nel 1997 un altro importante evento culturale si tiene a Novi Ligure, in Piemonte, un Convegno e mostra promossi dall'AICAT che racconta nuovi scenari di confronto come quello tra architettura di terra e archeologia in Italia, con il lavoro sulle antiche mura di Gela. Porta a conoscenza le attività del Politecnico di Torino, dell'Università di Genova, del CNR e di nuovi soggetti, come le scuole Edili e di ricercatori che finalmente hanno un punto di riferimento della ricerca.

**UNIVERSITERRA**

In un quadro continuo di incontri che si svolgono a partire dall'anno duemila, si colloca il percorso di ricerca avviato nel 2001 con il programma denominato "UNIVERSITERRA" che ha consentito una prima valutazione delle attività delle Università italiane che si occupano di terra. Questo percorso di scambio e collaborazione tra Enti Locali, Università, Associazioni, Istituzioni e singoli operatori è stato certamente proficuo nella crescita complessiva della conoscenza della cultura della terra cruda e i contributi forniti nella discussione complessiva sono sfociati nella prima proposta di legge parlamentare per inserire la terra cruda e le tecniche nella legislazione italiana.[16]

**MEDITERRA 2009**

Un evento particolarmente significativo si è tenuto di recente, 13-16 marzo, in Sardegna, precisamente a Cagliari, presso la sede dell'Università degli Studi, Facoltà di Architettura, Mediterra 2009, la 1^ Conferenza

[16] G. Bollini, M.Lion, La costruzione in terra cruda in Italia, verso una normativa nazionale, Editoriale Eco, 2005

Mediterranea sull'Architettura in Terra Cruda. La conferenza è nata per iniziativa di tre organizzazioni, Il Dipartimento DiArch della Facoltà di Architettura di Calgliari, La Escola Superior Gallaecia e CRATerre-Ecole Nationale Superieure d'Architecture de Granoble ed ha avuto come scopo l'avvio di una attiva collaborazione di esperti internazionali sul tema della Terra Cruda.

La conferenza ha consentito di identificare lo stato dell'arte di ricerche, studi, acquisizioni recenti sulla conservazione del patrimonio e la progettazione architettonica, di promuovere la formazione professionale ed universitaria e di mettere in rete le attività specifiche sviluppate nell'area Mediterranea.

Fig. 39, 1^ Conferenza Mediterranea sull'Architettura in Terra Cruda, Cagliari, 2009

L'incontro ha ospitato specialisti provenienti dai Paesi che si affacciano sul Mediterraneo, favorendo un approccio interdisciplinare tra le scienze naturali, le scienze dell'ingegneria, le scienze sociali e le pratiche professionali. La sfida che gli organizzatori hanno lanciato è quella di porre la Regione Mediterranea, con il suo passato che la definisce culla di molte culture e civiltà, come cuore di sfide politiche e sociali condivise tra Europa, Nord Africa e Medio Oriente per la definizione di una nuova disciplina, l'architettura della terra cruda come incrocio delle scienze.[17]

[17] *Cfr.* M. Achenza, M. Correia, H. Guillard,Mediterra 2009,1^ conferenza mediterranea sull'architettura in terra cruda, Monfalcone, 2009, pag 17.

Tutti questi soggetti pubblici hanno mobilitato nel lustro appena trascorso una imponente quantità di risorse finalizzata allo studio, alla catalogazione, all'acquisizione, al recupero ed alla riqualificazione degli edifici in terra.

**PROGRAMMI INTEGRATI NELLA SARDEGNA DEL SUD**

Nel caso della Sardegna del sud, in particolare, il patrimonio edilizio in terra cruda coincide con l'intero costruito storico, al punto che il suo recupero ha costituito una vera e propria strategia urbana. Numerosi Comuni, tra i quali Quartu, Serramanna, Samassi e Villamassargia si sono dotati di una politica organica che, inquadrato il recupero in termini urbanistici e normativi, ha messo a punto strumenti operativi e finanziari conseguenti (Programmi Integrati e di Riqualificazione urbana), realizzando alcune esemplari esperienze di acquisizione al patrimonio pubblico di edifici privati, da riconvertire in servizi pubblici. In alcuni casi sì è giunti alla redazione di Abachi e Guide, e quindi alla stesura di regole specifiche per le costruzioni in terra. La Sardegna è l'unica regione, tra quelle interessate al fenomeno delle costruzioni in terra, che si è dotata di un "Manuale del Recupero dei Centri Storici della Terra Cruda" curato dalla Regione Autonoma della Sardegna e dal Dipartimento di Architettura dell'Università di Cagliari a cui si è aggiunto, da poco, "Il Manuale tematico della terra cruda" curato da Maddalena Achenza e Ulrico Sanna. Strumenti unici nel panorama nazionale, che consentono a tutti i soggetti interessati ad intervenire sui centri storici dei paesi sardi, un utile strumento per la conservazione e la valorizzazione dell'edificato tradizionale storico.

In questo campo, il caso Sardegna si connota per il riavvio della produzione del mattone crudo: la domanda ha stimolato energie imprenditoriali e riutilizzo di saperi tecnici non del tutto esauriti, che si sono incontrati con una ripresa delle attività di ricerca e formazione nel settore.

**IL CASO DELLA COOPERATIVA TERRA DI SAN SPERATE**

Esemplare in proposito è il caso della Cooperativa Terra di San Sperate, attiva dal settembre 1997: da quella data la cooperativa ha impiantato uno stabilimento per la produzione semi-meccanizzata del mattone crudo. "La Cooperativa è stata costituita nel 1997, da donne specializzate nella lavorazione del mattone e restauro delle Architetture in Terra Cruda; le attività principali sono la produzione del *Ladiri/Adobe*, il restauro e la manutenzione del mattone e delle strutture di terra e la consulenza alle imprese per l'uso di questo materiale tradizionale. Il mattone è utilizzato principalmente nel recupero dei Centri Storici del Campidano. Si propone in alternativa ai materiali convenzionali utilizzati in edilizia; è capace di legare coerentemente il passato, quale esperienza d'auto/costruzione rurale e contadina, alla nuova concezione del progetto, teso ad offrire oggi, concrete soluzioni per l'abitare naturale, e l'equilibrio ecologico del futuro."[18]

[18] V. Porcu, "Terra", la coop del crudo, sta in www.sansperate.it

In parallelo, si sono avviate anche le prime attività di nuova costruzione; sin dalla metà degli anni '90, con la progettazione e l'edificazione di abitazioni in terra cruda, realizzando un incontro tra esigenze della committenza, in termini di maggiore naturalità e sostenibilità dell'abitare, e risposta progettuale di un ceto tecnico e professionale ancora di nicchia, ma certo più maturo e consapevole. I luoghi delle realizzazioni sono sempre, non a caso, le zone di margine tra città o paesi e campagna, dove ambiente e costruzione realizzano particolari tipi di alleanze: case per lo più ad un piano in ambienti a bassa densità, utilizzo della muratura in terra e dei suoi complementi più consolidati (tra tutti, il loggiato) in funzione di una progettazione di tipo "solare passivo" o che comunque usa i fattori più diretti di regolazione bioclimatica.

**CENSIMENTI DELLE ARCHITETTURE DI TERRA IN ABRUZZO**

Il caso dell'Abruzzo invece rappresenta il polo opposto, nel senso che in questa regione il patrimonio in terra cruda è costituito da un insieme di architetture puntuali e disperse sul territorio, per tutelare le quali si è condotta un'attività istituzionale efficace e penetrante, con un censimento capillare, promosso dalla provincia di Chieti, e l'emanazione delle prime leggi regionali per la tutela e la valorizzazione di quel patrimonio diffuso, la Legge Regionale 17/97, che rappresenta un punto fermo nella identificazione e nel riconoscimento del valore delle case di terra nella realtà regionale. Inoltre si è dato l'avvio ad un processo di nuova sperimentazione nel campo dei materiali oltre che della produzione dei componenti per il recupero, che è destinato a dare frutti nel breve e medio periodo. Da segnalare, nella provincia di Chieti l'azione costante della Associazione Terrae Onlus, che da anni studia il patrimonio edilizio delle case di terra della provincia, in particolare quelle del Comune di Casalincontrada, promuovendo presso gli Enti Locali campagne per la sensibilizzazione e la valorizzazione di questo patrimonio edilizio tradizionale.

**L'ASSOCIAZIONE TERRAE ONLUS DI CASALINCONTRADA**

Per la realtà Marchigiana degli utili riferimenti sono gli studi condotti dalla Regione Marche e da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Direzione Regionale delle Marche. Ma due interventi, puntuali, nel Comune di Treia e nel Comune di Macereta, quartiere di Villa Ficana, hanno fatto la differenza rispetto ad una esigenza generale di recupero. In entrambi i casi infatti un ruolo decisivo è stato svolto dalla Soprintendenza ai Monumenti che, in particolare con l'apposizione del "vincolo ambientale" sui manufatti in terra, propone una nuova idea di vincolo, non più localizzato, puntuale, ma di un intero contesto territoriale, nella sua unitarietà. E, nello stesso tempo, apre, attraverso cantieri pilota, alla sperimentazione e al recupero della tecnica costruttiva in terra cruda.[19]

**IL QUARTIERE VILLA FICANA A MACERATA**

[19] Cfr. G. Conti, Op. Cit. pag. 24.

**LA CALABRIA**

Per la Calabria è da segnalare la ricerca condotta presso l'Università degli Studi della Calabria, con la stesura di un testo curato da Ottavio Cavalcanti e Rosario Chimirri, dal titolo "Di Fango, di Paglia – architettura in terra cruda in Calabria" Rubettino editore del 1999, che documenta il patrimonio edilizio in terra cruda della Regione.

**IL PIEMONTE E LA RICERCA SULLE NORMATIVE DI GAIA BOLLINI**

Il Piemonte, ricco di costruzioni in pisè, ha una ormai consolidata tradizione di ricerche ed esperienze, ampiamente documentata da Gaia Bollini soprattutto nel testo "Costruire in terra cruda oggi", Edicom 2006, e vede in corso un processo complesso promosso dalla emanazione di una recente legge regionale, L.R. Piemonte n.2/2006, "Norme per la valorizzazione delle costruzioni in terra cruda", che oltre ad essere un censimento dei manufatti ancora presenti, promuove corsi di formazione e sensibilizzazione sul territorio. Inoltre da segnalare la pluriennale ricerca del prof. Roberto Mattone e del suo staff, del Politecnico di Torino su " la costruzione in terra cruda in Piemonte: diffusione, tecniche costruttive, patologie e ipotesi di intervento".

**ROBERTO MATTONE**

Questa breve analisi su alcuni degli studi promossi nel nostro paese sulla terra cruda evidenziano la necessità di conoscenza di questo materiale antico, del recupero dei manufatti ancora esistenti e nello stesso tempo diviene sempre più urgente la necessità di affermare il concetto che il recupero del patrimonio esistente deve necessariamente convivere con l'opportunità di realizzare nuove costruzioni con la terra, proiettando questa metodologia costruttiva, questo materiale in una dimensione che si possa confrontare con la contemporaneità dell'architettura e quindi con il progetto del nuovo.

## 4.6 IL MATERIALE TERRA

La terra è il prodotto finale di un complesso processo di fenomeni naturali. Le proprietà tecniche del materiale terra sono il risultato di questi lunghi processi e ne riflettono tutta la memoria sedimentata nel tempo. Dalla disgregazione delle rocce primarie, esposte a particolari fenomeni ambientali, i detriti sono spesso soggetti all'azione dei corsi d'acqua, dei ghiacciai e dei venti subendo una contemporanea mutazione chimica, mineralogica e granulometrica. Infine ulteriori selezioni di natura gravitazionale e sedimentativa, legate alla continua evoluzione del pianeta, di natura biologia e antropica, legate al clima e all'opera dell'uomo, determinano lo stato attuale di questo materiale.

Dal moderno punto di vista della scienza e della tecnologia dei materiali, la terra può considerarsi un composito. In essa possiamo anzitutto individuare una fase solida di natura inorganica, generalmente composta da uno svariato numero di minerali, e con una granulometria che si estende, in modo più o meno continuo, dalle dimensioni della ghiaia (da pochi millimetri fino anche ad alcuni centimetri) a quello, circa diecimila volte più piccolo, delle argille (per definizione sotto i 2 o 4 µm, a seconda delle Norme). La frazione di dimensioni comprese tra 2-4 µm e 50–70 µm è definita limo o silt, quella più grande, fino a circa 2 mm, è denominata sabbia. L'argilla ha un ruolo determinate sulla possibilità di impiegare la terra come materiale da costruzione. È infatti questa frazione che esercita le proprietà leganti determinanti per le prestazioni sia allo stato fresco, in termini di fluidità, coesione e plasticità (che consente quindi l'impasto, l'omogeneizzazione e la formatura), che allo stato indurito (a secco) agendo da legante alla stregua di un cemento.[20]

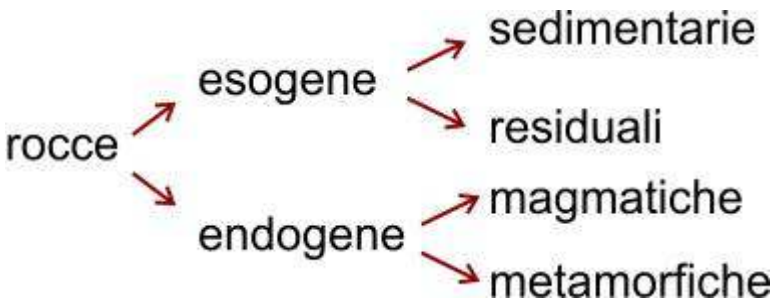



Fig. 40, classificazione delle rocce

Le argille appartengono alle rocce sedimentarie presenti in una percentuale del 5% nella crosta terrestre superiore, con uno spessore di poche decine di chilometri. A loro volta le rocce sedimentarie fanno parte della grande famiglia delle rocce esogene, assieme ai residuati alteniti. A differenza delle rocce endogene formatesi all'interno della terra, di cui fanno parte le magmatiche e metamorfiche, ovvero quelle formatesi rispettivamente per solidificazione del magma e per l'esposizione di rocce preesistenti ad alte temperature e/o pressioni, quelle esogene si sono formate per sedimentazione sulla superficie del pianeta. Le rocce sedimentarie, un insieme di materiali estremamente eterogeneo, si formano attraverso processi che possono essere schematizzati in: Sedimentogenesi che avviene con la degradazione operata da agenti esogeni sulle rocce preesistenti di tipo chimico (ossidazione, idrolisi, acido ecc.) e di tipo biologico (rottura, sgretolamento, azione di batteri ecc.), con il trasporto dei sedimenti, tramite liquidi, ghiaccio, venti, frane ecc.) e infine con il deposito e la conseguente perdita di energia del mezzo di trasporto e del materiale

LE ROCCE

[20] M. Achenza, U. Sanna, il Manuale tematico della terra cruda, Cagliari, 2009, pag.11

trasportato; Diagenesi che consiste nell'insieme di trasformazioni chimiche e fisiche subite dai sedimenti nel tempo successivo alla loro deposizione e che determinano la formazione della roccia compatta (litificazione). Le trasformazioni che avvengono in questa fase, che dipendono dalle condizioni ambientali del luogo, sono quelle di seppellimento con relativa espulsione di acqua, aumento di temperatura e pressione con conseguente cementificazione dei clasti[21] attraverso processi di cristallizzazione. Le rocce metamorfiche si suddividono in: clastiche, carbonatiche, silicee, fosfatiche ed organiche. La roccia sedimentaria è composta da: elementi (i clasti), matrice (le particelle che riempiono le cavità intergranulari libere), il cemento (il materiale fine di occlusione delle cavità). Le rocce sedimentarie vengono classificate in base al diametro degli elementi secondo lo schema riportato nella tabella che segue

| Classe granulometrica | Diametro degli elementi (mm) |
|---|---|
| **Argille** | $Ø < 0.0039$ |
| **Siltiti** | $0.0039 < Ø < 0.0625$ |
| **Areniti** | $0.0625 < Ø < 2.00$ |
| **Ruditi** | $Ø > 2.00$ |

tabella. 1, classificazione granulometrica delle rocce sedimentarie

**STRUTTURA CRISTALLOGRAFICA DELL'ARGILLA**

Le argille sono dei silico-alluminati idrati i cui atomi costituenti sono aggregati in strutture prevalentemente cristalline con caratteristica geometria (abito) lamellare (fillosilicati). È proprio questa forma osservabile, almeno in taluni casi, tramite l'impiego della microscopia elettronica a decine di migliaia di ingrandimenti, che rende conto di proprietà quali la caratteristica plasticità in presenza di acqua. La struttura cristallografica lamellare, e quindi il suo sviluppo planare è conseguenza dell'ampliamento di strati/piani silicei (di tipo T, Tetraedrici, con Silicio al centro del tetraedro e gli atomi di ossigeno ai vertici) e di strati/piani alluminosi (di tipo O, Ottaedrici, con l'alluminio al centro e atomi di ossigeno o gruppi ossidrili OH ai vertici dell'ottaedro) denominati "foglietti".

Le combinazioni possibili di questi strati/piani, in connessione a sostituzioni isomorfe degli atomi fondamentali in particolar modo del Si con Al e $Fe^3$ e dell'Al con $Fe^2$ e Mg con il conseguente inserimento di ioni quali Na+, K+ o Ca++ per ristabilire l'equilibrio elettrico) e dell'eventuale

[21] I clasti rappresentano gli elementi base della roccia metamorfica, l'ossatura.

possibilità di inserzione di ioni e molecole di acqua tra gli strati, portano ad avere sistemi argillosi con composizione chimica estremamente differente.

Pur a fronte di una articolazione così diversificata dal punto di vista chimico, è possibile ricondurre la struttura delle argille (e quindi buona parte delle sue proprietà fisiche) ad una semplice classificazione che prevede le seguenti sequenze ("pacchetti") tra le unità fondamentali O e T:

- unità base costituita da strati/piani O-T,
- unità base con successione T-O-T,
- unità base con successione T-O-T + O (raro tra le vere e proprie argille, ad esempio alcune illiti),
- a strati misti con "impilamento" delle varie unità sopra citate.

La struttura finale di questi materiali prende origine attraverso la sovrapposizione dei singoli "pacchetti" come tante pagine di un libro.

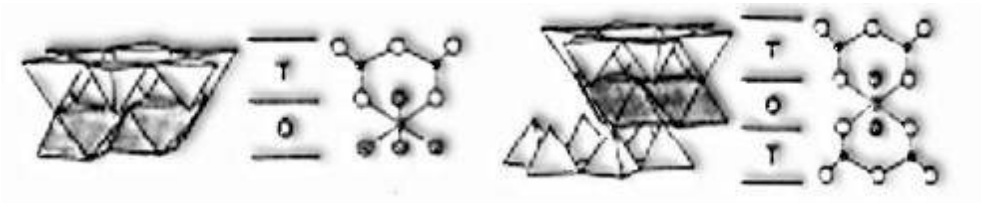



Fig. 41, strutture cristallografiche lamellare delle argille, successione di strati T (tetraedrici silicei) e strati O (ottaedrici alluminosi)

E' opportuno ricordare, a questo proposito, che è il sistema argilla/acqua a dare plasticità al "materiale" terra, con l'acqua che, interponendosi tra i "pacchetti" di argilla, consente la corretta lubrificazione del sistema e lo scorrimento degli strati lamellari gli uni sugli altri. attraverso l'applicazione di forze limitate mantenendo una deformazione permanente al cessare delle tensioni.[22]

Gli altri componenti del sistema "terra" (carbonati, solfuri, solfati, quarzo, sostanze organiche etc.), considerati secondari, possono modificare, ciascuno per la propria parte, le proprietà del materiale.

**ALTRI COMPONENTI DEL SISTEMA TERRA**

Altrettanto importante è la frazione sabbiosa capace di dare "struttura" ovvero stabilità dimensionale ai manufatti di terra riducendo i fenomeni di ritiro che si hanno in fase di essiccamento e di contro incrementa notevolmente la permeabilità.

"Il materiale "terra cruda" è costituito da aria (vuoti), acqua e solido granulare con dimensione delle particelle da centimetrino al nanometrico". La frazione volumica dei vuoti determinata tramite la tecnica della intrusione forzata di mercurio è in genere piuttosto consistente e varia tra il 20% ed il 40%, i valori inferiori riferentesi ai materiali messi in opera per

[22] M. Achenza, U. Sanna, op.cit, pag.11

compattazione in casseforme e quelli medio-alti ai manufatti ottenuti come adobe."[23]

"La distribuzione dimensionale dei pori può partire da pochi nanometri ed estendersi persino a 4 o 5 ordini di grandezza superiore (frazioni di millimetro). La presenza dell'acqua è assai importante ed è legata anche alla frazione volumica dei vuoti ed alla loro distribuzione dimensionale. L'acqua fornisce un sensibile contributo all'instaurarsi dei legami colloidali fra le particelle con diametro compreso tra 0,001 e 10 µm e dei legami capillari fra le particelle con diametro di 100 µm ed il millimetro. Nei pori di pochi nanometri di raggio il vapore può condensare se l'umidità dell'ambiente supera i valori, comunissimi, del 50-60%. Particolarmente insidioso perché quantitativamente determinante è però l'ingresso dell'acqua per assorbimento capillare, significativo nella frazione di vuoti con diametro a partire da una frazione di micrometro. La questione è di grande importanza essendo la terra cruda l'unico materiale da costruzione che liquefa se imbibito d'acqua: un tenore del 10-15% è, nella generalità dei casi, sufficiente perché venga a mancare del tutto la capacità di sostenere un carico significativo o una sollecitazione di alcun genere."[24]

"Le argille sono di per sé materiali molto poco permeabili. Le Bentoniti ad esempio vengono tradizionalmente utilizzate nelle operazioni di perforazione e di cementificazione dei pozzi petroliferi per evitarne l'inondazione e più recentemente sono state sviluppate applicazioni per l'isolamento di fondazioni e la sigillatura di giunti. Ma l'argilla vera e propria non è che una frazione della terra (in genere questi materiali ne hanno un tenore dal 10 al 40%)."[25]

Un'attenzione particolare va rivolta ai sali solubili che possono anche essere presenti nella terra di provenienza in relazione con la genesi del bacino di sedimentazione. Questi sali possono assumere, in alcuni casi, un ruolo influente sulla reologia[26], sulla resistenza meccanica e sopratutto sulla durevolezza dei manufatti, ove si verificassero, dopo la messa in opera dei mattoni, le condizioni per la loro mobilizzazione da parte dell'acqua con manifestazioni quali efflorescenze o le più pericolose subflorescenze che possono portare a disgregazioni dovute alla loro cristallizzazione nei pori, conseguente all'evaporazione dell'acqua. Questi effetti possono risultare piuttosto pericolosi nel caso dei mattoni cotti o dei cementi che prevedono queste terre come materie prime per la loro preparazione, ma nel caso specifico del mattone in terra cruda bisogna osservare che l'eventuale contatto continuo con l'acqua circolante

[23] Sanna U, Atzeni C., Massidda L., Proprietà tecnologiche di materiali a base di terra cruda. Dalla tradizione all'innovazione, sta in F. Storelli a cura di, Habitat e architetture di terra, Roma, 1996, pag165.
[24] Sanna U, Atzeni C., Massidda L., op. cit. pag 165
[25] Ibidem pag. 165.
[26] La Reologia, definisce le capacità dei materiali a scorrere sotto l'azione di forze.

porterebbe al disfacimento del manufatto a prescindere dalle eventuali cristallizzazioni.

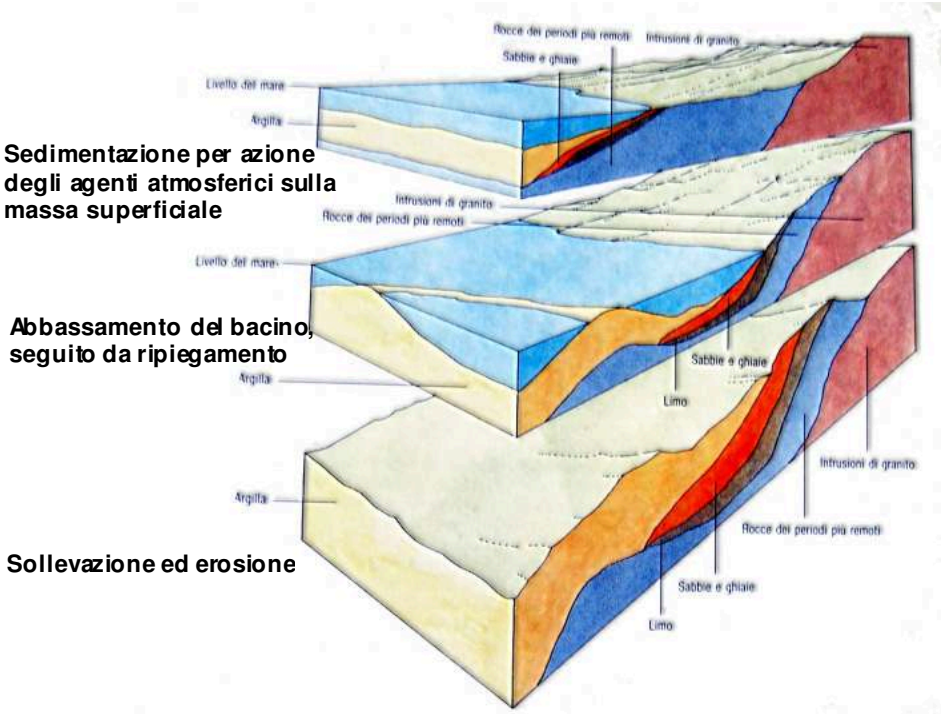



fig. 42, Rappresentazione della formazione di un giacimento argilloso

PLASTICITÀ DELLA TERRA

Il contenuto d'acqua ottimale, perché il materiale terra possa essere impiegato per la produzione di mattoni crudi, è variabile in funzione della composizione ed in particolare della natura e della entità della fase argillosa.

La plasticità dell'argilla è strettamente associata alla forma piatta delle particelle ed alla estensione del velo d'acqua che può essere da loro adsorbito; per avere il massimo della plasticità il tenore complessivo d'acqua risulta generalmente compreso tra il 15 ed il 25% in peso. Gli spessori di questi veli strettamente vincolati sono stati stimati a 210–240 nm. L'acqua in eccesso rispetto a quella che porta alla massima plasticità è definita libera e migliora il flusso del materiale sotto sforzo, fungendo da fase lubrificante.

La valutazione "reologica" dell'impasto e del confezionamento del manufatto in terra cruda è stata sempre fatta dagli operatori in modo empirico. Nel caso delle dispersioni solido/acqua ad alto tenore di solido alle quali si può assimilare l'impasto per il confezionamento dei mattoni in terra cruda, mancano dati sperimentali diretti.

LIMITI DI ATTERBERG

Secondo una classificazione dovuta ad Atterberg, all'aumentare del tenore di acqua un terreno passa dalla stato "solido" a quello "semisolido" e

quindi a “plastico” ed a “liquido”. Si tratta di un approccio che è stato largamente utilizzato nella moderna riscoperta della terra cruda come materiale da costruzione. Il tenore di acqua che caratterizza il passaggio solido–semisolido è detto limite del ritiro ($w_s$), che indica il contenuto d’acqua al di sotto del quale il terreno non subisce più una diminuzione di volume se viene essiccato, mentre per la transizione tra semisolido e plastico si parla di limite plastico ($w_p$), che indica il minimo contenuto d’acqua per il quale il terreno può essere deformato plasticamente senza frantumarsi e per il passaggio tra plastico e liquido di limite liquido ($w_L$), che indica il minimo contenuto d’acqua per il quale il terreno scorre per effetto di una piccola pressione e si comporta come un fluido viscoso.

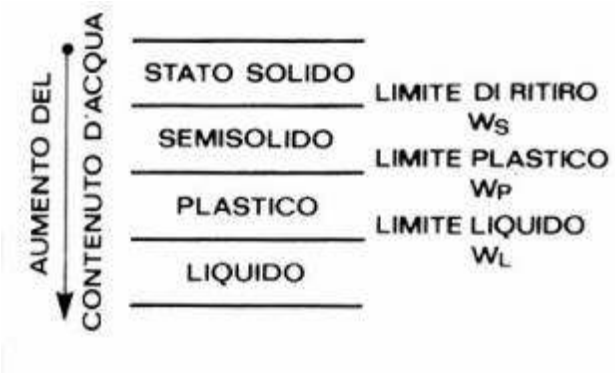



fig. 43, limiti di Atterberg

Naturalmente questi valori limite sono variabili a seconda della composizione della terra ed in particolare della quantità e del tipo di componente argilloso. Al riguardo si definisce un Indice di Plasticità ($PI = w_L - w_p$) come differenza tra il limite liquido e quello plastico, che indica il campo di variazione del contenuto d’acqua all’interno del quale il terreno ha un comportamento plastico, ovvero può essere deformato o maneggiato senza cambio di volume e senza fessurarsi; la terra è definita, in funzione di tale indice come: non plastica (0–5), poco plastica (5–15), plastica (15–40) o molto plastica (> 40).

**TESSITURA**

L’argilla fa parte di quella porzione del terreno denominata ”tessitura” assieme al limo e alla sabbia, che unitamente allo “scheletro” compone il corpus del materiale terra. Lo scheletro è la frazione di terreno costituita da elementi di diametro superiore a 2 mm ed è un costituente inerte che non partecipa ai fenomeni di assorbimento e quindi di plasticità. La tessitura è la distribuzione per classi dimensionali delle particelle elementari che compongono la frazione fine del terreno, ed è responsabile delle principali proprietà fisiche, idrologiche e chimiche dei suoli. Tre sono le principali frazioni granulometriche della terra fine: sabbia, limo e argilla.

Per definire le classi, si riportano i valori della sabbia, del limo e della argilla sui lati di un triangolo equilatero dove all'interno vengono identificati delle aree che individuano le varie classi tessiturali.

| Denominazione | Diametro delle particelle mm |
|---|---|
| **Argille** | Ø < 0.002 |
| **Limo** | 0.002 < Ø < 0.005 |
| **Sabbia** | 0.05 < Ø < 2.00 |

tabella. 2, frazioni granulometriche delle terre fini

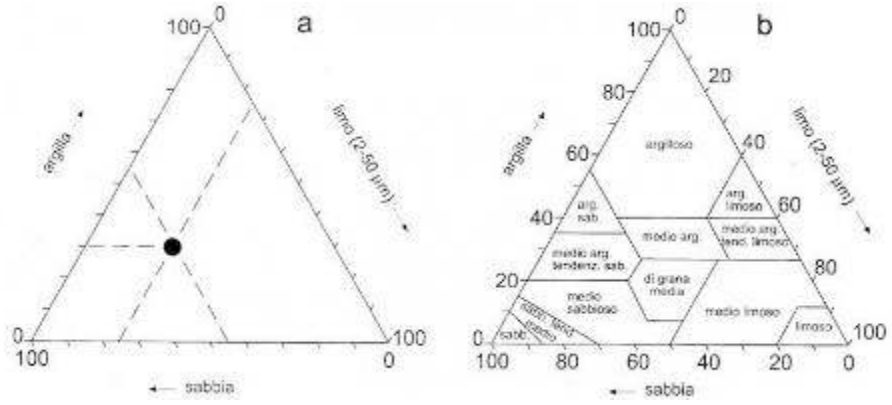



Fig. 43, Per l'individuazione della tessitura di un terreno di cui si conoscono le percentuali delle diverse componenti effettuare i seguenti passaggi: 1.entrare con la percentuale della "sabbia" sul lato "sabbia" e tracciare una parallela rispetto al lato "limo"; 2. entrare con la percentuale del "limo" sul lato "limo" e tracciare una parallela rispetto al lato "argilla"; 3.entrare con la percentuale della "argilla" sul lato "argilla" e tracciare una parallela rispetto al lato "sabbia". Il punto così trovato ricade all'interno di un'area che individua il nome della classe a cui il terreno appartiene.

Il punto di unione delle tre frazioni granulometriche, caratteristiche di un terreno in esame, cade all'interno di un area contrassegnata e quindi individua la classe tessiturale della terra. In genere i suoli sono sempre una combinazione di vari tipi di terre per cui si usa denominare un terreno col nome del tipo di terra maggiormente presente seguito da "con", per il tipo presente fra il 25% ed il 54% dell'insieme; seguito dal nome del tipo con concentrazione fra il 15% ed il 25% unito al suffisso "oso"; preceduto dal termine debolmente se presente fra il 5% ed il 15%. Ad esempio un terreno che sia composto dal 44% di argille con il 30% di limo, il 16% di sabbia ed il 10% di ghiaia si denominerà un'«argilla con limo sabbioso debolmente ghiaiosa».

Quindi possiamo riassumere che le argille e i limi, ovvero la frazione fine del terreno, conferiscono allo stesso coesione e durezza alla fine del

processo di asciugatura e costituiscono quello che viene chiamato il legante del composito terra. I grani più grossi ghiaia e pietrisco, lo scheletro, danno forza e stabilità dimensionale oltre a ridurre la fessurazione del terreno e quindi dell'eventuale impasto per la produzione di manufatti.

Le argille caratterizzano, insieme ai limi, la plasticità[27] della terra e la loro conoscenza e quindi di fondamentale importanza per la buona riuscita degli impasti. In natura esistono diversi tipi di terre in relazione ai minerali argillosi in esse contenute: grasse, costituite da una elevata percentuale di minerali argillosi, trattengono una elevata quantità di acqua e la perdono lentamente per evaporazione, subiscono forti ritiri in essicazione e sono molto plastiche; magre, costituite da una rilevante frazione di minerali sabbiosi, trattengono poca acqua e la perdono rapidamente, hanno un basso ritiro e sono poco plastiche; caoliniti che, costituite principalmente da caolinite, sono di colore bianco giallastro e si impiegano per la realizzazione della porcellana; refrattarie, che contengono solo in piccola quantità i composti che favoriscono la fusione.

Fig.44, relazioni tra tipi di terra e manufatti in crudo.

L'argilla è come una pasta formata di particelle avvolte da una pellicola viscosa. La consistenza dell'argilla varia in base alle diverse forze di coesione che, in presenza o meno dell'acqua, si instaurano fra una particella e l'altra: allo stato liquido ogni particella, con la propria pellicola viscosa, è indipendente dalle altre e si nuove liberamente; allo stato plastico le particelle hanno la pellicola viscosa in comune e sono vicine le une alle altre; allo stato solido, infine, esse risultano maggiormente ravvicinate, tanto da avere punti di contatto. L'argilla è l'elemento che, in ragione delle sue particolari proprietà, dà coesione ma anche plasticità ai suoli. Di conseguenza, il fatto che una terra sia più o meno argillosa la rende adatta, o preferibile, per fabbricare con una certa tecnica costruttiva piuttosto che con un'altra. Ciò vale ovviamente per l'adobe e il pisè che, essendo manufatti crudi, conservano in gran parte le caratteristiche della materia prima impiegata per realizzarli, ma anche per i mattoni e le tegole,

[27] La plasticità è una peculiarità dei materiali argillosi, si manifesta quando il materiale assorbe acqua e viene persa quando questa si allontana, è dovuta all'azione lubrificante e legante dell'acqua assorbita che forma un rivestimento liquido attorno ad ogni particella; per ogni tipo di argilla esiste un ben definito intervallo di percentuale di acqua per cui i valori di plasticità sono definibili.

dato che il processo di cottura determina particolari trasformazioni nella terra argillosa.

L'argilla, seccando passa dallo stato liquido a quello plastico ed infine diventa solida. In questa trasformazione le sue particelle si legano tra loro in maniera sempre più stretta, fino ad assumere una struttura rigida ma non definitivamente stabile. A contatto con l'acqua avviene infatti il processo inverso e dallo stato solido l'argilla porta il manufatto, di cui è un componente, nuovamente allo stato liquido. Quindi nel confezionamento di manufatti in crudo è necessario conoscere le giuste dosi di argilla da impiegare, per evitare effetti sgradevoli in relazione alle condizioni ambientali del sito. La giusta percentuale da impiegare, inoltre, sarà diversa a seconda con quale tecnica costruttiva si decida di costruire. Si impiegherà una terra più grassa per la produzione di adobe e più magra per il confezionamento di manufatti in pisè.[28]

## 4.7 COSTRUZIONI IN TERRA CRUDA

Le costruzioni in terra cruda, realizzate con tecniche molto diffuse nel passato e tuttora impiegate in diverse località del mondo, utilizzano un materiale povero, poco costoso, di facile reperimento e con una discreta resistenza alle diverse sollecitazioni, che permette di fabbricare strutture a limitato impatto ambientale e perfettamente in linea con i principi della bioarchitettura e dell'ecosostenibilità. "L'impiego della terra cruda nell'edilizia è, per sua stessa natura, bio-compatibile e da sempre ha costituito un evento immediato, ovvero privo di qualsiasi mediazione o condizionamento di tipo operativo: il materiale è sempre (o dovrebbe essere) quello che letteralmente giace "sotto i piedi" di chi si appresta a costruire la propria abitazione, l'edificio sorge e si configura esclusivamente come "oggetto utile" sotto il segno del "minimo indispensabile". Tutto il resto si deve alla creatività del cliente/ capofamiglia/ costruttore."[29]

**LE COSTRUZIONI IN TERRA CRUDA**

"Per costruzioni in terra cruda si intendono edifici durevoli realizzati utilizzando la terra del suolo, estratta al di sotto dello strato arabile, opportunamente lavorata, messa in forma e lasciata asciugare. La parte di argilla svolge la funzione di legante (come la calce o il cemento)

[28] Cfr. P. Donati, Legno, pietra e terra, l'arte del costruire, Firenze, 1990, pag.133
[29] E. Galdieri, Il mattone crudo e le origini della bio-architettura, sta in M. Germanà e R. Panvini, a cura di, La terra cruda nelle costruzioni, Palermo 2008, pag.20

permettendo i processi di consolidamento dei manufatti edilizi anche per costruzioni di più piani."[30]

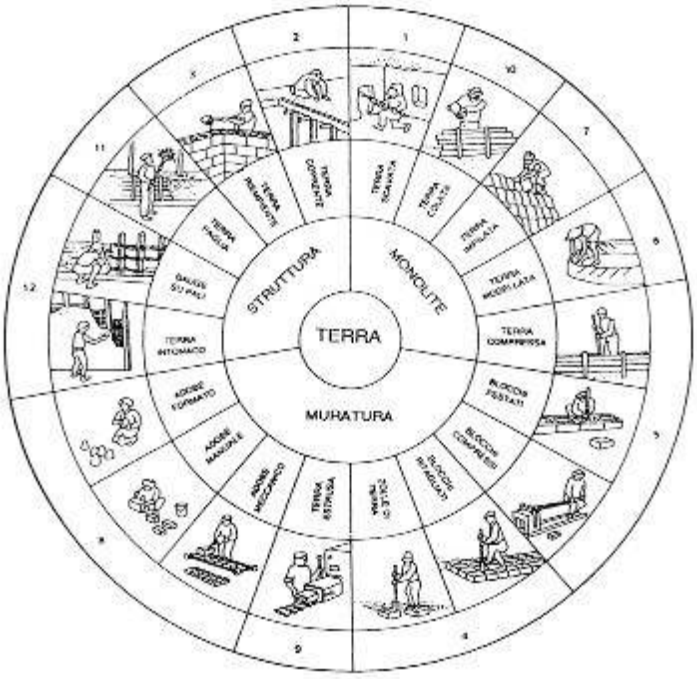



Fig. 45, Diagramma delle diverse famiglie di procedimenti costruttivi antichi e moderni che utilizzano il ricorso alla terra cruda.

ECOCOMPATIBILITA'

La terra più adatta a questo tipo di costruzione è facilmente reperibile dovunque e, grazie alle proprietà coesive e alla rapidità di costruzione, sarà utilizzata storicamente molto prima dell'introduzione del mattone cotto o della pietra tagliata. La riscoperta dei diversi sistemi d'impiego della terra cruda anche in fabbricati moderni e per l'autocostruzione deriva senz'altro dalle alte prestazioni ambientali e di vivibilità di questo materiale, dall'ecocompatibilità delle tecniche impiegate, dalla possibilità di riciclare sotto forma di terreno agricolo il materiale di base e dal notevole risparmio di energia necessaria a realizzare gli elementi costruttivi, calcolata in una quantità pari a un quarantesimo rispetto alla fabbricazione di un laterizio di fornace.

Ancora oggi almeno il 50 per cento della popolazione mondiale vive in case di terra e paglia realizzate con diverse tecniche sovente molto povere, ma diversi esempi della tradizione pervenuti fino a noi riguardano edifici con altezza rilevante, con apparati decorativi sofisticati e di forte significato simbolico o religioso, con forme di ogni tipo, da quelle più tradizionali con coronamento a falde, a sistemi con strutture arcuate o a cupola.

[30] B. Narici, Tecniche di costruzione in terra cruda, sta in AAVV. Costruire con la terra, tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni, Napoli, 2001, pag. 9.

**COMPOSIZIONE**

Per l'impiego delle tecniche costruttive con la terra cruda si utilizza terra estratta ad almeno 20 o 30 cm di profondità, evitando lo strato superficiale che contiene sostanze organiche putrescibili e dalla scarsa resistenza meccanica. Questa terra è composta di ghiaia, sabbia grossa, sabbia fine, limo e argilla in diverse proporzioni, che dipendono dalla granulometria dei componenti. La porzione argillosa può andare dal 5 al 50% a seconda delle tecniche utilizzate. Ad esempio una terra piuttosto magra e ghiaiosa è adatta per la tecnica della terra battuta, una terra leggermente grassa e sabbiosa è l'ideale per il mattone crudo, mentre una terra grassa e limosa si presta per impasti di terra e paglia.

**RICONOSCIMENTO DELLA PROPRIETA' DELLA TERRA**

Terre molto grasse, con quantità di argilla maggiori, richiedono l'aggiunta di inerti minerali (es. sabbia) o fibre vegetali (es. paglia).

Le variabili che ci permettono di comprendere il comportamento di una terra sono:

*a - la quantità di argilla contenuta;*

*b- la qualità dell'argilla;*

*e - la proporzione e il tipo di inerti.*

Per riconoscere la quantità di argilla e dei diversi inerti si effettuano l'analisi granulometrica e la sedimentazione, che permettono di disegnare una curva che rappresenta la quantità percentuale dei diversi componenti, in base al diametro delle particelle.

Per riconoscere invece la qualità dell'argilla (vi sono, infatti, argille più o meno collanti) è necessario conoscere l'indice di plasticità (Limiti di Attemberg) o la composizione petrografica che si esegue con l'esame diffrattrometrico ai raggi X.

Poiché il comportamento del materiale è dato dall'interazione tra i componenti, che sono diversi per ogni tipo di terra, non è facile dare indicazioni per i vari tipi di terra analizzando un solo elemento (ad esempio l'argilla).

In Italia, alcuni dati sui terreni rispetto alla granulometria e all'indice di Plasticità si trovano presso gli Istituti di Agraria o le compagnie stradali; anche le carte geologiche possono dare alcune indicazioni di base ma va comunque considerato che in uno stesso territorio talvolta si possono trovare diversi tipi di terra a poca distanza.

Così, benché sia a volte facile trovare delle analisi che indicano le diverse percentuali di inerti, limo e argilla (a differenza delle analisi chimiche che sono molto rare e costose), è sempre meglio eseguire delle prove manuali e testare gli impasti per verificarne la capacità collante. Tradizionalmente era sempre indispensabile nel cantiere la presenza di un esperto che sapeva riconoscere la qualità del materiale e degli impasti.

***Le diverse tecniche***

TECNICHE COSTRUTTIVE

A livello *strutturale* si possono distinguere tre famiglie di tecniche costruttive in terra:

- le *tecniche monolitiche con funzione portante,* con le quali si realizzano le strutture degli edifici;

- le *tecniche a blocchi con funzione portante o di tamponamento*, con le quali si realizzano elementi con funzione portante (pilastri, murature, strutture archivoltate ecc;) o di tamponamento.

- le *tecniche di tamponamento non portanti,* (da realizzarsi in presenza di strutture portanti a telaio generalmente in legno), con le quali si realizzano elementi edilizi con funzioni di chiusura e protezione ambientale.

A livello di *processo esecutivo* si possono distinguere due famiglie di tecniche:

- le tecniche "*a bagnato*" che sono formate in opera con utilizzo di casseri ed acqua (analogamente alle opere in calcestruzzo);

- le tecniche "*a secco*", i cui elementi edilizi di base sono prodotti sia a piè d'opera sia in stabilimento e successivamente assemblate in situ.

Attualmente la tendenza del mercato nei paesi industriali privilegia le tecnologie a secco, che:

- non necessitano di lunghi tempi di essiccamento in cantiere;

- permettono la messa in opera anche in periodi freddi senza i rischi connessi al gelo invernale;

- permettono una produzione "industriale" poiché: consentono una differenziazione dei prodotti secondo gli usi, (controsoffittature, pannelli divisori, muri portanti, ecc.); riducono i tempi di messa in opera; facilitano l'assemblaggio consentendo l'uso di mano d'opera non specializzata; incoraggiano l'approvvigionamento e l'acquisto del materiale anche in contesti urbani.

Considerata la grande potenzialità delle tecniche in terra, che vanno da quelle tradizionali-artigianali a quelle dell'industrializzazione avanzata si tratta di saper valutare attentamente la tecnologia più appropriata al contesto nel quale si progetta, valutando attentamente i costi ecologici, sociali e culturali, nonché economici del materiale e del sistema di lavorazione scelto, oltre all'appropriatezza della tecnica rispetto alle esigenze costruttive e formali dell'intero edificio.[31]

La scelta delle diverse tecniche, in funzione del contesto climatico e della domanda specifica di comfort richiesta dall'utente, è un aspetto importante che riguarda il progetto bioclimatico.

L'uso di tecniche massive per muri esterni in zone fredde senza altre protezioni, l'impiego di terra alleggerita in serie, l'esecuzione di pareti sandwich (che accostano la terra ad altri materiali isolanti con emissioni

[31] Cfr. AAVV. Costruire con la terra, Napoli, 2006, pag. 10

nocive), il rivestimento di muri in terra con materiali poco permeabili o pitture non naturali, portano a ridurre le possibilità di riciclo del materiale, contribuiscono ad un aumento del consumo energetico e non migliorano il benessere abitativo.

Anche a livello statico, alcune scelte non oculate possono portare a gravi problemi che poi compromettono l'uso di questo materiale: mattoni crudi estrusi di composizione grassa, in esterni o in zone fortemente esposte all'umidità, possono portare a rigonfiamenti, sollevamento di travi e cedimenti strutturali; l'esecuzione di riempimenti in terra alleggerita tra due casseri a perdere con scarsa ventilazione può non permettere l'essiccamento del muro portando allo sviluppo di muffe e funghi non temporanei ma di lunga durata, che possono attaccare e danneggiare la struttura portante in legno.

| | | |
|---|---|---|
| **TERRA PORTANTE** | Elementi monolitici formati in opera a bagnato | Terra scavata;Terra modellata; Terra impilata; Terra battuta; Terra colata |
| | Elementi a blocchi prodotti fuori opera | Adobe manuale; Adobe industriale; Blocchi colati; Blocchi tagliati; Blocchi battuti; Blocchi compressi |
| **TERRA PER TAMPONAMENTO** | Elementi di chiusura formati in opera a bagnato | Torchis o bauge su pilastri; Terra paglia o terra alleggerita; Terra di riempimenti; Terra di copertura; Terra spruzzo |
| | Elementi prefabbricati prodotti fuori opera | Blocchi alleggeriti o in terra paglia; Blocchi estrusi; Lastre prefabbricate; Pannelli isolanti; Elementi prefabbricati; |

Fig. 46, Tecniche della Terra Cruda

**LA FIGURA DEI CAPOMASTRI**

Tradizionalmente la costruzione in terra, benché le operazioni esecutive fossero semplici, prive di macchinari complessi e di facile esecuzione, era sempre legata a figure di esperti o capomastro, che anche nei cantieri di autocostruzione si occupavano di un settore specifico: coordinavano i lavori controllando le terre e i tipi di impasto, scegliendo le soluzioni appropriate alle diverse parti costruttive e garantendo la qualità finale del manufatto.

Queste figure sono scomparse in Europa con la fine dell'edilizia tradizionale in terra e il suo recupero attuale necessita lo sviluppo di una nuova conoscenza. Soprattutto in Germania e in Francia esiste una tradizione di manualistica specifica, rivista e approfondita negli ultimi anni, in particolare dal centro CRATerre di Grenoble. In Germania tra le due guerre sono state create scuole specifiche per formare capi-mastri in grado di coordinare cantieri di autocostruzione. Infatti un aspetto fondamentale per l'applicazione delle diverse tecniche è la conoscenza pratica del materiale, che permette di ridurre i tempi di costruzione e garantisce la

qualità del manufatto. A differenza di altri materiali, per la terra è sempre importante l'esperienza pratica, che aiuta a impostare correttamente i lavori dalla concezione dell'edificio alla realizzazione, in modo che l'impiego della terra non sia una scelta eseguita a fine progetto, ma diventi strutturale al progetto stesso, ottimizzando le prestazioni dei diversi materiali impiegati.

I nuovi prodotti industriali permettono talvolta di superare la mancanza di sperimentazione diretta, offrendo anche per la terra cruda tecniche "facilitate" che possono essere assemblate anche da manodopera non specializzata attraverso schede tecniche e schemi costruttivi che ne definiscono le possibili prestazioni e le indicazioni di utilizzo. Si tratta però di interventi parziali e non ancora ben diffusi in Italia.

Inoltre è importante riscoprire un linguaggio attuale di questo materiale antico, sviluppando una collaborazione tra tecnici, ecologi e progettisti, analizzando e reinterpretandone l'uso, secondo le nuove esigenze abitative e il diverso rapporto con i materiali e la costruzione del mondo contemporaneo.

Perché le nuove architetture in terra tornino ad emozionarci come i palazzi dello Yemen, i Ksar del Marocco o le Moschee del Mali saranno necessarie diverse sperimentazioni per la formazione di una nuova generazione di esperti costruttori e la sinergia di operatori e conoscenze diverse, una contaminazione che, speriamo, porti al recupero dell'architettura spontanea in chiave contemporanea.

## 4.8 PRINCIPI DELLE REALIZZAZIONI CON LA TERRA

L'analisi dei manufatti in terra rivela un'estrema eterogeneità delle modalità operative e dei risultati, secondo i contesti storici, geografici e produttivi nei quali sono inseriti. La mostra e le pubblicazioni, del Centre National d'Art et Culture Georges Pompidou e del Centre de Crèation Industrielle, dei primi anni '80 del secolo scorso sul tema "Des Architectures de Terre" oltre alla principale missione di sensibilizzare il mondo intellettuale sul tema dimenticato delle costruzioni in terra cruda, ha contribuito all'identificazione di una serie di caratteri distintivi con lo scopo di rimuovere i pregiudizi nei confronti di questo materiale. I curatori delle pubblicazioni, a corredo della mostra, stilarono un elenco delle caratteristiche della terra cruda, in relazione alle tradizioni storiche e popolari delle architetture realizzate in tutte le parti del mondo e nelle varie epoche storiche, da cui è possibile tracciare una carta d'identità universale di questo materiale antico: des l'Anciennetè des architecture de terre: les origines des traditions populaires de l'architecture de terre remontent aux sources de l'histoire des villes de l'humanité; *(dell'età dell'architettura di terra: le origini delle tradizioni popolari legate all'architettura di terra risalgono alle origini della storia delle città e quindi dell'umanità);* de la force et de la soliditè des architectures de terre: si tout le monde s'accorde à reconnaitre l'ancienneté des traditions historiques et populaires de l'architecture de terre, des prèjugès frèquents insinuent toutefois que ces contructions seraient fragile set ne rèsisteraient guère au temps; *(della forza e della solidità delle architetture di terra: se tutti riconoscessimo il valore culturale delle tradizioni storiche e popolari legate all'architettura di terra, molti pregiudizi, legati alla fragilità e alla resistenza nel tempo, di questo materiale sarebbero superati);* de la diversitè des formes des architectures de terre: avec la terre crue,..., le batisseurs ont rèussi à édifier à travers le monde des architectures d'une extraordinaire diversitè de formes, à élaborer une étonnante diversité de langages architecturaux où s'expriment avec éloquence les originalités culturelles des usagers; *(della varietà delle forme delle architetture di terra: con la terra cruda,..., gli artigiani sono riusciti a realizzare una straordinaria varietà di forme, a elaborare una grande diversità di linguaggi architettonici capaci di esprimere con eloquenza le originalità espressive degli utenti;* de la variété des fonctions des batiments en terre: la puissance de conditionnement culturel a été telle depuis un demi-siècle en faveur des dogmes de l'architecture moderne orthodoxe que nous avons souvent oublié l'évidence

**L'ETA' DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

**LA FORZA DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

**LA DIVERSITA' DELLE FORME DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

**LA VARIETA' DELLE FUNZIONI DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

meme des aptitudes des architectures des communautés traditionnelles à résoudre de facon locale et autonome de multiples problèmes d'équipement et d'aménagement; *(della varietà delle funzioni degli edifici in terra: il potere di condizionamento culturale dettato dai dogmi dell'architettura moderna ortodossa è stato di tale portata da aver provocato l'eliminazione di quell'attitudine propria dell'architettura locale, di risolvere i problemi legati all'organizzazione delle attività collettive e alla pianificazione);*

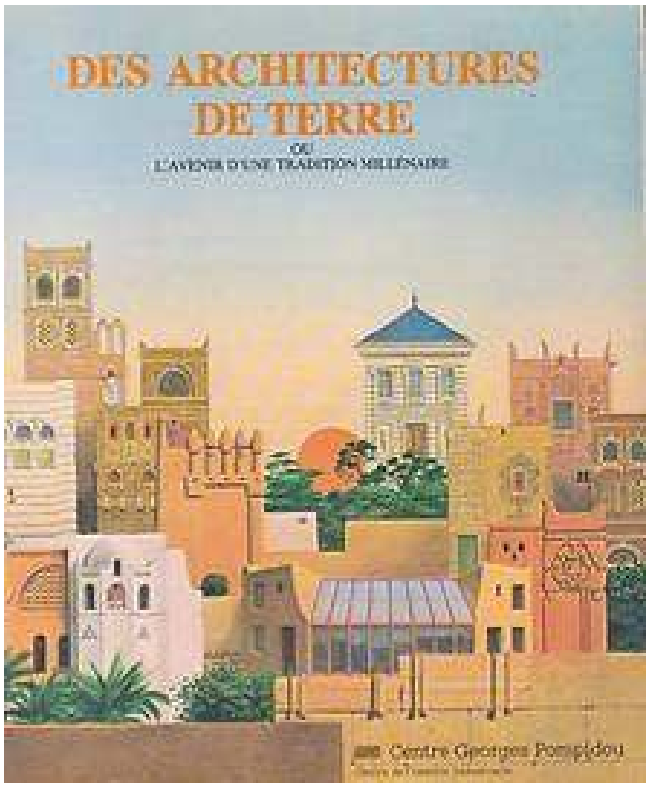



Fig.47, Catalogo della Mostra Des Architectures de Terre

**L'UNIVERSALITA' DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

de l'unversalité des architectures de terre: contrairement à des préjugés, les architectures traditionelles de terre, …, en ce sens que l'on trouve actuellement l'évidence de leur existence dans la majorité des pays du monde et sur touts les continent; *(dell'universalità delle architetture di terra: contrariamente ai pregiudizi, le architetture tradizionali di terra, … , si trovano nella maggioranza dei paesi del mondo, in tutti i continenti);* de

**IL MOTTO DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

quelques méthodes de contruction en terre: le génie populaire anglais l'exprime en una formule: "Pour durer des siécles, il suffit aux maisons de terre d'avoir un bon chapeau et de bonnes bottes"; *(di tutti i metodi di costruzione in terra: il genio popolare inglese l'esprime in una formula: "Per durare nei secoli, basta che le case di terra abbiano un buon cappello e buoni stivali");* de l'usage des architecture de terre par les nantis et les démunis: la construction en terre crue n'implique en aucune facon des usage restrictifs à des classes sociales particulières: traditionnellement,

**L'USO SOCIALE DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

tout le monde fait usage dum eme materiau de base. Aussi le nantis que les démunis, les architecture de terre existent aussi bien dans le pays économiquement riches que paure; *(dell'uso dell'architettura di terra per i benestanti e per i poveri: le costruzioni in terra sono state realizzate per le più svariate esigenze sociali: tradizionalmente, tutti fanno lo stesso uso del materiale di base. Così per i benestanti e per poveri, le architetture di terra vanno bene sia nei paesi ricchi che in quelli con economia emergente*); de l'urbanité des architecture de terre: c'est en terre crue que les civilisations les plus diverses ont édifié des villes entiéres; (*dell'urbanità dell'architettura di terra: nel corso dei secoli, città intere sono state edificate con la terra cruda);* de la ruralitè des architectures de terre: l'architecture rurale de la terre poursuit ainsi sa vie et sonn évolution en exprimant de stimulantes synthéses des traditions et d'une certaine modernité; *(della ruralità delle architetture di terra: l'architettura rurale in terra continua ad esistere e ad evolversi esprimendo, nelle realizzazioni, una sintesi tra la tradizione e la modernità)*; de l'ornementation des architectures de terre: les méthodes d'utilisation de la terre permettent de ne pas dissocier la matérialité et la spiritualità de l'acte de batir car il autorise la simultanéité et la synthèse des actions constructives et artistiques; *(dell'ornamento delle architetture di terra: le tecniche costruttive della terra cruda permettono di non dissociare la materialità e la spiritualità nell'atto del costruire, perché coniugano simultaneamente in una sintesi l'azione costruttiva e il gesto artistico);* de la sensualitè des architectures de terre: un plausi des sens qui irradie l'espace domestique et l'espace communautaire d'une dimension érotique tant s'y trouve exaltée la liberté de concevoir des formes issues du ventre de la terre; *(della sensualità delle architetture di terra: un ovazione di sensi, capace di irradiare, tanto nello spazio domestico quanto in quello comunitario, una dimensione erotica che esaltata la libertà di concepire forme generate dal ventre della terra);* de la hauteur des batiments en terre: le premier gratte-ciel de notre histoire a-t-il été contruit en terre?; (*dell'altezza degli edifici in terra: il primo grattacielo della nostra storia è stato costruito in terra?);* de la grandeur des batiments en terre: si les maisons des homes constituent les cas les plus frequents de contruction en terre, avec ce meme matériau, les "maisons de Dieu" experiment l'ampleur avec laquelle ces contructions peuvent se déployer dan l'espace; *(della grandezza degli edifici in terra: se le case degli uomini costituiscono i casi più frequenti di costruzioni in terra, con questo stesso materiale, le "case di Dio" sperimentano l'ampiezza con la quale questi edifici possono spiegarsi nello spazio);* du confort des architectures de terre: dans les maisons édifiées en terre régne souvent une singuliére harmonie; elle est due à la fois au recours à un meme matériau et à la qualité des aspaces et des rythmes architecturaux que determinant les régles traditionnelles de ses

L'URBANITA' DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

LA RURALITA' DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

L'ORNAMENTO DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

LA SENSUALITA' DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

L'ALTEZZA DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

LA GRANDEZZA DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

IL CONFORT DELLE ARCHITETTURE DI TERRA

udages architectoniques; *(della comodità delle architetture di terra: nelle case edificate in terra regna spesso una singolare armonia; è dovuta al tempo stesso al ricorso ad un unico materiale e alla qualità degli spazi e dei ritmi architettonici, determinati dalle regole tradizionali della pratica architettonica);* de la déchéance, de la rehabilitation et de la pervesion des architectures de terre: les architectures de terre sont désormais considérées comme des témoignages importants du génie universel: elles sont classées, restaurées, protégées et les universités, comme diverses institutions régionales- ou internationales ;... ;Ces perversions sont néfastes car elles trahissent la nature et l'esprit même de ces architectures dont seules les traditions populaires ont toujours garanti globalement le bon usage et l'adaptation vivante aux circonstances les plus diverses; (*del decadimento, della riabilitazione e della perversione delle architetture di terra:le architetture di terra sono oramai considerate come le testimonianze importanti del genio universale:sono classificate, restaurate, protette ;...; Queste perversioni, di edifici che sembrano in terra cruda ma che in realtà sono realizzati con materiali ibridi, sono nefaste perché tradiscono la natura e lo spirito stesso di queste architetture di cui, uniche, le tradizioni popolari hanno sempre garantito globalmente il buono uso e l'adattamento ambientale alle circostanze più diverse);* de la modernité des traditions des architectures de terre: les traditions culturelles ne constituent pas des objets figés dans le temps; ells doivent etre constamment revisitées, réinterprétées et ré-appropriées pour créer un lien de continuities locales de l'actualité *(della modernità delle tradizioni delle architetture di terra: le tradizioni culturali non devono costituire dei dogmi; esse vanno rivisitate costantemente, reinterpretate e riappropriate per creare un legame di continuità con l'attualità).* [32]

**IL DECADIMENTO, LA RIABILITAZIONE E LA PERVERSIONE DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

**LA MODERNITA' DELLE TRADIZIONI DELLE ARCHITETTURE DI TERRA**

Tuttavia il produrre con la terra è riconducibile ad alcuni paradigmi, che rappresentano il denominatore comune di tutte le realizzazioni e che costituiscono il vero valore aggiunto di questo materiale.

***La versatilità***

La terra è una sorta di matrice delle possibili variazioni. Essa incorpora la possibilità di tradursi in una varietà di materiali che, in base alle metodologie di trattamento, alla sua composizione e agli eventuali inerti miscelati, sono in grado di adeguarsi alla specificità del contesto di progetto e di produzione con manufatti differenti per:

**PRESTAZIONI**

- le *prestazioni.* La terra si presta ad un'operazione sperimentale di progettazione tecnologica dove le caratteristiche proprie del materiale riescono a fare coesistere con una buona capacità di equilibrio una pluralità di prestazioni quali: l'inerzia termica, l'accumulo di calore, l'isolamento

[32] Cfr. AAVV. Des Architectures de Terre, Parigi, 1982.

acustico, l'isolamento termico, la facilità operativa, la manutenibilità, l'affidabilità, la durabilità, il comportamento al fuoco, la salubrità, il benessere, la riutilizzabilità e la riciclabilità, la resistenza al gelo, la resistenza agli attacchi biologici, la flessibilità;

MODALITA' OPERATIVE

- le *modalità operative.* La terra si presta ad essere trattata secondo una pluralità di metodiche produttive, adeguandosi a competenze tecniche e a mezzi d'opera che appartengono all'intero arco dei modelli produttivi; dagli ambiti puramente artigianali e quindi adatti ai paesi in via di sviluppo, alle sperimentazioni dell'autocostruzione, ad organizzazioni più evolute della produzione in cantiere, con applicazioni di tipo meccanizzato e meccanizzato evoluto. Infine la terra può essere trattata come materia prima in vere e proprie filiere industriali (mercato di prodotti, semilavorati e componenti a base terra), coinvolgendo una pluralità di operatori attivi su segmenti più o meno lunghi dell'intero processo produttivo;

CAMPI DI APPLICAZIONE

- i *campi di applicazione.* I manufatti in terra possono riguardare: sia gran parte degli elementi di un organismo edilizio (strutture, chiusure, partizioni interne), che possono essere contemporaneamente tutte, o solo parzialmente, presenti in un edificio in risposta a specifiche esigenze; sia semilavorati o componenti da assemblare per la realizzazione di parti d'opera.[33]

***La compatibilità ambientale.***

La terra è un materiale da costruzione che, in virtù della sua versatilità, è in grado di porsi perfettamente in equilibrio con l'ambiente, inteso in una duplice accezione:

L'AMBIENTE DELLE RISORSE UMANE

*l'ambiente delle risorse umane.* La terra si presta a realizzazioni accessibili a qualsiasi organizzazione produttiva, dalla più semplice alla più complessa;

L'AMBIENTE DELLE RISORSE NATURALI

*l'ambiente delle risorse naturali.* La terra è una risorsa pressoché inesauribile e facilmente reperibile nella gran parte dei contesti geografici. La varietà delle prestazioni ottenibili, con le diverse tecniche esecutive, consente di produrre manufatti adatti a perseguire politiche concrete di risparmio energetico e il comfort in differenti contesti climatici.[34]

***Il basso impatto ambientale.***

"Solidi muri di terra riducono l'uso dei materiali da costruzione tradizionali con alti risparmi energetici, riducono gli sprechi energetici per la realizzazione dei materiali tradizionali, riducono i processi di costruzione e hanno una buona durevolezza nel tempo".[35] L'intero ciclo produttivo che

[33] C. Talamo, La tecnologia sperimentale per la terra, sta in AAVV, Costruire con la terra, tecniche costruttive campi di utilizzo prestazioni, Napoli, 2001 pag 16
[34] Cfr. C. Talamo, Op. Cit. pag 17
[35] Cfr. L. Elizabeth C. Adams, Op.cit, pag. 158

coinvolge la produzione di manufatti in terra prevede bassissimi livelli sia nella sottrazione di materie dall'ambiente, sia nell'utilizzo di energia, sia nell'emissione di inquinanti e di scarti di lavorazione, sia infine nella dismissione. In particolare:

**L'ESTRAZIONE**

*l'estrazione* può avvenire sfruttando terreni di scavo delle fondazioni dell'edificio stesso o già cavati per altri usi;

**LA PREPARAZIONE DEL MATERIALE**

*la preparazione del materiale* non prevede l'aggiunta di altri elementi, se non che eventualmente di acqua o di altri componenti naturali (paglia, legno, segatura, ecc.) che richiedono minime operazioni di preparazione o che sono scarti provenienti da lavorazioni di altri processi. "Talvolta, all'impasto, può essere addizionato una minima percentuale di cemento Portland per incrementare la forza di adesione interna e la resistenza agli agenti atmosferici".[36] La preparazione del materiale, che può avvenire per via manuale o meccanica, richiede macchinari per nulla o scarsamente energivori. Inoltre, poiché in nessun caso è prevista la cottura del materiale, non sono prodotti inquinanti da combustione; sia che si predisponga *materiale da gettare in opera,* sia che si producano *elementi preformati da assemblare,* tutta la materia prima in ingresso nel processo viene utilizzata senza la produzione di materiali di scarto da smaltire; *la manutenzione* dei manufatti in terra non richiede altri prodotti se non che terra della stessa qualità utilizzata inizialmente.

Giunto alla fine della sua durata di vita un manufatto in terra può venire *dismesso,* riciclando la terra per la realizzazione di altri manufatti edilizi oppure restituendo il materiale all'ambiente a fini agricoli; in questo modo si chiude un ciclo produttivo per riaprirne un altro, in una equazione di totale rispetto ambientale.[37]

***La adattabilità con il clima***

Storicamente la costruzioni in terra battuta sono state costruite nelle più svariate zone climatiche della terra, dalle più miti alle più selvagge, dalle cime innevate delle montagne Himalayane ai torridi deserti del Nord Africa. Innumerevoli vecchie costruzioni sopravvivono ancora oggi nelle fredde e umide regioni come la Gran Bretagna e le montagne Caucasiche della Georgia.

Le proprietà di resistenza alle avversità atmosferiche, dovute al dilavamento delle acque meteoriche e all'umidità, derivano dalla monoliticità strutturale che assumono i manufatti in terra battuta; di contro i muri di mattoni adobe, in terra cruda, presentano una vulnerabilità strutturale molto elevata soprattutto nei giunti di malta, tra un mattone e

[36] Cfr. L. Elizabeth C. Adams, Op. Cit pag. 159
[37] Cfr., C. Talamo, Op.Cit. pag 16

l'altro, facilmente suscettibili alle azioni di deterioramento dell'acqua dovuti ai climi umidi.[38]

## 4.9 TECNICHE COSTRUTTIVE IN TERRA CRUDA

Le tecniche costruttive in terra cruda sono molteplici e sono applicate con numerose varianti soprattutto legate al tipo di risorse naturali disponibili, all'ambiente in cui vive il fabbricato e alla sua destinazione d'uso.

Le murature in terra possono essere realizzate con diverse tecniche:

a. **terra battuta** (*pisé de terre, stampflehm, rammed heath, tapia )* ottenuta con un getto pressato di terra tra casseforme.

Il pisè è una tecnica molto antica, di cui esistono testimonianze, realizzate con principi costruttivi simili, praticamente in tutto il mondo. La diffusione di questa tecnica costruttiva, sviluppata probabilmente in Medioriente è successivamente diffusa dal Magreb alla Spagna e alla Francia e da qui verso l'America centrale e latina, è riconducibile ad almeno tre fattori:

**FATTORI DI DIFFUSIONE DELLA TECNICA DEL PISE'**

- disponibilità in situ di un tipo di terreno adatto alla realizzazione dei manufatti in terra battuta;

- scarsa disponibilità di acqua necessaria per la realizzazione del manufatto, rispetto ad altre tecniche costruttive in terra;

- dipendenza dalla disponibilità di legname per le casseforme.

Le costruzioni in pisè sono attualmente realizzate, sia in aree in via di sviluppo, sia in paesi industrializzati, con una varietà di procedimenti che, in base alle risorse disponibili, vanno da un lavoro completamente artigianale e quindi manuale, alla quasi totale meccanizzazione delle lavorazioni.

In Italia le costruzioni in pisè sono numerose in Piemonte, nella regione tra Tortona, Alessandria e Novi Ligure dove la gran parte degli edifici sono ancora poco studiate e conosciute e sono vittime di interventi di ristrutturazione che spesso ne accelerano il degrado. All'estero appare un maggiore interesse per questa tecnica: realizzazioni recenti in pisè sono state eseguite in Francia, Danimarca, Austria e Svizzera. In particolare in Austria, dove l'architetto Martin Rauch utilizza una tecnica meccanizzata che velocizza la messa in opera ed esegue delle gettate di terra dai diversi colori; in seguito, dei trattamenti manuali mettono in risalto la colorazione e la tessitura della parete, lasciata a vista anche in esterni. In Francia, la

[38] Cfr. Cfr. L. Elizabeth C. Adams, Op.Cit. pag. 161.

diffusione della tecnica si è avuta grazie al lavoro di *CRATerre* e dell'associazione *Pisè Terre d'Avenir* che hanno investito dei fondi governativi per lo sviluppo di tecniche costruttive a basso impatto ambientale. Il pisè sta conoscendo inoltre, un'importante diffusione negli USA, in particolare negli stati di California, Arizona e New Mexico dove sono stati realizzati una mezza dozzina di edifici e in Australia, dove sono state messe a punto tecniche che ne velocizzano molto le operazioni di messa in opera. [39]

Fig. 48, costruzione in terra battuta, cantiere della Chiesa della Riconciliazione Reitermann & Sassenroth con Martin Rauch, Berlino, Germania 1999-2000

Il pisè è particolarmente indicato in zone calde o con escursioni termiche giorno/notte molto elevate. Nelle zone fredde, può essere impiegato con un buon isolamento applicato esternamente.

La tecnica del pisè, se sviluppata secondo logiche di razionalità, consente di produrre manufatti economici, realizzabili all'interno di cantieri di autocostruzione, altamente specializzati e che utilizzano sistemi innovativi.

b. **mattoni crudi formati a mano** *(adobe, brique cru, lehmsteine, sun dried brick, ladiri)* ottenuti modellando e pressando la terra in un telaio aperto su due lati.

TERMINOLOGIA

Il mattone di adobe, utilizzato da millenni, è certamente uno dei primi materiali elaborati dall'uomo. Il termine adobe proviene dall'egiziano *thobe*

[39] Cfr. D. Easton, Rammed Earth, sta in L. Elizabeth C. Adams, Op. Cit. pag. 155.

(mattone) tradotto in arabo *ottob,* diventato *adobe* in spagnolo e a volte chiamato *toub* in francese. In Germania è conosciuto come *lehmziegel* e nello Yemen prende il nome di *madar*.[40] I mattoni massicci in terra cruda, sono tipici delle regioni calde dove vengono utilizzati per murature portanti; sono tuttavia diffusi anche nei paesi nordici ed europei. In Italia sono ampiamente utilizzati nel Sud della Sardegna (con il nome di *ladiri),* in Abruzzo nella provincia di Pescara, e in Piemonte nella zona di Tortona. Nel Centro e nel Nord Europa i mattoni crudi spesso sostituiscono il *torchis* nel riempimento degli edifici a struttura portante in legno.

Nella storia del Sud Ovest degli Stati Uniti, il processo di produzione dell'adobe non è mai venuto meno.

L'adobe è un blocco parallelepipedo in terra cruda dal quale derivano i *ladiri* di Sardegna e altre tipologie diffuse in molte zone del mondo a clima caldo.

Fig. 49, preparazione dei mattoni crudi, Blumer Brickworks, Suffolk, Inghilterra

**LA MATERIA PRIMA DELL'ADOBE**

La materia prima è un impasto di terra sabbiosa e limosa con una percentuale di argilla non dissimile rispetto a quella del pisé, che viene lavorata nella tradizione con sistemi a mano per rendere plastico il materiale e modellato con un telaio aperto sui due lati maggiori del tutto simile a quello impiegato per il laterizio confezionato con tecniche artigianali.

**LAVORAZIONE E CONFEZIONAMENTO DEGLI ADOBE**

Al pari di questo, la terra viene compressa nello stampo fino a intasare tutti gli angoli e, dopo aver allontanato l'eccesso di materiale, si livella la superficie con un regolo o a mano. Talvolta all'impasto vengono

[40] Cfr. M. Moquin, Adobe, sta in L. Elizabeth e C. Adams, Op. Cit. pag. 89.

aggiunte paglia tritata, o altre fibre vegetali, in funzione di struttura per ridurre il ritiro in fase di essiccazione e una modesta dose di sostanze organiche derivate da deiezioni animali, usate in varie parti del mondo, migliorano l'adesione e la capacità impermeabilizzante del mattone. Possono inoltre aggiungersi anche additivi minerali, limi o emulsioni di origine asfaltica.

Molte produzioni attuali di adobe utilizzano una pressa manuale o meccanica per il confezionamento dei blocchi che, grazie all'utilizzo di terre scelte a granulometria selezionata, permettono di ottenere una maggiore compattazione del materiale, così da aumentare la resistenza delle murature alle aggressioni ambientali e garantire una resistenza meccanica superiore che diviene quasi costante sull'intera produzione.

Uno dei grandi vantaggi dell'adobe è la flessibilità nelle modalità di produzione e la facilità di messa in opera.

TERMINOLOGIA

c. **blocchi di forma quasi cilindrica** *(massoni, bauge, wellerbau, cob)* ottenuti costipando un impasto di terra e paglia, preparato in precedenza in apposite buche, senza l'ausilio di casseri.

La terra, impiegata in questa tecnica costruttiva, viene impastata con la paglia è può essere identificata con diverse terminologie a seconda della regione di produzione. La tecnica tradizionale del *torchis*[41], prevedeva il riempimento, con l'impasto in terra e paglia, dei muri delle case a struttura portante in legno *(colombage* o *Fachwerkhaus).* La tecnica tradizionale del *bauge*[42], contrariamente alla precedente, prevedeva l'impasto di terra paglia con funzioni portanti.

Nella tecnica dei blocchi in terra paglia, la paglia ha la funzione di migliorare le caratteristiche tecnologiche dell'impasto con la sola terra, aumentando la resistenza a trazione del manufatto e, grazie alla formazione di piccoli vuoti all'interno del muro, la capacità di isolamento.

Il materiale si ottiene impastando la terra cruda, precedentemente setacciata con acqua, sabbia e paglia a fibre lunghe. L'impasto ottenuto viene formato in grossi "pani" di circa 7-8 kg, che previa una breve stagionatura di qualche ora viene posata in situ a strati orizzontali per formare il manufatto.

[41] Termine francese che indica la terra da rivestimento.
[42] Con il termine Bauge si intende un sistema costruttivo che prevede l'elevazione di pareti portanti in terra e paglia plastica lavorata in masse, talvolta di forma cilindrica, gettate e compattate direttamente a formare lo spessore del muro voluto, senza l'ausilio di cassaforme. Tecnica diffusa nello Yemen, Inghilterra (Devon), Germania, Belgio, Francia (Bretagna e Normandia), Italia ( arche e Abruzzo). Termini locali sono: Massone (abruzzese), Masse (francese), Wellerbau (tedesco), Cob (inglese).

L'acqua di impasto, in alcune zone, veniva addizionata con urina di cavallo, un additivo che aveva il compito di aumentare la resistenza plastica dell'argilla."[43]

La tecnica dei blocchi di terra alleggerita consente di realizzare manufatti murari di grande spessore, 40-80 cm, aventi delle buone caratteristiche tecniche di resistenza e trasmittanza. Nella muratura così realizzata è possibile inserire degli elementi lignei per la formazione dei solai intermedi e dei tetti di copertura.

LAVORAZIONE E CONFEZIONAMENTO DEI MASSONI

Fig. 50, preparazione dei massoni, Workshop "realizzare con la terra" Casalincontrada, Chieti, 2010

d. in **blocchi estrusi a macchina** *(mattoni estrusi, bloc extrudés, guenlingen)* ottenuti con un procedimento simile a quello della produzione dei laterizi, ma senza la cottura nei forni.

I blocchi estrusi sono mattoni non cotti, di dimensioni variabili, prodotti industrialmente per estrusione, tagliati ed essiccati senza cottura. L'impasto dei blocchi può essere lo stesso del blocco cotto (molto argilloso) o "migliorato" e definito espressamente per l'uso crudo, smagrendo l'impasto con inerti in modo da rendere il manufatto più stabile all'umidità.

L'utilizzo di mattoni non cotti nelle tecnologie costruttive del passato si era diffuso in particolari contesti caratterizzati dalla scarsità di energia e risorse, dove spesso non era possibile garantire la cottura di tutti i mattoni. Sono infatti frequenti le costruzioni miste, dove i mattoni cotti vengono utilizzati per le parti più esposte e maggiormente sollecitate (angoli, pilastri

[43] Cfr. R. Laporte e F. Andresen, Light clay, sta in L. Elizabeth e C. Adams, Op. cit. pag. 196-197

ecc.), mentre quelli crudi venivano impiegati nelle parti dell'edificio più protette e meno sollecitate.

"Il ritorno all'uso dei blocchi crudi rappresenta un importante contributo al risparmio energetico; ricerche eseguite in Francia sui mattoni forati stabilizzati dimostrano che essi rendono possibile un risparmio energetico di circa il 35-60% rispetto ai mattoni cotti."[44]

Fig. 51, mattoni trafilati in terra cruda

Oltre a rappresentare un significativo contributo alla salvaguardia dell'ambiente (basso consumo, possibilità di riciclo ecc.) i blocchi crudi contribuiscono al benessere abitativo: in particolare, negli interni le pareti realizzate con questi blocchi aiutano a regolare l'umidità e ad accumulare il calore, migliorando il microclima interno.

**REPERIBILITA'**

La reperibilità in Italia di questi prodotti è piuttosto agevole, in quanto è possibile richiederli a qualsiasi fornace locale. Tuttavia, l'uso dei mattoni non cotti è ancora limitato e le ditte produttrici non sempre sono disponibili alla vendita dei mattoni crudi, in piccole quantità, dovendo interrompere il ciclo produttivo. Questo comporta che i prezzi risultino ancora poco concorrenziali, e che spesso sia necessario acquistare i blocchi presso ditte specializzate, sovraccaricando il mattone crudo dei costi energetici ed economici del trasporto su lunghe distanze.

I blocchi estrusi o trafilati vengono realizzati con i normali impianti di produzione di una moderna fabbrica di mattoni, ad eccezione del forno (ed eventualmente delle camere di essiccamento artificiale).

**LAVORAZIONE E CONFEZIONAMENTO DEGLI ADOBE**

Talvolta nelle produzioni miste crudo/cotto si usa il calore residuo dei forni di cottura dei laterizi per accelerare il processo di essiccamento dei prodotti crudi. La preparazione dell'impasto è quella tradizionale delle filiere di mattoni: la terra passa attraverso le tramogge e viene frantumata, setacciata, impastata con altri inerti o stabilizzanti fino a raggiungere una pasta omogenea di tipo plastico. Viene poi passata attraverso una

[44] AAVV. Costruire con la terra, tecniche costruttive,campi di utlizzo e prestazioni, Napoli, 2001, pag. 131.

trafilatrice che definisce la sezione dei blocchi, poi tagliati e lasciati ad essiccare in luoghi appropriati. Nella produzione si considera un ritiro variabile max dello 0,1-0,4%, La messa in opera si effettua come per una normale muratura in laterizio, con le stesse attrezzature e tecniche di posa.

**POSA IN OPERA**

I blocchi vengono leggermente bagnati con un pennello e poi posati con una malta di terra e sabbia. Talvolta è anche possibile sciogliere la superficie del blocco nell'acqua (evitando di lasciarli immersi a lungo) e saldare direttamente i blocchi tra loro senza l'uso di malta d'allettamento; questa tecnica richiede però una grande attenzione nella definizione e nel controllo dei tempi di imbibizione di ogni singolo blocco. I blocchi speciali possono essere sagomati con gli usuali attrezzi da muratore o anche con seghe manuali o elettriche; eventuali scarti o rotture possono essere direttamente riciclati in cantiere per realizzare la malta di allettamento, lasciandoli immersi in acqua per qualche ora e mescolando la pasta ottenuta con sabbia (nelle proporzioni variabili di circa 1:2 o 1:3).

Essendo particolarmente sensibili all'umidità, anche in interni è preferibile posare i blocchi su un primo strato in cotto, in modo da evitare gli effetti di eventuali ristagni d'acqua alla base del muro.

Se già essiccati, i blocchi possono essere posti in opera in qualsiasi periodo dell'anno e non danno problemi di ritiro. I tempi di posa sono quelli di una normale muratura in cotto con blocchi di pari dimensioni.

**FINITURE**

I blocchi possono essere lasciati a vista, tinti o al naturale, passando con una spugna bagnata la superficie per renderla uniforme ed eguagliare la malta, dando un aspetto più lucido e plastico all'argilla dei mattoni. In questo caso però bisogna considerare l'estrema capacità assorbente del materiale ed evitare di esporre i blocchi in luoghi molto umidi.

I blocchi possono anche essere intonacati, preferibilmente con intonaci a base di terra e sabbia, in ogni caso è importante usare materiali elastici e permeabili al vapore.[45]

e. **terra legno o terra paglia** *(terra alleggerita, terre-paille, leichtlehn)* ottenuta con un riempimento di paglia o fibre di legno resi solidali da una biacca in terra cruda che funge da legante, oppure impiegate come rivestimento o riempimento di grigliati posti tra elementi verticali e orizzontali di strutture portanti costruite generalmente in legno.

Per terra alleggerita si intende una tecnica che prevede la miscela di terra con "inerti" costituiti da fibre vegetali o da materiali leggeri. Essa consente la realizzazione di manufatti leggeri caratterizzati da buone prestazioni di isolamento termico per elementi di tamponamento esterno, di partizione interna oltre che per l'isolamento di sottotetti e solai. I manufatti

[45] Cfr. AAVV. Costruire con la terra, Op.Cit. pag.131

di terra alleggerita sono messi in opera per mezzo di casseri, o possono anche essere prefabbricati e semplicemente assemblati in cantiere. In entrambi i casi tali manufatti in terra alleggerita si inseriscono all'interno di una struttura di sostegno (in genere lignea).[46]

**TERMINOLOGIA**

La terra paglia è una rielaborazione della tecnica tradizionale del *torchis* per il riempimento dei muri delle case a struttura portante in legno *(colombage* o *Fachwerkhaus).* Può anche essere ricondotta alla tecnica tradizionale del *bauge* ma in quel caso l'impasto di terra paglia assumeva anche funzioni portanti.

Rispetto alla tecnica del *torchis,* che prevede l'applicazione dell'impasto plastico di terra e paglia su una griglia di appoggio fissata alla struttura portante, la tecnica della terra alleggerita non richiede l'esecuzione della griglia di appoggio, ma è direttamente formata nei casseri, riuscendo così ad ottenere anche maggiori spessori. Utilizza inoltre un impasto molto leggero, maneggevole, di facile preparazione e messa in opera. Questa nuova tecnica è stata inventata in Germania dopo la seconda guerra mondiale ed è stata poi ripresa e diffusa dall'architetto Franz Volhard di Darmstadt attraverso la pubblicazione (Volhard, 1983) di un manuale nel quale sono fornite indicazioni sul sistema di messa in opera e illustrati esempi di realizzazioni.[47]

Nella tecnica della terra paglia, la terra ha la funzione di legare tra loro i segmenti di paglia, che possono essere di diversi tipi: grano, orzo, segale o frumento o di qualsiasi altro tipo di cereale, purché resistente a trazione e cavo (in modo che crei dei piccoli vuoti all'interno del muro per migliorare l'isolamento).

**LAVORAZIONE E CONFEZIOANMENTO DELLA TERRA PAGLIA**

"Il materiale si ottiene bagnando la paglia a fibre lunghe con terra liquida per immersione o per aspersione. L'impasto ottenuto è versato tra due casseri, dove viene leggermente compresso e messo in forma.

La paglia immersa nella terra si conserva a lungo e può sopportare diversi cicli di umidificazione ed essiccamento senza subire danneggiamenti, che si verificano invece in condizioni di umidità costante, come ad esempio locali cantinati o ad alto tasso di umidità o nei rivestimenti non traspiranti che impediscono la migrazione del vapore acqueo.

**ADDITIVI**

Con la terra paglia si ottengono manufatti caratterizzati dalla leggerezza e dalla elevata resistenza termica.

[46] Cfr. Scudo, Narici, Talamo, op.cit. pag. 61
[47] Cfr. AAVV. Costruire con la terra, tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni, Napoli, 2001, pag. 61

L'acqua di impasto, in alcune zone, veniva addizionata con urina di cavallo, un additivo che aveva il compito di aumentare la resistenza plastica dell'argilla",[48] come per la tecnica del massone.

La tecnica della terra paglia consente di realizzare diversi elementi prefabbricati, quali mattoni di piccole dimensioni che si seccano molto rapidamente, mattoni di maggiori dimensioni che invece permettono di costruire molto velocemente delle murature. Allo stesso modo è possibile realizzare sia pannelli leggeri montati su telai di legno sia elementi di solaio. Tutti i manufatti realizzabili sono caratterizzati dalla facilità e rapidità operativa.

Fig. 52, costruzione di partizioni verticali in terra paglia

Lo spessore normale dei muri esterni realizzati in opera è di circa 30 cm mentre le partizioni interne sono più sottili e possono misurare tra 12 e i 20 cm. La muratura contiene elementi di legno come struttura portante per fissare i casseri.

È possibile alleggerire la terra con altri tipi di inerti. La terra e legno per esempio è una variazione della terra paglia: la terra liquida bagna e ricopre l'inerte con funzione collante e protettiva; l'impasto non ha funzione portante e prende la forma dei casseri (rimovibili o a perdere) nei quali viene riversata e leggermente compressa. Altri inerti che possono essere impiegati sono la pomice e l'argilla espansa, entrambi di origine minerale. L'utilizzo di inerti di piccole dimensioni facilita il sistema dì impasto.

[48] Cfr. R. Laporte e F. Andresen, Light clay, sta in L. Elizabeth e C. Adams, Op. cit. pag. 196-197

f. **blocchi compressi** *(blocchi compressi, BTC, rammed blocs)* prodotti con sistemi industriali, che prevedono la formatura in piccoli casseri, dove la terra viene fortemente pressata da un sistema idraulico.

**CONFEZIONAMENTO DEI BLOCCHI COMPRESSI**

I blocchi compressi derivano da un sistema di produzione industriale che prevede l'introduzione di terra leggermente umida in presse aventi forme di dimensioni ridotte. Grazie ad un sistema di leve o pistoni idraulici si applica una forza notevole sulla terra che viene compressa e il cui volume diminuisce di circa la metà. Si ottiene così un blocco, simile per l'aspetto ai mattoni cotti pieni e che offre gli stessi vantaggi di versatilità nella messa in opera.

**MODALITA' E TEMPI DI PRODUZIONE**

L'apparizione del mattone compresso sul mercato è recente; le tracce della sua utilizzazione nella storia sono sporadiche. Negli ultimi 40 anni sono state eseguite diverse ricerche sui sistemi di compressione, mettendo a punto diversi modelli di presse, i tempi dì produzione dei blocchi dipendono dal tipo di pressa utilizzata. Quelle manuali semplici possono produrre dai 600 ai 1.500 blocchi al giorno, le presse motorizzate semplici attorno ai 2.000, le piccole unità tra i 2.500 e i 6.000. Con la presenza di 4-5 persone e impianti di maggiori dimensioni è possibile produrne fino a 12.000, arrivando a 14.000 blocchi al giorno con 7 persone impegnate e un tecnico specializzato. Alcune fabbriche producono blocchi dalle caratteristiche equivalenti ai prodotti in terra cotta.

***I blocchi stabilizzati con cemento possono comportare un risparmio dal 35 al 60% di energia rispetto ai mattoni cotti***;

L'affidabilità di questi sistemi e il reale vantaggio economico continuano ad essere oggetto di diverse ricerche.

**POSA IN OPERA DEI BLOCCHI**

La metodologia e i tempi di messa in opera sono quelli di una normale muratura, considerando che spesso è possibile produrre direttamente delle sottomisure del mattone e dunque non è necessario operare manualmente per ottenere pezzi speciali. I blocchi compressi stabilizzati hanno una superficie molto resistente alle intemperie: risulta conveniente quindi lasciarli a vista anche negli esterni; al contrario negli interni, per la loro superficie molto liscia, essi possono dare problemi per l'aderenza delle malte e degli intonaci e fenomeni di polverizzazione.

La composizione del materiale impiegato risulta sempre molto variabile e solo nelle moderne produzioni di materie prime di base per la realizzazione dei sistemi in terra cruda è possibile ottenere granulometrie costanti e quindi proprietà omogenee in opera. Nella tradizione sono stati sovente utilizzati laterizi di fornace o elementi in pietra grezza oppure da taglio disposti in accostamento insieme con i sistemi in terra cruda: ciò per inserire nella costruzione componenti più resistenti ai carichi verticali nei punti di appoggio di solai e coperture, per creare un migliore

ammorsamento negli spigoli dell'edificio e sui lati delle aperture o perché fossero meno sensibili all'azione dell'umidità proveniente dal sottosuolo rispetto agli elementi crudi.

Una caratteristica specifica, di questa tipologia di murature, è il potere traspirante e di regolazione dell'umidità interna che, nell'arco dell'anno, rimane costante su valori del 50% circa. Questa funzione si manifesta con la riduzione dell'umidità ambientale, quando supera determinati valori e con la restituzione all'ambiente di umidità quando l'aria è eccessivamente secca, creando così un ambiente interno salubre e privo di polvere.

Fig. 53, produzione di blocchi compressi con la pressa Altech brevettata dal prof. Roberto Mattone

COMPOSIZIONE DEL MATERIALE

Dal punto di vista termico, la terra cruda di per se non ha un potere coibente elevato, se non nei sistemi che impiegano forti quantità di incannucciati vegetali o di paglia negli impasti, ma si comporta come un accumulatore di calore grazie alla forte inerzia termica del materiale, che mantiene anche in questo caso una temperatura interna costante senza notevoli oscillazioni, sia durante il periodo invernale che nella stagione estiva. Quando fa molto caldo, l'umidità presente nella massa muraria tende ad evaporare lentamente con un raffrescamento dell'aria interna per sottrazione di calore.

Al contatto con il legno, l'assorbimento di umidità da parte della terra riduce i problemi di degrado legati alla formazione di funghi e di carie a cubetti o all'attacco di insetti xilofagi, mentre da altri punti di vista la terra

cruda possiede un basso accumulo di cariche elettrostatiche e assorbe sia gli odori che molte delle sostanze nocive presenti nell'atmosfera.

**COMPORTAMENTO STATICO**

Per quanto riguarda il comportamento statico, la resistenza degli elementi in terra cruda dipende molto dalla tecnica costruttiva, dalla quantità d'acqua impiegata negli impasti di base, dal grado e dall'omogeneità della compattazione in opera o in fase di formatura manuale dei blocchi. I migliori risultati si ottengono con prodotti industriali, quali le terre a granulometria controllata o i mattoni trafilati, oppure con terre stabilizzate mediante cemento, calce idrata o calce idraulica naturale, ma in ogni caso si può osservare che eventuali deformazioni dovute ad assorbimenti eccessivi d'umidità, capaci di modificare il reticolo cristallino dell'argilla, tendono a ridursi fortemente dopo uno o due anni d'assestamento del fabbricato. In ogni caso, per i sistemi prodotti al di fuori di processi controllati, sembra che le prestazioni meccaniche siano abbastanza ridotte e tali da annoverare i materiali in terra cruda non stabilizzati tra i più scadenti nella scala dei materiali da costruzione, pur con un buon comportamento anisotropo e con una certa duttilità delle murature che permette paragoni con altri materiali, soprattutto lapidei e tufacei legati mediante una malta di calce aerea, utilizzati nella tradizione costruttiva italiana.

## 4.10 PROPRIETA' TECNOLOGICHE E PROVE IL RICONOSCIMENTO DELLE TERRE E DEGLI ELEMENTI TECNICI IN TERRA CRUDA

Per poter riconoscere e classificare le terre adatte per la costruzione in crudo, oltre a utilizzare le conoscenze tramandate dalla tradizione orale di ciascun luogo in merito ai siti dove reperirle e alla loro qualità, esistono nella cultura tecnologica attuale prove facilmente realizzabili, senza il ricorso a complessi sistemi valutativi, che prevedono l'impiego di attrezzature poco sofisticate in laboratorio.

Nel suggerire un approccio al costruire in terra, infatti, è importante consigliare una strumentazione conoscitiva di base per un'indagine sui terreni utili alla produzione di manufatti in terra cruda.

Sono possibili una serie di prove semplificate utili per un primo livello di valutazione della qualità del terreno per alcune specifiche caratteristiche.

PROVE SEMPLIFICATE PER IL RICONOSCIMENTO DELLE TERRE

Esse servono a rilevare la presenza di materiale organico, sapere se il terreno è più o meno sabbioso, limoso o argilloso e conoscere, con una buona approssimazione, il Tenore Ottimale d'Acqua (TOA). Tali esami vengono quindi compiuti in condizioni limite dal punto di vista dell'attrezzatura, nella verosimile condizione di lontananza di strutture attrezzate, localizzate prevalentemente presso le città.

Queste prove utili, ad esempio, per analizzare una terra estratta dal cantiere sono in parte di tipo sensoriale e dunque un parametro importante diviene l'esperienza dell'analizzatore.

Le tipologie di prove sono:

- *Esami di tipo sensoriale*: prevedono test di valutazione attraverso l'odore, il morso, il tatto, la vista, il colore e il lavaggio delle mani.

- *Esami preliminari di qualità*. Essi prevedono: l'analisi del ritiro, l'esame di penetrazione, l'esame del taglio, l'esame del tenore ottimale d'acqua (TOA), l'esame di sedimentazione semplificata e il test di Emerson.

- *Esami eseguiti sulla frazione fina del terreno* (vaglio <0.4). Essi prevedono: l'esame dello schiacciamento, l'esame di resistenza a secco, l'esame del cordone, l'esame del nastro (coesione).

***Gli esami di tipo sensoriale sono così articolati:***

ESAME DELL'ODORE

- *Esame dell'odore*. Il terreno da utilizzare può avere un odore "di muffa o di marcio", tale sensazione viene amplificata se inumidiamo o riscaldiamo il campione. Questo è il classico comportamento dei terreni organici.

ESAME DEL MORSO

- *Esame del morso*. Si tratta di un metodo rapido per determinare la presenza della sabbia, del limo o dell'argilla nel nostro terreno. Per realizzarlo basta prendere un pizzico di terra fra i denti e schiacciarlo; in base alla reazione sarà possibile individuare il tipo di terra. Sarà infatti terra sabbiosa se le particelle di terreno scricchiolano sgradevolmente; terra limosa nel caso in cui i granuli, molto più fini, pur scricchiolando fra i denti non diano una sensazione sgradevole. Saremo invece in presenza di terra argillosa nel caso in cui le particelle di argilla non scricchiolino per niente ed anzi appaiano lisce e farinose, fra i denti. Una pastiglia di terreno argilloso secco risulta inoltre fortemente collante se testata con la lingua.

ESAME DEL TATTO

- *Esame del tatto*. Questo test permette di esaminare direttamente sul posto con sufficiente esattezza i comportamenti di base di un terreno. Si prende un campione e dopo aver eliminato le parti più grosse (>5 mm), lo si strofina sul palmo della mano. Se ci si trova in presenza di sabbia si ha un'impressione di rugosità, se si è invece in presenza di limo la rugosità è minore e la plasticità è media. Quando si è in presenza di argilla, questa, secca, si presenta in grani assai voluminosi e offre una forte resistenza allo schiacciamento. L'argilla umida è assai plastica e cola attraverso le dita.

ESAME A VISTA

- *Esame a vista*. Questa prova permette di farsi un'idea delle proporzioni e delle dimensioni dei granuli presenti nella terra.

ESAME DEL COLORE

- *Esame del colore*. Per apprezzare i componenti di una terra è preferibile analizzarne un campione secco. Ad esempio se il colore di un campione di terra secca, va dal castano al bruno o dal verde oliva al nero ci troviamo, molto probabilmente, in presenza di un suolo organico. Se la colorazione del campione varia tra blu notte, e nero caffé, siamo in presenza di materiale organico attivo. Se il campione si presenta grigio o grigio chiaro esso denuncia la provenienza del materiale stesso da depositi limosi fluviali e/o un'alta percentuale di carbonato di calcio che determina una debole coesione del materiale e la bassa resistenza all'erosione.

ESAME DEL LAVAGGIO DELLE MANI

- *Esame del lavaggio delle mani*. Questo test si fonda sulla reazione al lavaggio delle mani nelle quali sia stato trattenuto un determinato campione di terra. Ci troveremo in presenza di terra argillosa, se si ha un'impressione untuosa o saponosa e si ha difficoltà nel lavare le mani. Sarà invece terra limosa, se il terreno pare polveroso e non difficile da lavare dalle mani e terra sabbiosa se vi è estrema facilità a lavarlo.

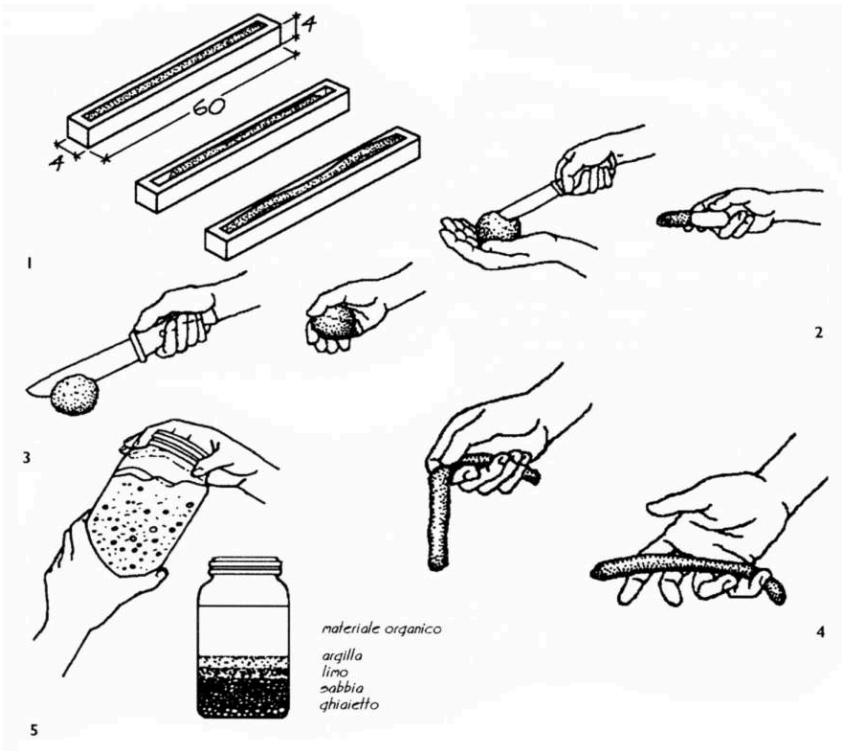



Fig. 54, Esami sulla terra cruda: 1.test di ritiro lineare; 2. esame di penetrazione; 3. esame del taglio; 4. esame del nastro; 5. test di sedimentazione.

***Gli esami preliminari di caratterizzazione,*** permettono di affinare ulteriormente la conoscenza di un determinato terreno e sono:

ESAME DEL RITIRO

- *Esame del ritiro*. Il test di ritiro lineare o test d'Alcock, è realizzato con l'aiuto di una scatola di legno di 60 centimetri di lunghezza, 4 di

larghezza e di spessore. Le superfici interne della scatola sono unte prima di introdurre il campione di terra umida dal tenore ottimale. La superficie del contenitore è spianata ed il campione esposto per 3 giorni al sole (oppure per 7 all'ombra). Dopo questo intervallo di tempo è sufficiente spingere la massa indurita verso una delle estremità e misurare il ritiro del campione.

ESAME DI PENETRAZIONE

- *Esame di penetrazione*. Si esegue prendendo una porzione di terra umida ma che non coli fra le dita e si procede infilandovi una spatola. Saremo in presenza di terra molto argillosa se si deve forzare per infilare la spatola e se nell'estrarla la terra vi aderisce; di terra mediamente argillosa se si introduce la spatola senza grande difficoltà e nell'estrarla la terra vi aderisce ed infine di terra poco argillosa se introducendo ed estraendo la spatola, il movimento è eseguito senza sforzo e la spatola ne esce sporca. Si potrà riconoscere una terra limosa, se la superficie tagliata è appannata o una terra argillosa plastica se la superficie tagliata apparirà brillante.

PROVA DI SEDIMENTAZIONE SEMPLIFICATA

- *Prova di sedimentazione semplificata*. Il test è in grado di fornire un primo apprezzamento sulla composizione di un campione di terreno. Si esegue inserendo un campione di terreno in un contenitore in vetro di sezione cilindrica, riempito per 3/4 di acqua e per 1/4 di terra. Lasciare che l'impasto si inumidisca e lasciare decantare. Dopo circa 1 ora, si potrà notare che lo strato di ghiaia e sabbia si è depositato nel fondo e che sopra questi strati se ne sono sovrapposti altri di limo e argilla. Normalmente bastano circa 8 ore per poter iniziare le misure dei differenti spessori dei vari strati precipitati. Oltre alla profondità dell'intero sedimento (100%) vanno misurati separatamente i vari strati che permettono un apprezzamento percentuale dei vari componenti di una terra indagata.[49]

## 4.11 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA TERRA CRUDA E DEI SUOI PRINCIPALI MANUFATTI

Nell'ambito della ricerca sono stati valutati tutta una serie di dati relativi alle caratteristiche tecniche legate alle prestazioni dei manufatti in terra cruda. I dati ricavati sono stati reperiti nei testi, nei siti internet e nei manuali consultati per il lavoro di ricerca che sono indicati nella bibliografia e nelle note a piè pagina.

Le caratteristiche tecniche prese in esame sono le seguenti:

[49] Bertagnin M. *Architetture di terra in Italia*, tipologie, tecnologie e culture costruttive, Monfalcone, 1999, pag 57

1. Il peso specifico "P". Ovvero il peso per unità di volume del materiale considerato.

2. Il calore specifico"C", o capacità termica. Si intende la quantità di calore necessaria ad alzare di un grado la temperatura di una massa di un kg di uno specifico materiale.

3. La capacità di accumulo "c". La quantità di energia immagazzinata da elementi irraggiati dal sole che viene restituita all'ambiente.

4. La conduttività termica "λ". Esprime la capacità di un materiale di lasciar passare il calore. Minore è il valore di conduttività maggiore sarà la capacità termica isolante del materiale.

5. Coefficiente di sfasamento "φ" . E' il tempo impiegato (in ore) con cui la sollecitazione termica giunta a contatto con un elemento passa dall'estradosso all'intradosso dell'elemento stesso.

6. Coefficiente di abbattimento acustico. E' la capacità posseduta da un materiale di smorzare le onde sonore.

7. Permeabilità al vapore "μ". Indica quante volte un materiale edile è più isolante rispetto ad uno strato di aria ferma:

- $\mu < 10$, indica buona diffusione del vapore
- $\mu > 1000$, indica la barriera al vapore
- $\mu < 400$, indica un materiale che frena il vapore

8. Diffusività del vapore "d". Dipende dalla capacità di diffusione del vapore tra zone dello stesso materiale avente differente pressione. *(sono chiamati spostamenti a basso cinematismo e dalla loro formazione dipende la presenza di condensa o meno)*

9. Resistenza al fuoco. E' la proprietà che indica la resistenza al fuoco dei vari materiali prima della loro combustione, ovvero della perdita delle loro caratteristiche tecniche.

- Classi UNI EN 13501-1:
  - Ignifugo A1, A2;
  - Difficilmente infiammabile B, C
  - Infiammabili normalmente D, E
  - Facilmente infiammabili F
- Classi REI, dove vengono indicati i minuti di resistenza del materiale.

10. Resistenza a compressione. E' la capacità di resistenza allo schiacciamento da parte di un provino del materiale.

11. Resistenza a trazione. E' la proprietà di un materiale di resistere a trazione senza che vengano inficiate le proprie caratteristiche tecniche.

12. Resistenza a flessione. Indica la capacità di un materiale di subire deformazioni elastiche in rapporto della freccia.

Metodologia di redazione delle schede di analisi. Sono state redatte due serie di schede di analisi del materiale terra e manufatti con essa realizzati.

| 1. CARATTERISTICHE TECNICHE | 2. PRESTAZIONI | 3. CARATTERITICHE PROGETTUALI |
|---|---|---|
| Peso specifico | Inerzia termica | Sistema costruttivo |
| Calore specifico | Accumulo di calore | Limitazioni |
| Capacità di accumulo | Isolamento acustico | Dimensionamento |
| Conduttività termica | Isolamento termico | Modularità |
| Coeff. di sfasamento | Manutenibilità | Morfologia |
| Coeff. di abbattim. Acustico | Durabilità | Orientamento |
| Permeabilità al vapore | Regolazione igrometrica | Aperture |
| Diffusività del vapore | Salubrità | Protezioni |
| Resistenza al fuoco | Benessere | Tessitura superficiale |
| Resistenza a compressione | Riutilizzabilità | Colore |
| Resistenza a trazione | Impatto ambientale | |
| Resistenza a flessione | Resistenza al gelo | |
| Modulo di elasticità | Resistenza agli attacchi biologici | |
| | flessibilità | |

Tabella 3. Caratteristiche tecniche, prestazionale progettuali analizzate

Nella prima serie sono stati raccolti tutti i dati riscontrati in letteratura riguardanti le caratteristiche tecniche, le caratteristiche prestazionali e infine le caratteristiche progettuali del materiale e dei manufatti architettonici realizzati con l'ausilio degli elementi di base in terra.

| N | ELEMENTO COSTRUTTIVO | | | |
|---|---|---|---|---|
| Diffusione nel mondo | | | | |
| Diffusione in Italia | | | | |
| Campi di utilizzo | Modalità di utilizzo | Unità tecnologiche | Elementi tecnici | Funzione |
| | Interventi sull'esistente, sul singolo elemento costruttivo | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale Solai su terra Pareti perimetrali verticali Copertura Pareti interne verticali Solai Copertura | Portante; Accumulo; Regolazione del microclima interno; Isolamento acustico; Controventamento; Divisione degli spazi interni |
| | | Chiusura | | |
| | | Partizione interna | | |
| | Interventi sull'esistente, su porzioni di corpo di fabbrica | Struttura portante | | |
| | | Chiusura | | |
| | | Partizione interna | | |
| | Nuove realizzazioni | Struttura portante | | |
| | | Chiusura | | |
| | | Partizione interna | | |
| Modalità di messa in opera | Produzione e confezionamento | | | |
| | Periodo di produzione | | | |
| Caratteristiche | | | | |

Tabella 4. Scheda tecnico-descrittiva tipo

Nella seconda serie, le schede tecnico-descrittive, si è cercato di raggruppare una serie di informazioni riguardo i principali elementi edilizi di base realizzati con la terra cruda quali la diffusione nel mondo, i campi di utilizzo, le modalità di messa in opera e le caratteristiche generali del manufatto.

Si riportano in appendice 2, nella tabella n.1 i valori di alcune delle caratteristiche tecniche definite per i manufatti di terra cruda più impiegati nelle realizzazioni in campo edilizio, nella tabella n.2 alcune caratteristiche prestazionali analizzate da un punto di vista qualitativo e infine nella tabella n. 3 alcuni aspetti progettuali in funzione delle diverse tecniche costruttive. Nelle tabelle 4,5,6,7,8 e 9 sono raccolte le caratteristiche tecnico-descrittive dei principali manufatti di base realizzati con la terra cruda.

Le fonti dei dati riportati nelle tabelle sono state reperite nei testi di Mauro Bertagnin, *Architetture di terra in Italia*, 1999, Gianni Scudo, Barbara Narici e Cinzia Talamo, *Costruire con la terra, tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni*, 2004, Roberto Mattone, La terra cruda tra tradizione e innovazione, 2003, Maddalena Achenza e Ulrico Sanna, *Il Manuale tematico della terra cruda*, 2009, Silvia Briccoli Bati, *i limiti della terra come materiale da costruzione*, 2010, Silvia Briccoli Bati e Luisa Rovero, *comportamento meccanico di elementi strutturali in mattoni di terra cruda*, 2002, Gernot Minke, *Building with earth*, 2009, David Easton, The rammed earth house, 2007.

Il campo di utilizzo dei manufatti in terra è, come si evince dai dati riportati nelle tabelle, abbastanza limitato e ristretto, ma la possibilità di ampliare questo spazio è concreta. L'impiego di queste tecniche costruttive oggi deve essere incentivato per l'elevata sostenibilità del processo costruttivo integrale, dal reperimento delle materie prime alla costruzione ed infine allo smaltimento. Certo questa tecnologia non può soppiantare in toto le metodologie costruttive "tradizionali", per la sua limitata capacità applicativa, ma può diventare un importante presenza nel panorama delle tecniche costruttive di piccole e medie dimensioni contribuendo alla diffusione di una coscienza ecologica attenta alla razionalizzazione degli sprechi, che nel campo dell'edilizia sono innumerevoli.

"*L'ecologia secondo me è una disgrazia, non avrebbe mai dovuto succedere che si parlasse di ecologia, e ti dico questo anche se sono contento che a un certo punto qualcuno ne abbia parlato, che abbia sollevato il problema. Ma è la constatazione di una disgrazia perché se fossimo stati sempre in questo rapporto dialettico, anche di conflitto, in opposizione con la natura, non ci sarebbe mai stato bisogno di ecologia,*

*perché l'ecologia sarebbe stata inglobata nell'architettura. Che cos'è l'architettura se non è ecologia. Non mi riesce neanche di pensarla*".[50]

## 4.12 NORMATIVE NAZIONALI, UNA RASSEGNA SINTETICA DEI PRINCIPALI CODICI DI RIFERIMENTO PER LE COSTRUZIONI IN TERRA

Da anni gli studiosi italiani, nel campo della terra cruda, si battono per sensibilizzare le istituzioni al fine di procedere ad una regolamentazione e codificazione della tecnica costruttiva che impiega questo materiale. "Uno dei problemi maggiori della costruzione in terra, in Italia, è la mancanza di criteri standardizzati, che permettano di valutare le performance del materiale finito e di controllarne la progettazione e messa in opera."[51] Ad oggi comunque nulla è previsto dalla normativa tecnica italiana, e quindi l'impiego della terra cruda nelle costruzioni è relegato ad un ruolo secondario, come elemento edilizio in componenti divisori oppure nelle finiture superficiali a protezione dei manufatti edilizi.

La diffusione sul pianeta, di questa tecnica costruttiva, e la sua attuale rivalutazione come materiale d'eccellenza nel campo della architettura sostenibile, rende necessaria una codificazione e normalizzazione delle pratiche costruttive, per consentire una maggiore accettazione e diffusione, sia nelle figure professionali che operano nel settore delle costruzioni, sia nella utenza che vive con timore una scelta orientata verso questo materiale perché poco conosciuto.

Molti paesi hanno proceduto alla emanazione di norme cogenti, di linee guida e norme volontarie per una codificazione dei procedimenti costruttivi, delle prove necessarie per la determinazione delle prestazioni del materiale e dei suoi manufatti, dei parametri e delle prove che individuano la resistenza, la durabilità e al qualità della terra per le costruzioni, perseguendo degli obiettivi di standard progettuali, di produzione edilizia e messa in opera riconosciuti. Sono molti i paesi che si sono dotati di una regolamentazione in materia, tra quelli che hanno una normativa più avanzata possiamo citare l'Australia, la Nuova Zelanda, gli

[50] Giancarlo De Carlo in una discussione con Mauro Bertagnin nel 1998. sta in M. Bertagnin, Op.Cit. pag. 9.
[51] G. Bollini, Dalla tutela alla nuova costruzione: la realtà normativa nazionale. Relazione introduttiva, sta in G. Bollini, a cura di, "Costruire con la terra oggi", Monfalcone, 2006, pag.119.

USA (New Mexico), la Germania, la Spagna, la Francia, il Perù, lo Zimbabwe.

**BULLETIN 5**

**L'Australia**. L'Australia è stata una delle prime nazioni a sviluppare un documento di riferimento per la progettazione e la costruzione di edifici con l'impiego di adobe, blocchi compressi e terra battuta. Il Bulletin 5 (Middletton, 1952) fu pubblicato per prima volta nel 1952 dalla Commonwealth Experimental Building Station. Questa prima pubblicazione fu integrata successivamente da numerose riedizioni, ampliate, nel 1976, 1981 e più recentemente dalla quarta edizione nel 1987. Il "Bulletin 5" codifica e detta le capacità tecniche minime delle costruzioni da realizzarsi in terra battuta, adobe e blocchi compressi. Tra le prove di durabilità del materiale terra, il Bulletin 5, introduce lo spray test per il controllo dell'erosione. Altre indicazioni del regolamento prevedono le caratteristiche di progettazione per i muri in terra e tutta una serie di riferimenti normativi con il Building Code of Australia (normativa tecnica Australiana).[52]

Per far fronte alle moderne esigenze delle costruzioni in terra è stato necessario aggiornare il Bulletin 5, ormai superato, ed è stato condotto un lavoro congiunto tra l'Associazione dei Costruttori con la Terra Australiani e Neo Zelandesi per redigere un documento comune che stabilisse i nuovi standard per le costruzioni in terra cruda. Questi lavori iniziarono nel 1994, con il comitato BD-083, ma in seguito a causa di numerosi contrasti non si è raggiunto un accordo comune e il gruppo di lavoro si sciolse nel 1996. Gli studiosi Neo Zelandesi pubblicarono le prime linee guida nel 1998. In Australia si procedette per singoli studi in parallelo, per arrivare fino al 2002, quando Standard Australia pubblica il Manuale Australiano per la Terra Cruda, che rappresenta un primo passo verso una normativa tecnica essendo questo un documento di sola consultazione. Il manuale definisce i principi fondamentali e le linee guida di progettazione per edifici di piccole dimensioni, a uno o due elevazioni, costruiti con muri e pavimenti in terra stabilizzata e non.

Il Manuale è composto da sei capitoli principali. Il primo capitolo riporta una breve storia delle costruzioni in terra con una serie di riferimenti e indicazioni circa i materiali e le tecnologie costruttive impiegate nelle principali tipologie costruttive. Il secondo capitolo descrive in dettaglio i materiali e le tecniche costruttive mentre il terzo approfondisce i dettagli e la manutenzione dei manufatti in terra. Il capitolo seguente, il quarto, descrive le prestazioni richieste ai manufatti in terra con particolare attenzione alle caratteristiche di durabilità e di integrità strutturale descrivendo le linee guida per la progettazione di elementi strutturali in terra con o senza armatura. Il capitolo quinto descrive gli interventi inerenti l'attacco al suolo degli edifici in terra e quindi delle fondazioni, il sesto

[52] Cfr. Maniatidis Walker, A Review of Rammed Earth Construction, Bath, 2003, pag.2

affronta aspetti innovativi come il controllo della qualità, la formazione delle maestranze e dei tecnici e la meccanizzazione del processo edilizio. Nelle appendici sono contenute prevalentemente informazioni riguardanti i test dei materiali e dei principali manufatti.[53]

Nel 2001 la Earth Building Association of Australia ha pubblicato una bozza di documento con una serie di indicazioni alternative, proposte dall'organizzazione, per le costruzioni in adobe e terra battuta (Earth Building Association of Australia, 2001). Le linee guida contengono informazioni su l'uso appropriato dei materiali e sui metodi di valutazione, indicazioni progettuali per i manufatti in terra battuta, incluso le fondazioni, la posa in opera, le aperture, i limiti di snellezza delle pareti, gli architravi, i giunti e tutta una serie di raccomandazioni per le connessioni.

**La Germania**. La Germania, precisamente quella dell'ovest, è stata una delle prime nazioni a dotarsi di una serie di linee guide per le costruzioni in terra cruda. Documentazioni concernenti le costruzioni in terra furono pubblicate tra il 1947 e il 1956 come documentato nel testo di Houben e Guillaud.[54]

LEHMBAU REGELN

Le Lehmbau Regeln furono pubblicate nel 1999. Anche se non possono essere paragonate alle normative nazionali di standardizzazione, le DIN, le Lehmbau Regeln rappresentano un documento di riferimento nazionale. Il primo capitolo tratta i requisiti generali delle costruzioni in terra, mentre il secondo capitolo analizza le caratteristiche del terreno e le sue capacità di impiego nelle costruzioni. Il terzo capitolo si concentra nella descrizione delle tecnologie costruttive e dei materiali. Il quarto capitolo descrive il processo edilizio per ciascuna tecnologia. In questo capitolo sono rappresentati inoltre una serie di particolari costruttivi delle varie tecnologie edilizie. Nel capitolo quinto vengono descritte le proprietà delle terre come le densità, l'accumulo termico, permeabilità e assorbimento sonoro. Il sesto capitolo tratta tematiche tecnico-amministrative e il settimo, l'ultimo, presenta un glossario di termini utilizzati sia nel documento sia, più in generale, nelle costruzioni in terra.

NZ CODE

**La Nuova Zelanda**. Il codice normative, cogente, della Nuova Zelanda (NZ Code), forse uno dei più dettagliati, è suddiviso in tre documenti correlati, gli "Earth Building Standards", precisamente: NZS 4297:1998, New Zealand Standard, *Engineering Design of Earth Buildings*, Standard New Zealand, Wellington, New Zealand; NZS 4298:1998, New Zealand Standard, *Materials and Workmanship for Earth Buildings*, Standard New Zealand, Wellington, New Zealand; NZS 4299:1998, New Zealand Standard, *Earth Buildings Not Requiring Specific Design*, Standard New Zealand, Wellington, New Zealand; Questi documenti sono stati

[53] Cfr. Maniatidis Walker, Op.Cit. pag.2
[54] Cfr. Houben H. and Guillaud H. Earth Construction, a comprensive guide, London, 1994

redatti da un comitato tecnico con il fondamentale contributo dei membri dell'Earth Building Association Neo Zelandese. I New Zealand Standards sono riconosciuti legalmente e costituiscono un punto di riferimento fondamentale per gli operatori del settore nelle costruzioni in terra. "Interessante è la struttura organizzativa di questa normativa, molto tecnica ed in qualche modo simile a quella italiana, basti pensare che per quanto riguarda il dimensionamento e la verifica delle murature si rifà al modello degli stati limite"[55]

**NZS 4297:1998**

Le NZS 4297:1998, definiscono i metodi di progettazione strutturale per i muri di terra fino ad un altezza massima di 6,50 m (a prescindere dallo spessore). Per manufatti più alti sono richieste consulenze specifiche caso per caso. La normativa stabilisce inoltre criteri di prestazione per la durabilità, la resistenza, il ritiro, l'isolamento termico e la resistenza al fuoco dei manufatti in terra. Sono indicate linee guida per la progettazione strutturale agli stati limite e agli stati di servizio a flessione, con o senza carichi assiali, e a taglio. Infine vengono forniti una serie di dettagli riguardanti gli ancoraggi e le fondazioni.[56]

**NZS 4299:1998**

Le NZS 4299:1998 sono indicazioni riguardanti manufatti aventi limitazioni dimensionali, con altezza massima di 3,3 m, o limitazioni derivanti dalla zona sismica del sito. Gli edifici progettati secondo queste limitazioni, e quindi queste norme, dovrebbero avere dimensioni non eccedenti i 600 mq se ad una sola elevazione e 300 mq se a due elevazioni. Il carico massimi ammissibile sugli elementi orizzontali non deve superare i 1,5 kN/mq, con ulteriori restrizioni per casi particolari che possono presentarsi caso per caso. Queste normative dettano requisiti specifici, in relazione alle limitazioni di cui sopra, per la scelta dei materiali, la sperimentazione, gli eventuali rinforzi, irrigidimenti, giunti, setti murari, fondazioni. [57]

**NZS 4298:1998**

Le NZS 4298:1998 si applicano in entrambi i casi di progetto, cioè per gli edifici e i manufatti che rientrano nelle NZS 4297:1998 e le NZS 4299:1998 e codificano i requisiti per i materiali e i manufatti di elementi in terra ricavata direttamente dal suolo o con miscele che prevedono una percentuale inferiore al 15% del peso totale in cemento. Queste normative dettano requisiti per la scelta dei materiali e il test di controllo dei manufatti, per la sperimentazione di particolari soluzioni costruttive, per la realizzazione dei giunti e dei rinforzi, per la finitura delle superfici e il controllo della qualità. Inoltre vengono presentati ulteriori specifiche per singole tecnologie costruttive (terra battuta, mattoni adobe, e la tecnica

[55] G. Bollini, "costruire in terra cruda oggi: aspetti normativi e prime esperienze di standardizzazione", sta in M.L. Germanà e R. Panvini, "La terra cruda nelle costruzioni", Palermo, 2008, pg. 183.
[56] Cfr. Maniatidis Walker, Op.Cit. pag.3
[57] Ibidem, pag.3

della terra colata). Quest'ultima normativa riporta una tabella riassuntiva in cui sono chiaramente indicati i valori di riferimento minimi richiesti in termini di accettazione del materiale confezionato. Essa indica inoltre il protocollo di prova a cui conformarsi nella verifica della prestazione (descritti da una serie di appendici allo standard stesso), in che fase del processo di costruzione (e produzione) effettuarlo e ogni quanto.[58]

GUIDA DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

**Spagna**. Nel 1992 il Ministero dei Trasporti e dei Lavori Pubblici Spagnolo pubblica un documento guida per la progettazione e la costruzione degli edifici in terra. Il documento è composto di cinque sezioni principali e l'attenzione maggiore è rivolta alla tecnica della terra battuta anche se sono presenti riferimenti e considerazioni per la tecnica dell'adobe. La prima sezione del documento è dedicata ad un resoconto storico sulle tecniche della terra battuta e dell'adobe. La seconda sezione descrive i principi progettuali per i muri in terra, con sollecitazioni di compressione, trazione e analisi sulle deformazioni. La terza sezione esamina i metodi di costruzione con la tecnica della terra battuta. Viene descritta, in questa sezione la cassaforma da utilizzare e il procedimento costruttivo in tutte le sue fasi procedurali. In conclusione vengono dati le indicazioni per la realizzazione delle fondazioni e degli angoli delle pareti. L'ultima sezione fornisce indicazioni sulle misure di controllo di qualità, al fine di garantire la conformità dei manufatti in terra costruiti con le specifiche di progetto. La guida comprende informazioni sui test da effettuare sui materiali, sugli additivi da utilizzare e sui rinforzi per le strutture in terra.[59]

NEW MEXICO EARTHEN BUILDINGS MATERIALS CODE

**USA (New Mexico)**. Lo stato del New Mexico negli USA si è dotato nel 2006 di un nuovo codice normativo per costruzioni in terra, il "New Mexico Earthen buildings materials code", entrato in vigore nel gennaio 2008. Le prime versioni delle risalgono agli anni 90 del secolo scorso, (New Mexico Building Code, 1991). La normativa, composta in sezioni, regolamenta le costruzioni in terra con le tecniche dell'adobe, della terra battuta e dei blocchi compressi, dove per ciascuna di esse vengono definiti indici prestazionali, modalità di messa in opera, test di accettabilità dei materiali e dei manufatti, controllo del prodotto, limiti e prescrizioni costruttive ecc.[60]

STANDARD CODE OF PRACTISE FOR RAMMED HEARTH STRUCTURES

**Zimbabwe**. In Zinbabwe è in vigore lo Standard Code of Practise for Rammed Hearth Structures, che sono delle normative tecniche cogenti, già dal 2001 (SAZS 724:2001). Il testo della normativa si basa su uno studio precedente fatto da Julian Keable nel 1996 dal titolo Codice Pratico per le Costruzioni in Terra Battuta. Preparato da un comitato tecnico il codice include anche norme derivanti da altre nazioni, tra cui il test all'erosione

[58] Cfr. G. Bollini, Op.Cit. pag. 183.
[59] Cfr. Maniatidis Walker, Op.Cit. pag.4
[60] Ibidem, pag. 183

delle normative Neo Zelandesi. Il codice consta di sei sezioni più un appendice. La prima sezione descrive le caratteristiche dei materiali, la seconda descrive i requisiti necessari per le casseforme da adoperare e la terza sezione analizza la corretta metodologia di progettazione per le fondazioni. La quarta sezione analizza la progettazione degli elementi strutturali e il loro comportamento alle azioni degli agenti atmosferici. La quinta sezione si concentra sulle analisi necessarie rivolte a garantire la stabilità strutturale dei componenti costruttivi, mentre la sezione finale dà indicazioni sui dettagli e le finiture. Infine, le appendici contengono informazioni dettagliate sui test di prova dei materiali.[61]

NORMA TECNICA DE EDIFICATION NTE E.80

**Perù**. Il Perù , nel Marzo 2000, definisce e pubblica il "Regolamento Nacional de Construcciones – Norma Técnica de Edification NTE E.80 – Adobe", riguardante le costruzioni in muratura di mattoni in terra cruda. La normativa prevede che le costruzioni realizzate debbano "resistere all'azione sismica, evitando il rischio di un collasso fragile degli stessi" mattoni. Questi dovranno essere progettati e realizzati, sia che si tratti di mattoni stabilizzati o meno, secondo i criteri della tecnica delle costruzioni tesi al comportamento elastico della struttura. In queste norme viene dato molto spazio alla descrizione statico-tecnologica degli elementi base e dei suoi componenti edilizi, con l'indicazione dei valori cui attenersi e metodi di prove de seguire. [62]

CRATERRE

**Francia**. Nell'ambito delle linee guide adottate volontariamente è d'obbligo citare gli standard messi a punto dal Centro di Ricerca internazionale per la costruzione in terra cruda, CRATerre, facente parte della scuola Superiore di Architettura di Grenoble. Oltre alle attività di ricerca condotte per decenni dal Centro, che hanno consentito una vera e propria sistematizzazione della conoscenza in merito alle costruzioni in terra, sfociate nella raccolta e pubblicazione di numerosi documenti, spesso alla base di parecchie linee guida, è da evidenziare quanto sottolineato da Gaia Bollini, nella sua ricerca sulle normative per la terra cruda, ovvero la produzione di un importante documento che norma la produzione dei blocchi compressi, ratificato dall'ARSO, African Regional Organization for Standardization, in collaborazione con altri enti del settore delle costruzioni.[63] Le linee guide elaborate da CRATerre si basano su un approccio sia prestazionale sia tecnologico, definendo una serie di principi del costruire con la terra. Partendo dalla conoscenza del materiale, attraverso una serie di semplici test, anche molto rudimentali ma efficaci, e passando attraverso la fase del controllo edilizio, alla produzione e messa in opera gli studiosi del Centro francese hanno predisposto una serie di linee guida per la progettazione, tenendo in considerazione le

[61] Cfr. Maniatidis Walker, Op.Cit. pag.5
[62] G. Bollini, Op. Cit. pag. 183
[63] Adam E.A. Compressed Stabilised Earth Block, Manifacture in Sudan, Paris, 1998

problematiche riguardanti le patologie edilizie a cui le costruzioni in terra possono essere soggette.

**Altre nazioni**. In tempi diversi una serie di altre nazioni si sono dotate di codici, normative o linee guida per le costruzioni in terra cruda. Dai testi presi in considerazione si sono rilevate notizie in tal senso per l'India, la Tanzania, il Mozambico, il Marocco, la Tunisia, il Kenya, la Costa d'Avorio, la Turchia, il Messico, il Brasile, e la Costa Rica. Molti sono, a tutt'oggi, gli studi condotti in queste nazioni, anche da parte di Istituti di Ricerca e Università, anche Italiane, rivolti alla conoscenza delle pratiche costruttive che impiegano la terra come materiale da costruzione e quindi è auspicabile che presto queste indagini possano apportare dei contributi verso una regolamentazione generale di questi procedimenti costruttivi, sempre nel rispetto della filosofia che contraddistingue le costruzioni in terra ovvero della loro identità spontanea e naturale.

Alla luce di questa breve disamina delle normative adottate in alcune nazioni, si può affermare, in accordo con quanto sostenuto in letteratura che la codificazione del costruire con la terra deve necessariamente passare per tre momenti base: un primo legato al riconoscimento del materiale da impiegare nelle costruzioni, diverso da sito a sito, con indagini di tipo mineralogico e granulometrico; un secondo legato alla caratteristiche prestazionali del materiale e dei manufatti da realizzare, con una duplice attenzione verso i singoli elementi di base e verso i componenti edilizi derivati; un terzo legato alla tecnologia costruttiva, ovvero le modalità di produzione e messa in opera, alle proporzioni tra le parti e alle aggregazioni dei componenti; un quarto momento rivolto alla definizione della forma, in relazione ai rapporti tra le parti e del complesso con l'intorno ambientale e quindi dell'architettura.

CAPITOLO 5

# ARCHITETTURE DI TERRA: CASI STUDIO

## 5.1 METODOLOGIA DI ANALISI E SELEZIONE DEI CASI STUDIO

La ricerca individua e analizza alcune esperienze in corso sul tema delle architetture realizzate con l'ausilio del materiale terra cruda, tema che, negli ultimi decenni, ha avuto un forte incremento nelle nuove realizzazioni edilizie, specie negli Stati Uniti e in Australia, con una ritrovata e positiva collaborazione tra il mondo della progettazione ed il mondo della produzione, contribuendo ad alimentare il dibattito sulle potenzialità e i limiti di questa metodologia costruttiva e delle sue diverse tecniche esecutive.

RIDURRE CONTENERE REIMPIEGARE

Alla luce delle emergenze ambientali, che coinvolgono il pianeta terra e che pongono ai progettisti numerosi interrogativi rispetto alle problematiche connesse alla trasformazione degli ambienti naturali con nuove costruzioni, l'impiego di materiali naturali e possibilmente reversibili e riutilizzabili, appare una risposta positiva alla possibilità di ridurre gli impatti, contenere i consumi e reimpiegare le risorse. Una visione così fiduciosa rispetto ai moderni metodi di costruzione ha bisogno di un approfondimento sul rapporto di relazione che una casa realizzata con queste tecniche ha con il contesto nel quale si inserisce. Se la valutazione di una prestazione energetica o dell'efficienza di una determinata tecnologia sono parametri facilmente codificabili, discorso a parte merita il rapporto che un edificio ha con il conteso in cui si colloca, ciò perché le analisi che possono condursi sono ampie e toccano anche aspetti connessi alla cultura, alla storia di un luogo e alla popolazione che vi risiede, al clima, alla geografia, alla morfologia del sito, ai materiali e alle risorse disponibili. Al fine di individuare una procedura che possa consentire di determinare alcuni fattori invarianti di forza, come i livelli di innovazione riscontrati e di debolezza, come alcuni limiti delle soluzioni analizzate è stato scelto di indagare su una serie di casi studio, scelti tra la tipologia residenziale, realizzati prevalentemente negli ultimi vent'anni, che si pongono in equilibrio tra innovazione e tradizione del costruire con la terra cruda. La selezione dei casi studio è stata condotta analizzando la letteratura in

METODOLOGIA DI SELEZIONE DEI CASI STUDIO

materia riguardante i progetti realizzati. E' stato selezionato un elenco di edifici, dalle caratteristiche tecnologiche e prestazionali diverse che, possono ritenersi particolarmente rappresentative. L'elemento principale che ha determinato la preferenza di un progetto rispetto ad altri è il carattere "sperimentale" dell'opera, dal momento che i casi studio sono da considerarsi casi esemplari, con l'introduzione di tecniche innovative e la reinterpretazione di quelle tradizionali, all'avanguardia nel campo delle realizzazioni con queste tecnologie e questo materiale.

Si è cercato inoltre di non confinare la ricerca in un ambito geografico, poiché la diffusione delle abitazioni eco-compatibili in terra è sicuramente da considerarsi globale. Nelle costruzioni selezionate è possibile osservare, in generale, un'attenzione all'aspetto morfologico e architettonico, pur facendo sempre riferimento a tipologie edilizie abitative di piccole dimensioni. Sono stati privilegiati inoltre edifici nei quali si potessero effettuare sopralluoghi mediante viaggi studio o comunque per i quali fosse possibile il reperimento di materiale informativo, da letteratura o direttamente tramite scambi diretti con i progettisti.

Attraverso l'esame di questi casi studio, effettuato con schede di analisi, è stato possibile studiare requisiti, capacità e caratteristiche del progetto di un edificio che impiega le tecniche di costruzione eco-compatibili e la terra cruda. Da questa indagine, è scaturito un quadro esaustivo, attraverso il quale è stato possibile valutare gli aspetti critici e individuare quegli elementi significativi sia a livello morfologico sia tecnologico che, soggetti a minori vincoli, potrebbero essere trasposti in soluzioni ipotizzabili in contesti dai differenti caratteri: minimalismo ed economia, come la semplicità formale della struttura, il reperimento in loco dei materiali e la facilità della messa in opera; ottimizzazione degli spazi e trasformabilità, come possibili espansioni e contrazioni della geometria; riconversione dello spazio costruito e reversibilità, come fondazioni facilmente rimovibili, impiego di materiali naturali e strutture smontabili; rapporto con il luogo ovvero una possibile flessibilità nella disposizione delle aperture e nella scelta dell'involucro a secondo del luogo di realizzazione.

ELEMENTI SIGNIFICATIVI

ANALISI

La selezione e l'analisi delle costruzioni in questione parte, quindi, dalla volontà di approfondire la riflessione su alcuni punti nodali:

a. valutare se requisiti, quali la leggerezza, la reversibilità, la naturalità, l'economicità, possano convivere garantendo qualità architettonica e ambientale;

b. comprendere quali elementi di questa tipologia costruttiva possano rappresentare delle invarianti rispetto alle diverse dislocazioni geografiche;

c. individuare soluzioni che possano integrare variabili (dettate dal contesto in cui si interviene) e costanti (dettate dalle proprietà intrinseche

del materiale), al fine di ottenere un'analisi indicativa nei confronti della sostenibilità ambientale di questa tecnica costruttiva.

La ricerca si orienta verso un'analisi che possa apportare un contributo alla definizione di soluzioni, anche dal punto di vista morfologico, per la realizzazione di elementi costruttivi di base capaci di coniugare le variabili e le costanti enunciate sopra, al fine di suggerire soluzioni possibili, realizzabili a basso costo energetico globale, con la terra cruda come materiale principale, in contesti geografici diversi in situazioni di transitorietà.

## 5.2 ANALISI DEI CASI STUDIO

Nell'analizzare la serie di casi studio riguardanti le architetture residenziali in terra cruda, è da valutare in prima istanza quanto è richiesto per una corretta progettazione di un edificio, ovvero è necessario prendere in considerazione numerose caratteristiche che definiscono la qualità della realizzazione. Le peculiarità da tenere in considerazione sono: le quantità di energia e materiali impiegati; il rapporto con il luogo, inteso come paesaggio naturale o antropizzato e come paesaggio culturale contemporaneo e storico; il controllo del ciclo dei materiali e degli eventuali rifiuti che devono essere possibilmente recuperati e rimessi in ulteriori fasi di lavorazione; la possibilità di recuperare, in tutto o in parte, il fabbricato in caso di dismissione o cambio di destinazione d'uso.

Un edificio che aspira ad essere considerato ecosostenibile deve integrarsi con il luogo nel quale si inserisce: sfruttando le risorse energetiche naturali; impiegando materiali tendenzialmente rinnovabili e possibilmente di provenienza locale; cercando di non modificare il regime delle acque superficiali; interagendo armonicamente con il contesto paesistico e sociale.

OBIETTIVI

L'obiettivo delle schede di analisi è appunto comprendere se e come le abitazioni di terra selezionate rispondono ai criteri della progettazione ecosostenibile evidenziandone punti di forza e punti di debolezza.

CONTENUTI

Le schede di analisi sono divise in tre parti principali che esaminano rispettivamente: i caratteri tipologici, morfologici, funzionali e tecnologici; la rispondenza alle classi o sottoclassi di esigenza previste dalle normative italiane; la rispondenza o meno ad alcune caratteristiche bioclimatiche. A queste analisi è stato associato un giudizio di valore basato su un valutazione qualitativa pesata in relazione alla caratteristica analizzata, che

fornisce un quadro di analisi generale della costruzione in relazione agli esami condotti.

DATI IDENTIFICATIVI

Partendo da una breve descrizione del progetto, che fornisce i primi dati relativi all'abitazione, è possibile, come da scheda A, redigere un documento di identificazione, nel quale, oltre alle informazioni di base, si evincono anche *tempi e costi di costruzione.*

| | |
|---|---|
| **Denominazione** | |
| **Categoria di intervento** | |
| **Tipologia edilizia** | |
| **Destinazione d'uso** | |
| **Ubicazione** | |
| **Progettista** | |
| **Committenti** | |
| **Gestione del progetto** | |
| **Strutture** | |
| **Impresa costruttrice** | |
| **Superficie coperta** | |
| **Cronologia** | |
| **Costo di costruzione** | |

Tabella 5: scheda A

| |
|---|
| **Procedimento costruttivo** |
| artigianale artigianale evoluto* industrializzato** |
| **Tecnica costruttiva** |
| tradizionale industrializzata*** mista**** |
| **Tipologia di industrializzazione** |
| Sistema chiuso sistema aperto |
| **Grado di Innovazione** |
| Alto medio basso |
| **Tipologia strutturale** |
| Monolitica a telaio a pannelli portanti cellulare |
| (*) i procedimenti artigianali evoluti utilizzano diversi prodotti industrializzati e artigianali e più sistemi costruttivi in cui convivono operazioni manuali in umido e di montaggio a secco, e una significativa presenza di macchine di cantiere;<br>(**) i procedimenti industrializzati utilizzano materiali e prodotti industrializzati diversi e sistemi costruttivi eterogenei, in un quadro di organizzazione del cantiere in cui prevalgono le operazioni di montaggio a secco, con l'impiego di sistemi meccanici ed elettronici automatizzati e quindi con la presenza di operatori specializzati;<br>(***) Le tecniche costruttive industrializzate o per componenti sono caratterizzate dall'assemblaggio di parti prefabbricate realizzate industrialmente e montate in opera. Possono essere di vari materiali: dal legno, all'acciaio, all'alluminio, ai compositi;<br>(****) Le tecniche costruttive miste utilizzano semicomponenti, componenti e sistemi di componenti integrati da vari materiali (legno, metalli, laterizio, lapidei), tecniche e forme. Questi prodotti vengono utilizzati sia come elementi strutturali sia come elementi di completamento.<br>Definizioni tratte da Capasso A., Costruire per abitare, Aracne, Roma 2006, risp. Pagg. 132, 136, 137. |

Tabella 6: scheda B

CARATTERI FORMALI TIPOLOGICI E MORFOLOGICI

Considerando le finalità dell'analisi che si intende svolgere volta a comprendere la conoscenza dell'edificio e la sua integrazione con il contesto nel quale si inserisce, è apparso indispensabile caratterizzare l'oggetto architettonico nei suoi aspetti formali, tipologici e morfologici con una restituzione degli elaborati grafici di progetto ad una scala

rappresentativa adeguata, analizzando in dettaglio anche una apparecchiatura delle partizioni verticali, dove gli elementi tecnici reperiti lo hanno consentito, e gli aspetti ambientali legati alla zona climatica del sito e ad alcune caratteristiche del luogo nel quale esso è stato costruito.

ASPETTI TECNOLOGICI

Gli aspetti tecnologici sono stati analizzati partendo innanzitutto dalla descrizione del sistema costruttivo e della tipologia di industrializzazione impiegata (come da scheda B), approfondendo anche alcuni aspetti della fabbricazione a volte trascurati come il tipo di procedimento costruttivo, la sua possibile datazione e il livello di industrializzazione e di innovazione introdotti nell'edificio.

SCOMPOSIZIONE DEL SISTEMA TECNOLOGICO

Alla descrizione dell'elemento edilizio, con la rappresentazione degli elaborati grafici di progetto, è seguita la scomposizione del sistema tecnologico (norma UNI 8290 del 1981) come segue:

| Classi di unità tecnologiche | Unità Tecnologiche |
|---|---|
| **struttura portante** | struttura di fondazione |
| | struttura di elevazione |
| **Chiusura** | chiusura orizzontale inferiore |
| | chiusure verticali |
| | chiusura di copertura |
| **partizione interna** | partizione interna verticale |
| | partizione interna orizzontale |

Tabella 7: scheda C

L'ulteriore specifica del tipo di involucro, della fattibilità costruttiva e del trasporto delle materie prime e dei componenti è indicata nella scheda D.

| | |
|---|---|
| **Involucro** | facciata strutturale |
| | facciata non strutturale |
| | *descrizione dei materiali impiegati* |
| **fattibilità costruttiva** | difficile |
| | mediamente difficile |
| | facile |
| **trasporto delle materie prime e dei componenti** | lungo raggio *(oltre i confini nazionali)* |
| | medio raggio *(dentro i confini nazionali)* |
| | in loco |

Tabella 8: scheda D

CLASSI E SOTTOCLASSI DI ESIGENZE

La seconda parte di indagine è stata sviluppata con l'esame delle *classi* e di alcune *sottoclassi di esigenza dell'utenza in edilizia,* selezionate rispetto alla norma UNI 8289 del 1981 (tabella I), e di alcuni dei requisiti tecnologici, desunti dalla norma UNI 8290 del 1981 parte II-edilizia residenziale (tabella II). La selezione delle sottoclassi di esigenze e dei requisiti tecnologici è stata dettata dalla impossibilità di recuperare alcuni dati relativi agli edifici, la cui misurazione avrebbe richiesto l'utilizzo di strumentazioni specifiche e l'analisi in *situ* di tutte le opere prescelte.

| | |
|---|---|
| **sicurezza** | insieme delle condizioni relative alla incolumità degli utenti, nonché alla difesa e prevenzione di danni in dipendenza da fattori accidentali, nell'esercizio del sistema edilizio |
| **benessere** | insieme delle condizioni relative a stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute ed allo svolgimento delle attività degli utenti |
| **fruibilità** | insieme delle condizioni relative all'attitudine del sistema edilizio ad essere adeguatamente usato dagli utenti nello svolgimento delle attività |
| **aspetto** | insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema edilizio da parte degli utenti |
| **gestione** | insieme delle condizioni relative all'economia di esercizio del sistema edilizio |
| **integrabilità** | insieme delle condizioni relative all'attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi funzionalmente tra loro |
| **salvaguardia dell'ambiente** | insieme delle condizioni relative al mantenimento e miglioramento degli stati dei sovra sistemi di cui il sistema edilizio fa parte |

Tabella 9: Classi di esigenze Uni 8289 -1981

Il soddisfacimento delle classi e sottoclassi di esigenza e dei requisiti tecnologici è stato valutato individuando una scala di valori, che comprende tre livelli: alto, medio, basso.

| | |
|---|---|
| **alto** | Rappresenta una prestazione **superiore** allo standard e/o alla pratica corrente |
| **medio** | Rappresenta una prestazione **rispondente** allo standard e/o alla pratica corrente |
| **basso** | Rappresenta una prestazione **inferiore** allo standard e/o alla pratica corrente |

Tabella 10: Caratterizzazione della scala di valori

Va sottolineato che, tra le sottoclassi, sono state aggiunte altre voci quali: "integrabilità al contesto"[1], considerando il termine contesto nelle sue ampie accezioni: climatico, paesaggistico, materico, socio-culturale e soprattutto al fine di comprendere ed esaminare la reale capacità dell'edificio ad adattarsi a contesti diversi.

| Requisito | Definizione |
|---|---|
| **Affidabilità** | Capacità di mantenere sensibilmente invariata nel tempo la propria qualità in condizioni d'uso determinate |
| **Anigroscopicità** | Attitudine a non subire mutamenti di aspetto e/o morfologia, di dimensione e comportamento in seguito ad assorbimento di acqua o di vapor d'acqua. |
| **Asetticità** | Attitudine ad impedire l'impianto e lo sviluppo dei germi patogeni. |
| **Assenza di emissione di odori sgradevoli** | Attitudine a non produrre né riemettere odori giudicabili come sgradevoli. |
| **Assenza di emissione di sostanze nocive** | Attitudine a non produrre o riemettere sostanze tossiche, irritanti o corrosive. |
| **Assorbimento acustico** | Attitudine di un oggetto a trasformare parte dell'energia di una radiazione sonora su di esso incidente, in altre forme di energia. |
| **Assorbimento luminoso** | Attitudine di un oggetto a trasformare parte dell'energia di una radiazione luminosa, su di esso incidente, in altre forme di energia. |
| **Attitudine all'integrazione impiantistica** | Possibilità di completare funzionalmente oggetti edilizi non impiantistici con oggetti edilizi impiantistici acco-stati, fissati od incorporati. |
| **Attrezzabilità** | Attitudine a consentire l'installazione di attrezzature ed arredi |
| **Comodità d'uso e manovra** | Attitudine a presentare opportune caratteristiche di funzionalità, di facilità d'uso, di manovrabilità. |
| **Comprensibilità delle manovre** | Attitudine a presentare manovre e comandi facilmente comprensibili sia direttamente sia attraverso istruzioni. |
| **Controllo del contenuto energetico intrinseco** | Contenimento entro determinati livelli della quantità di energia accumulata in un oggetto con riferimento sia alla sua natura sia al suo ciclo produttivo. |
| **Controllo del fattore solare** | Attitudine a consentire un adeguato ingresso di energia termica raggiante attraverso superficie (trasparenti e/o opache) in funzione delle condizioni climatiche. |
| **Controllo del flusso luminoso** | Attitudine a consentire l'ingresso di energia luminosa. |
| **Controllo del rumore prodotto** | Attitudine a non produrre eccessivo rumore. |
| **Controllo dell'aggressività dei fluidi** | Limitazione del contenuto di sostanze incrostanti, corrosive, irritanti e tossiche nei fluidi. |
| **Controllo della combustione** | Realizzazione e mantenimento di condizioni tali da produrre processi di combustione a massimo rendimento di trasformazione e minima produzione di scorie e sostanze Inquinanti. |
| **Controllo della condensazione** | Attitudine ad evitare la formazione di acqua di condensa all'interno degli elementi. |

[1] S. Di Micco, La casa ecologica prefabbricata, indirizzi progettuali per la contestualizzazione ambientale, tesi di dottorato, XXII ciclo, Università degli Studi Federico II di Napoli, Napoli, 2010, pag.84

| | |
|---|---|
| **interstiziale** | |
| **controllo della condensazione superficiale** | Attitudine ad evitare la formazione di condensa sulla superficie degli elementi. |
| **controllo della inerzia termica** | Attitudine ad attenuare entro opportuni valori l'ampiezza di oscillazione della temperatura e a ritardarne di una opportuna entità l'effetto. |
| **Controllo della portata** | Attitudine a garantire valori (minimi) di portata dei fluidi circolanti. |
| **Controllo della pressione di erogazione** | Attitudine ad assicurare un'opportuna pressione di emissione ai fluidi. |
| **Controllo della scabrosità** | Attitudine a presentare superficie di irregolarità e ruvidezza adeguate. |
| **Controllo della temperatura dei fluidi** | Possibilità di mantenere !a temperatura dei diversi fluidi utilizzati entro opportuni livelli. |
| **Resistenza agli agenti aggressivi** | Attitudine a non subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici. |
| **Resistenza agli attacchi biologici** | Attitudine a non subire riduzioni di prestazioni a seguito della presenza di organismi viventi (animali, vegetali, microorganismi). |
| **Resistenza al fuoco** | Attitudine a conservare, entrò limiti determinati, per un intervallo di tempo determinato, le prestazioni fornite. |
| **Resistènza al gelo** | Attitudine a non subire disgregazioni e/o mutamenti di dimensione ed aspetto a causa della formazione del ghiaccio. |
| **Resistenza alle intrusioni** | Attitudine ad impedire, con appositi accorgimenti, l'ingresso ad animali nocivi o persone non desiderate. |
| **Resistenza all'irraggiamento** | Attitudine a non subire mutamenti di aspetto e caratteristiche chimico-fisiche a causa dell'esposizione all'energia raggiante. |
| **Resistenza meccanica** | Idoneità a contrastare efficacemente il prodursi di rotture o deformazioni gravi sotto l'azione di determinate sollecitazioni. |
| **Riparabilità** | Attitudine a ripristinare l'integrità, la funzionalità e l'efficienza di parti o di oggetti guasti. |
| **Smaltimento dei gas nocivi** | Attitudine ad evacuare (totalmente) gli aeriformi tossici, nocivi, irritanti. |
| **Sostituibilità** | Attitudine a consentire la collocazione di elementi tecnici al posto di altri. |
| **Stabilità chimico reattiva** | Attitudine di un determinato materiale a mantenere invariate nel tempo le proprie caratteristiche chimico-fisiche. |
| **Stabilità morfologica** | Attitudine di un elemento tecnico di mantenere invariata nel tempo la sua forma. |
| **Tenuta agli aeriformi** | Attitudine ad impedire l'ingresso d'aria ed altri aeriformi. |
| **Tenuta all'acqua** | Attitudine ad impedire l'ingresso dell'acqua. |
| **Tenuta alla grandine** | Attitudine ad impedire l'ingresso di acqua anche in presenza di momentanei ristagni dovuti ad accumuli localizzati di grandine. |
| **Tenuta alla neve** | Attitudine ad evitare l'ingresso di acqua in seguito ad accumuli anche localizzati di neve. |
| **Tenuta alle polveri** | Attitudine ad evitare l'ingresso di polveri. |
| **Ventilazione** | Possibilità di ottenere ricambio d'aria per via naturale o meccanica. |

Tabella 11: requisiti tecnologici Uni 8290 -1981

REQUISITI TECNOLOGICI

Tra gli innumerevoli requisiti tecnologici sono stati selezionati unicamente: facilità di intervento, riparabilità, sostituibilità, demolibilità, recuperabilità e a essi sono stati aggiunti aggregabilità e correlazioni. Tali requisiti permettono di analizzare con maggiore chiarezza il grado di flessibilità delle costruzioni rispetto all'intero ciclo di vita dell'edificio. L'analisi effettuata utilizzando la scheda E consente di valutare il "*grado di rispondenza delle prestazioni di un prodotto ai requisiti che ne hanno motivato la concezione, la progettazione, la costruzione e continuano a motivarne l'esistenza*"[2] e attraverso una sintesi completa dei diversi aspetti analizzati giungere ad un giudizio critico sui punti di forza e di debolezza riscontrabili nell'edificio descritto.[3]

GRADO DI RISPONDENZA DELLE PRESTAZIONI

**Classi e selezione di alcune sottoclassi di esigenze dell'utenza in edilizia** (norma UNI/CE 0050 1980)

| **Classi** | **Sottoclassi** | **Grado di rispondenza** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **alto** | **medio** | **basso** |
| **Sicurezza** | Statica | | | |
| | Al fuoco | | | |
| **Benessere** | Termico | | | |
| | Acustico | | | |
| | Luminoso | | | |
| **fruibilità** | Attrezzabilità (arredi) | | | |
| | Flessibilià (uso) | | | |
| **gestione** | Mantenimento dell'integrità | | | |
| | Manutenibilità | | | |
| **Integrabilità** | Integrabilità impiantistica | | | |
| | Coordinamento dimensionale | | | |
| | Integrabilità funzionale | | | |
| **Integrabilità al contesto (*)** | Climatico | | | |
| | Paesaggistico | | | |
| | Materico | | | |
| | Culturale – sociale | | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | | | |
| **Salvaguardia dell'ambiente** | Controllo dell'uso delle risorse | | | |
| **Aspetto** | Regolarità geometrica | | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | | | |

(*) integrabile è un manufatto capace di inserirsi armonicamente con il contesto circostante, rappresentando un continuum sia con l'ambiente naturale che con quello antropizzato-artificiale. Nel caso specifico dei manufatti presi come riferimento, il termine contesto, dal latino contextus (connesso, nesso), indica la porzione di territorio in cui si inserisce l'edificio, studiata rispetto alle condizioni geo-morfologiche e al complesso delle caratteristiche costruttive dei luoghi, con riferimento, anche, alla cultura materiale degli stessi.

Tabella 12: Scheda E, 1^parte

[2] Capasso A, *Costruire per abitare,* Aracne, Roma, 2006, pgg. 110-111
[3] Cfr. S. Di Micco, Op. Cit. pag 84

| **Selezione di alcuni requisiti tecnologici** (norme UNI 8290 del 1981, parte II – Edilizia residenziale) | | | |
|---|---|---|---|
| **Requisito** | **Grado di rispondenza** | | |
| | **alto** | **medio** | **basso** |
| **Facilità di intervento** | | | |
| **Riparabilità** | | | |
| **Sostituibilità** | | | |
| **Demolibilità** | | | |
| **Recuperabilità** | | | |
| **Aggregabilità** | | | |

Tabella 12: Scheda E, 2^parte

| **Caratteristiche e soluzioni progettuali bioclimatiche** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Requisito** | **Grado di rispondenza** | | |
| | | **buono** | **sufficiente** | **mediocre** |
| **ASPETTI GENERALI** | **Studio della forma** | | | |
| | **Orientamento delle facciate** | | | |
| | **Disposizione delle aperture** | | | |
| | **Illuminazione naturale** | | | |
| | **Ventilazione naturale** | | | |
| | **Soleggiamento** | | | |
| | **Disposizione degli ambienti interni** | | | |
| | **Isolamento termico** | | | |
| | | | | |
| | **Denominazione** | **Grado di rispondenza** | | |
| | | **presente** | | **assente** |
| **ELEMENTI E COMPONENTI** | **Pannelli fotovoltaici** | | | |
| | **Collettori solari** | | | |
| | **Microturbina eolica** | | | |
| | **Camino di ventilazione** | | | |
| | **Serra** | | | |
| | **Sistema di schermatura solare** | | | |
| | **Pannelli radianti** | | | |
| | **Patio** | | | |
| | **Tetto verde** | | | |
| | **Facciata ventilata** | | | |

Tabella 13: Scheda F

ASPETTI BIOCLIMATICI E SISTEMA IMPIANTISTICO

L'ultima parte di analisi delle architetture prese in esame è stata condotta sugli aspetti bioclimatici delle costruzioni e sul loro sistema impiantistico, schede F e G. In particolare la scheda F analizza le caratteristiche e le soluzioni progettuali bioclimatiche adottate, distinguendole in due sottogruppi: gli aspetti generali, ovvero lo studio della forma, l'orientamento delle facciate, la disposizione delle aperture, l'illuminazione naturale, il soleggiamento, la disposizione degli ambienti interni e l'isolamento termico; gli elementi e i componenti, ovvero la presenza di presidi tecnologici legati al risparmio delle risorse energetiche. La scheda G analizza sinteticamente il sistema impiantistico e le tecnologie attive e passive presenti nella costruzione.

| **Sistema impiantistico – tecnologie attive e passive** | | | |
|---|---|---|---|
| **Requisito** | **Grado di rispondenza** | | |
| | **presente** | **assente** | |
| **Condizionamento invernale** | | | |
| **Condizionamento estivo** | | | |
| **Gestione dell'acqua** | | | |
| | | | |
| **Impianto elettrico** | **Rete pubblica** | **Fotovoltaico collegato alla rete** | **Autonomo** |

Tabella 14: Scheda G

# 5.3 CASI STUDIO

0. Scheda tipo di analisi
1. Rauch House, Roger Boltshauser e Martin Rauch, Schlins, Austria, 2007
2. Borgocapo, Stefania Giardinelli, Casalincontrada, Italia, 2005
3. Convent Avenue House, Rick Joy, Tucson, Arizona, USA, 1997
4. Home Made, Anna Heringer, Rudrapur, Bangladesh, 2008
5. Domaine de La Terre Houses, Jourda & Perraudin Partenaires, Villefontaine, Francia, 1985
6. The Eco-House, Arkitect Sverre Fehn AS, Mauritzberg Manor, Sweden, 1992
7. Split House, Atelier FCJZ, Yanqing, Pechino, Cina, 2002
8. Rosie Joe House, Design Build BLUFF, Navajo Nation, Utah, USA, 2004
9. Christines's House, Rural Studio, Mason's Bend, Alabama, USA, 2006
10. Arrillhjere Demonstration House, Brendan J. Meney Architects, Australia, 1997
11. Vineyard Residence, John Wardle Architects, Victoria, Australia, 2002
12. Wohnhaus Flury, Spaceshop Architekten, Deitingen, Svizzera, 2010

# SCHEDA TIPO

0

IMMAGINE

# DENOMINAZIONE DELLA COSTRUZIONE

- SCHEDA INFORMATIVA
- Denominazione:
- Categoria intervento:
- Tipologia:
- Ubicazione:
- Progettisti:
- Committente:
- Gestione del progetto:
- Strutture:
- Impresa:
- Sup. Coperta:
- Cronologia:
- Costo:

Scheda A

Scheda A: Partendo da una breve descrizione del progetto, che fornisce i primi dati relativi all'abitazione, è stato redatto un documento di identificazione, nel quale, oltre alle informazioni di base, si evincono anche tempi e costi di costruzione.

- ASPETTI TECNOLOGICI
- PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:
  - artigianale
  - artigianale avanzato
  - industrializzato
- POSSIBILE DATAZIONE:
  - XVII - XIX sec
  - XX sec.
  - XXI sec
- TECNICA COSTRUTTIVA:
  - Tradizionale
  - industrializzato
  - mista
- TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:
  - sistema chiuso
  - sistema aperto
- GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:
  - alto
  - medio
  - basso
- GRADO DI INNOVAZIONE:
  - alto
  - medio
  - basso
- TIPOLOGIA STRUTTURALE:
  - monolitica
  - a telaio
  - a pannelli portanti
  - cellulare

Scheda B

Scheda B: Gli aspetti tecnologici sono analizzati partendo innanzitutto dalla descrizione del sistema costruttivo e della tipologia di industrializzazione impiegata, approfondendo alcuni aspetti della realizzazione come il procedimento costruttivo, la sua possibile datazione e il livello di industrializzazione e di innovazione introdotti nell'edificio.

DESCRIZIONE

*Quest'opera dell'architetto Robert Boltshauser, con la consulenza Martin Rauch per la terra, si inserisce all'interno di uno scavo operato sulla collina leggermente scoscesa a nord del centro di Schlins. La geometria rigida, parallepipeda del edificio è determinata dalle esigenze statiche della terra impiegata, che impone anche la dimensione e la collocazione delle bucature, la sua spazialità, anche se lontana da altre realizzazioni di Rauch, è analoga a quella incentrata sul*

DESCRIZIONE

*rapporto piano-vuoto del volume convesso della casa inglobato nel volume concavo della collina rocciosa, suggerendo la possibilità di "abitare" il paesaggio esterno in un unicum con l'interno dell'abitazione. La casa si sviluppa su tre livelli di vita, il piano terreno dove trovano posto gli ambienti dell'ingresso, il posto auto, la foresteria, e la cantina, il primo piano dove sono allocati gli ambienti living, ovvero la cucina, il soggiorno, la sala da pranzo, l'atrio a doppia altezza e la terrazza e il secondo piano*

DESCRIZIONE

*destinato alla zona di riposo, con la camera da letto e i servizi. Il Fabbricato è stato realizzato interamente utilizzando la terra ricavata dallo scavo di fondazione. Questa è una delle principali caratteristiche a favore dell'ecosostenibilità della terra pressata: il materiale principale da costruzione, infatti, si ricava localmente, non necessita di mezzi di trasporto per l'approvvigionamento ed è riciclabile (se utilizzato in modo puro e non mescolato con altre sostanze come ad esempio il cemento). Unico materiale aggiunto alla terra per solidificare le fondamenta è stata una roccia naturale idraulica proveniente dalla Germania. Ad enfatizzare il rapporto con il terreno circostante, il volume progettato si plasma attorno ad un percorso continuo fatto di luci e ombre, dall'atmosfera cavernosa al livello del terreno, aperto solo a nord contro la parete rocciosa della collina, al piano di soggiorno le cui stanze in argilla color avorio e i pavimenti in terra cruda trattata con olio di lino e cera dialogano attraverso le bucature con l'esterno. Le murature perimetrali, i solai che distribuiscono i tre livelli del manufatto, i mattoni di rivestimento, i gradini della scala ellittica fino alla vasca da bagno e della cabina doccia sono stati realizzati per l'85% con materiali ricavati dallo scavo dell'area del cantiere: quindi letteralmente la terra che costituiva il luogo naturale è stata modellata per realizzare l'architettura della nuova costruzione. Una volta operato lo scavo e realizzate le fondamenta della casa, vengono sistemate le casseforme in legno per iniziare le fasi di versamento della terra dei muri*

IMMAGINI

DESCRIZIONE

*portanti. Questa operazione viene eseguita per strati sottili, secondo una tecnica adottata e sperimentata da Martin Rauch, con spessori molto ridotti, che di soli 4 cm. Anche la disposizione dei casseri viene realizzata a strati. Costituito il primo, complessivamente alto circa un metro e largo 45 cm,si procede al riversamento della terra, precedentemente preparata a piè d'opera, quindi si passa alla fase della battitura, che oggi dovrebbe essere più correttamente denominata pressatura, poiché ottenuta a differenza del passato che tradizionalmente veniva eseguita con pestelli manuali, con apparecchi a battitura meccanica, con l'ausilio di martelli compattatori vibranti, poco potenti*

DESCRIZIONE

*(per non danneggiare i casseri, max 5 bar), con una corsa di circa 20 cm e una grande frequenza di impatto (fino a 700 colpi al minuto), che assicurano una compattazione per battitura costipando la terra per strati successivi di circa 20 centimetri.*

*Successivamente al termine del primo strato di muro, corrispondente alla prima fila di casseri, si procede alla realizzazione degli strati successivi, senza rimuovere i casseri sottostanti che servono da contenimento all'azione esercitata dalla compattazione superiore. Per la buona riuscita del lavoro, sono determinanti sia i fattori climatici locali, come l'umidità dell'aria, la pioggia e la presenza di vento,*

DESCRIZIONE

*sia gli accorgimenti progettuali sull'ombra e l'orientamento dei muri realizzati. Anche questo particolare aspetto della tecnica fa sì che vi sia un gran risparmio di materiale per la creazione dei casseri. Nel caso in questione la stratificazione delle pareti è stata esternamente intervallata con pianelle, mattoni piatti (sempre costruiti in terra pressata), che hanno la funzione principale di impedire il dilavamento. da un punto di vista estetico, le pianelle esprimono e sottolineano il principio della stratificazione della terra sul quale si basa la tecnica. Internamente, invece, i muri sono stati isolati con una camera d'aria di 10 cm costituita con canne, poi cosolidate con miscele argillose, all'interno delle quali passano gli impianti e i canali del riscaldamento ad aria. L'isolamento scongiura il rischio di condensa, difetto principale dei muri in terra pressata. Le pareti sono state finite con un intonaco di argilla di tre centimetri e, infine, imbiancate. Dal momento che una costruzione eseguita seguendo la tecnologia della terra cruda non ammette una distribuzione arbitraria delle bucature per motivi evidenti di natura statica, queste sono state eseguite in corrispondenza dell'asse mediano di ogni stanza e sono dimensionate in funzione della distanza di queste dalle pareti di confine e dalla superficie calpestabile dell'ambiente. Questi fori, eseguiti sulle murature ne esaltano la profondità di circa 60 centimetri e le quinte stereometriche amplificando l'effetto plastico-scultoreo del manufatto. Le tipologie adottate per la realizzazione delle volte sono due: quello del primo livello è in volume di mattoni e travi in acciaio a T 6X6 cm, riempito in terra con inerti compattato; quello del secondo livello e delle coperture sono stati realizzati con travi di legno accostate. I soffitti del secondo e terzo piano sono rifiniti con un rivestimento in lastre di terra cruda che a loro volta sono state intonacate con l'argilla. Gli strati di isolamento termico sono stati realizzati utilizzando stuoie di canne nelle partizioni orizzontali e lana di vetro per le pareti verticali contro terra, mentre quelli idraulici con guaine bituminose.*

## DETTAGLI UTILI PER L'ANALISI

IMMAGINE

IMMAGINI

# DENOMINAZIONE DELLA COSTRUZIONE

PIANTE

DETTAGLI

ANALISI DEL PROGETTO ARCHITETTONICO

IMMAGINI

# SEZIONI

## ANALISI DEL PROGETTO ARCHITETTONICO

IMMAGINE

IMMAGINI

# DENOMINAZIONE DELLA COSTRUZIONE

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | DESCRIZIONE |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è stata realizzata con travi rovesce di terra additivata con calce idraulica, ovvero con materiali completamente riciclabili.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è monolitica, costituita con muri portanti in terra cruda battuta con ricorsi di mattoni pressati crudo.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il primo orizzontamento è stato realizzato [illegible] battuta su casseri a perdere in pvc, per isolare il pavimento dal terreno [illegible].* |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali, sono sostanzialmente le strutture in elevazione, quindi sono muri in terra battuta dello spessore variabile dai 60 ai 45 cm, realizzati a ricorsi orizzontali di circa 20 cm.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale è realizzata con un solaio in legno a travi accostate, ad andamento piano.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali* |
| | Partizione interna orizzontale | *Il solaio al primo livello è stato realizzato con un sistema assimilabile alle voltine in laterizio con anime in [illegible] a T 6X6 cm; Il solaio al secondo livello, così come quello di copertura è in legno a travi accostate.* |

**Scheda C**

Scheda C: vengono analizzate le scomposizioni del sistema tecnologico così come previsto dalle norme UNI 8290 del 1981, con la descrizione degli elementi costitutivi la struttura portante, la chiusura, la partizione interna.

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | Facciata strutturale |
| | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in pietra |
| | Sistema di facciata in metallo |
| | Sistema di facciata in terra cruda |

| | |
|---|---|
| Fattibilità costruttiva | Difficile<br>Mediamente difficile<br>Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | Lungo raggio (oltre i confini nazionali)<br>Medio raggio (dentro i confini nazionali)<br>In loco |

**Scheda D**

Scheda D: Nella prima parte vengono evidenziate le caratteristiche dell'involucro edilizio in funzione dei diversi materiali presenti; nella seconda vengono analizzate la fattibilità costruttiva e la capacità di approvvigionamento in loco o meno dei materiali necessari alla realizzazione del manufatto, assegnando un giudizio numerico ad ogni aspetto evidenziato.

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica<br>Al fuoco | | | |
| Benessere | Termico<br>Acustico<br>Luminoso | | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi)<br>Flessibilità (uso) | | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità<br>Manutenibilità | | | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica<br>Coordinamento dimensionale<br>Integrabilità funzionale | | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico<br>Paesaggistico<br>Materico<br>Culturale - sociale<br>Adattabilità a diversi contesti | | | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica<br>Attitudine a finiture diversificate | | | |

**Scheda E.1**

* Si definisce integrabile un manufatto capace di inserirsi armonicamente nel contesto circostante, rappresentando un continuum sia con l'ambiente naturale che con quello antropizzato-artificiale Nel caso specifico dei manufatti schedati, il termine conteso, dal latino contextus: <connessione, nesso>, indica la porzione di territorio in cui si inserisce l'edificio, studiata rispetto alle condizioni geo-morfologiche e al complesso delle caratteristiche costruttive dei luoghi, con riferimento, anche, alla cultura materiale degli stessi. Inoltre, l'analisi viene estesa all'ambiente umano e, quindi, allo scenario socio-economico e alle contingenze storico-politiche che identificano un preciso ambito territoriale, quanti vi abitano e le relazioni che si sviluppano.

# IMMAGINI

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Facilità di intervento<br>Riparabilità<br>Sostituibilità<br>Demolibilità<br>Recuperabilità<br>Aggregabilità<br>Correlazioni ** | | | | |

Scheda E: L'analisi effettuata utilizzando lo schema E consente di valutare il grado di rispondenza delle prestazioni di un prodotto ai requisiti che ne hanno motivato la concezione, la progettazione, la costruzione e continuano a motivarne l'esistenza; attraverso una sintesi completa dei diversi aspetti analizzati giunge ad un giudizio critico sui punti di forza e di debolezza riscontrabili nell'edificio descritto.

** Attitudine di uno spazio elementare a essere posto in relazione con altri spazi elementari o di un elemento tipologico ad essere posto in relazione con altri elementi tipologici secondo determinati modelli di comportamento dell'utenza o secondo le regole che caratterizzano i vari tipi edilizi o, comunque, secondo definite volontà progettuali.

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma<br>Orientamento delle facciate<br>Disposizione delle aperture<br>Illuminazione naturale<br>Ventilazione naturale<br>Soleggiamento<br>Disposizione degli ambienti interni<br>Isolamento termico | | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici<br>Collettori solari<br>Microturbina eolica<br>Camino di ventilazione<br>Serra<br>Sistemi di schermatura solare<br>Pannelli radianti<br>Patio<br>Tetto verde<br>Facciata ventilata | | |

Scheda F: Gli elementi cui si fa riferimento sono componenti o sistemi, tra cui pannelli fotovoltaici, collettori solari, sistemi di schermatura, serre, tetti verdi, dei quali si cerca di comprendere la capacità di influenzare il progetto e la plasticità/flessibilità a relazionarsi e modificarsi in situazioni differenti.

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale<br>Condizionamento estivo | | | |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane<br>Impianti di riutilizzo acque grigie<br>Impianto di produzione acqua calda solare | | |

| | | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | | | |

Scheda G: Quest'ultima analisi, rivolta al sistema degli impianti, mette in evidenza le tecnologie passive adottate e le innovazioni di rilievo sperimentate all'interno del progetto, al fine di valutare l'attitudine dell'edificio a conseguire un risparmio energetico.

**Scheda G**

IMMAGINI

# DENOMINAZIONE DELLA COSTRUZIONE

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA

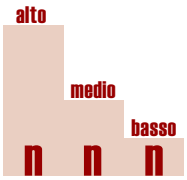
Difficile
Mediamente difficile
Facile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI

Lungo raggio
Medio raggio
In loco

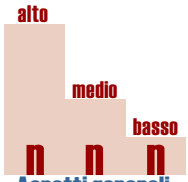
### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI




### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE




Aspetti generali

$n / n_{tot}$

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

Condizionamento

$n / n_{tot}$

Gestione delle acque

Rete pubblica
Fotovoltaico collegato alla rete
Autonomo

Impianto elettrico

## BIBLIOGRAFIA

## IMMAGINI

# RAUCH HOUSE

R. Boltshauser, M. Rauch
SCHLINS, AUSTRIA
2007

1

# RAUCH HOUSE, SCHLINS, AUSTRIA, EUROPA

## SCHEDA INFORMATIVA

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Rauch Residential House |
| Categoria intervento: | Nuova costruzione |
| Tipologia: | Casa unifamiliare isolata |
| Ubicazione: | Schlins, Austria |
| Progettisti: | Roger Boltshauser(architetto), Martin Rauch (consulente) |
| Committente: | Martin Rauch |
| Gestione del progetto: | Thomas Ariane Wilson, Andreas Skambas (co-workers) |
| Strutture: | Josef Tomaselli |
| Impresa: | Lehm Ton Erde GMBH, Schlins |
| Sup. Coperta: | 180,00 mq |
| Cronologia: | 2005 Progetto, 2007 Costruzione |
| Costo: | 1.500.000 euro |

Scheda A

tecnica costruttiva terra battuta

## Edificio residenziale → Tradizione e contemporaneità

### ASPETTI TECNOLOGICI

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
artigianale ● artigianale avanzato industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec ● XX sec. XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
Tradizionale industrializzato ● mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso sistema aperto

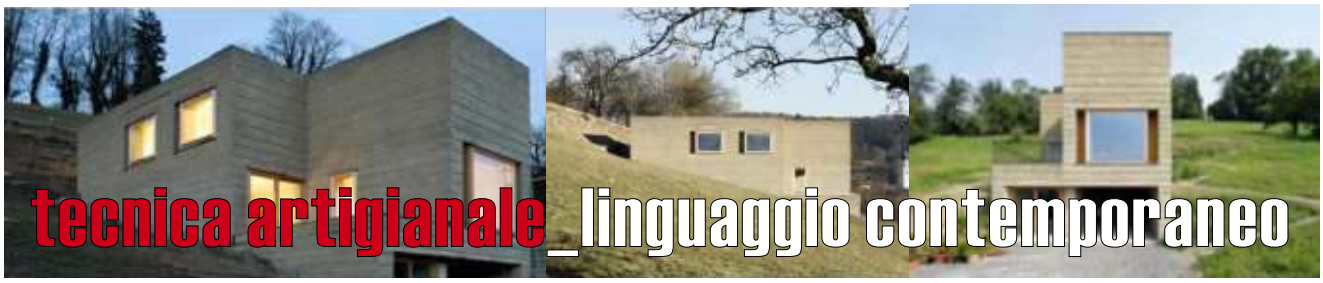
**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto medio ● basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
● alto medio basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
● monolitica a telaio a pannelli portanti cellulare

Scheda B

*Quest'opera dell'architetto Robert Boltshauser, con la consulenza di Martin Rauch per la terra cruda, si inserisce all'interno di uno scavo operato sulla collina leggermente scoscesa a nord della cittadina di Schlins. La geometria rigida, parallepipeda dell'edificio è determinata dalle qualità statiche della terra impiegata, che impone anche la dimensione e la collocazione delle bucature, la sua spazialità, anche se lontana da altre realizzazioni di Rauch, è analogamente incentrata sul rapporto piano-vuoto del volume convesso della casa inglobato nel volume concavo della collina stessa, suggerendo la possibilità di "abitare" il paesaggio esterno in un unicum con l'interno dell'abitazione. La casa si sviluppa su tre livelli di vita, il piano terreno dove trovano posto gli ambienti dell'ingresso, il posto auto, la foresteria, e la cantina, il primo piano dove sono allocati gli ambienti living, ovvero la cucina, il soggiorno, la sala da pranzo, l'atelier, a doppia altezza e la terrazza e il secondo piano destinato alla zona di riposo, con la camera da letto e i servizi. Il Fabbricato è stato realizzato interamente utilizzando la terra ricavata dallo scavo di fondazione. Questa è una delle principali caratteristiche a favore dell'ecosostenibilità della terra pressata: il materiale principale da costruzione, infatti, si ricava localmente, non necessita di mezzi di trasporto per l'approvvigionamento ed è riciclabile (se utilizzato in modo puro e non mescolato con altre sostanze, come ad esempio il cemento). Unico materiale aggiunto alla terra per solidificare le fondamenta è stata una calce naturale idraulica proveniente dalla Renania. Ad enfatizzare il rapporto con il terreno circostante, il volume progettato si plasma attorno ad un percorso continuo fatto di luci e ombre, dall'atmosfera cavernosa al livello del terreno, aperto sul lato nord contro la parete rocciosa della collina, al piano di soggiorno le cui stanze in argilla color avorio e i pavimenti in terra cruda trattata con olio di lino e cera dialogano attraverso le bucature con l'esterno. Le murature perimetrali, i solai che distribuiscono i tre livelli del manufatto, i mattoni di rivestimento, i gradini della scala ellittica fino alla vasca da bagno e della cabina doccia sono stati realizzati per l'85% con materiali ricavati dallo scavo dell'area del cantiere: quindi letteralmente la terra che costituiva il luogo naturale è stata modellata per realizzare l'architettura della nuova costruzione. Una volta operato lo scavo e realizzate le fondamenta della casa, vengono sistemate le casseforme in legno per iniziare le fasi di versamento della terra dei muri*

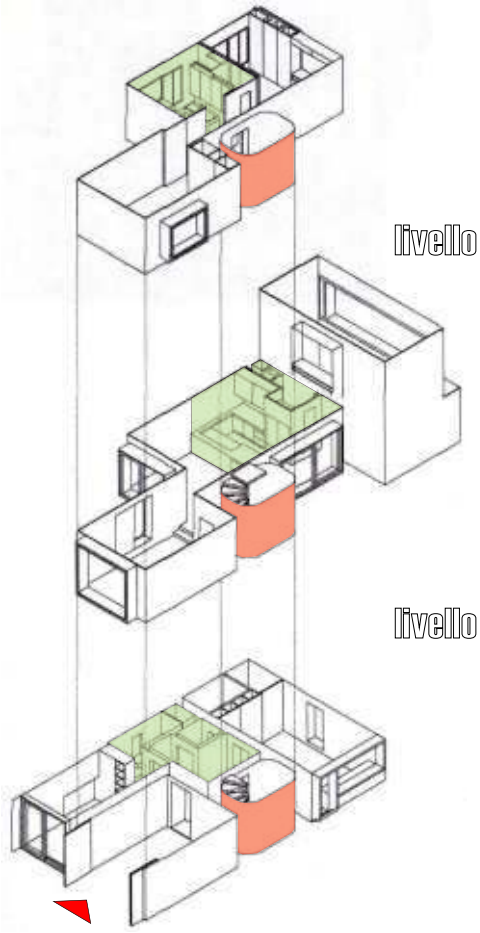


tecnica artigianale_linguaggio contemporaneo

portanti. Questa operazione viene eseguita per strati sottili, secondo una tecnica adottata e sperimentata da Martin Rauch, con spessori molto ridotti anche di soli 4 cm. Anche la disposizione dei casseri viene realizzata a strati. Costruito il primo, complessivamente alto circa un metro e largo 45 cm,si procede al riversamento della terra, precedentemente preparata a piè d'opera, quindi si passa alla fase della battitura, che oggi dovrebbe essere più correttamente denominata pressatura, poiché ottenuta, a differenza del passato che tradizionalmente veniva eseguita con pestelli manuali, con apparecchi a battitura meccanica, con l'ausilio di martelli compattatori vibranti, poco potenti (per non danneggiare i casseri, max 5 bar), con una corsa di circa 20 cm e una grande frequenza di impatto (fino a 700 colpi al minuto), che operano una compattazione per battitura costipando la terra per strati successivi di circa 20 centimetri.

Successivamente, terminato il primo strato di muro, corrispondente alla prima fila di casseri, si procede alla realizzazione degli strati successivi, senza rimuovere i casseri sottostanti, che servono da contenimento all'azione esercitata dalla compattazione superiore. Per la buona riuscita del lavoro, sono determinanti sia i fattori climatici locali, come l'umidità dell'aria, la pioggia e la presenza di vento, sia gli accorgimenti progettuali sull'ombra e l'orientamento dei muri realizzati. Anche questo particolare aspetto della tecnica fa sì che vi sia un gran risparmio di materiale per la creazione dei casseri. Nel caso in questione la stratificazione delle pareti è stata esternamente intervallata con pianelle, mattoni piatti (sempre costruiti in terra pressata), che hanno la funzione principale di impedire il dilavamento. da un punto di vista estetico, le pianelle esprimono e sottolineano il principio della stratificazione della terra sul quale si basa la tecnica. Internamente, invece, i muri sono stati isolati con una camera d'aria di 10 cm costituita con canne, poi cosolidate con miscele argillose, all'interno delle quali passano gli impianti e i canali del riscaldamento ad aria. L'isolamento scongiura il rischio di condensa, difetto principale dei muri in terra pressata. Le pareti sono state finite con un intonaco di argilla di tre centimetri e, infine, imbiancate. Dal momento che una costruzione eseguita seguendo la tecnologia della terra cruda non ammette una distribuzione arbitraria delle bucature, per motivi evidenti di natura statica, queste sono state eseguite in corrispondenza dell'asse mediano di ogni stanza e sono dimensionate in funzione della distanza di queste dalle pareti di confine e dalla superficie calpestabile dell'ambiente. Questi tagli, eseguiti sulle murature ne esaltano la profondità di circa 60 centimetri e le qualità stereometriche amplificando l'effetto plastico-scultoreo del manufatto. Le tipologie adottate per la realizzazione dei solai sono due: quello del primo livello è in voltine di mattoni e travi in acciaio a T 6X6 cm, riempito in terra con inerti compattato; quello del secondo livello e delle coperture sono stati realizzati con travi di legno accostate. I soffitti del secondo e terzo piano sono rifiniti con un rivestimento in lastre di terra cruda che a loro volta sono state intonacate con l'argilla. Gli strati di isolamento termico sono stati realizzati utilizzando stuoie di canne nelle partizioni orizzontali e lana di vetro per le pareti verticali contro terra, mentre quelli idraulici con guaine bituminose.

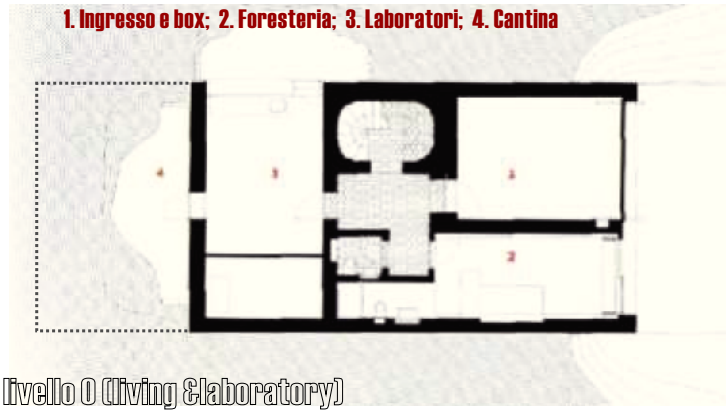
esploso assonometrico



# RAUCH HOUSE, SCHLINS, AUSTRIA, EUROPA

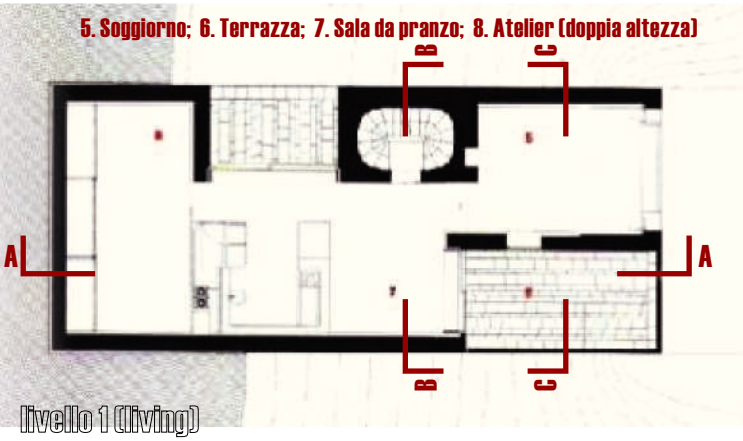
## PIANTE

1. Ingresso e box; 2. Foresteria; 3. Laboratori; 4. Cantina



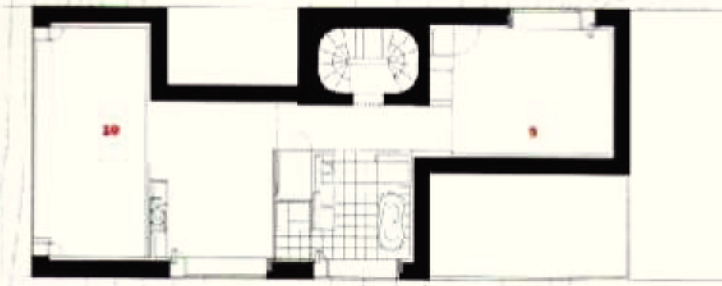
livello 0 (living &laboratory)

5. Soggiorno; 6. Terrazza; 7. Sala da pranzo; 8. Atelier (doppia altezza)



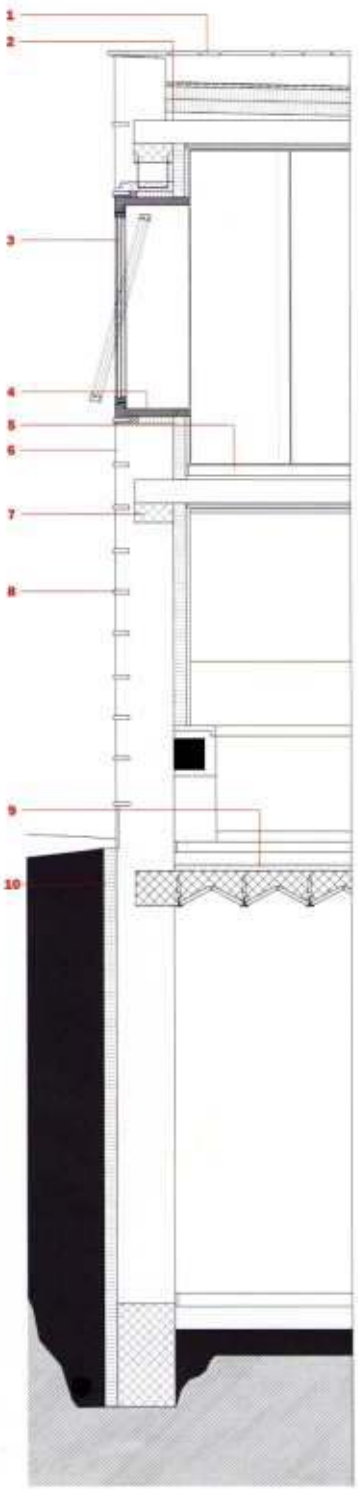

livello 1 (living)

9. Letto; 10. Atelier (doppia altezza)



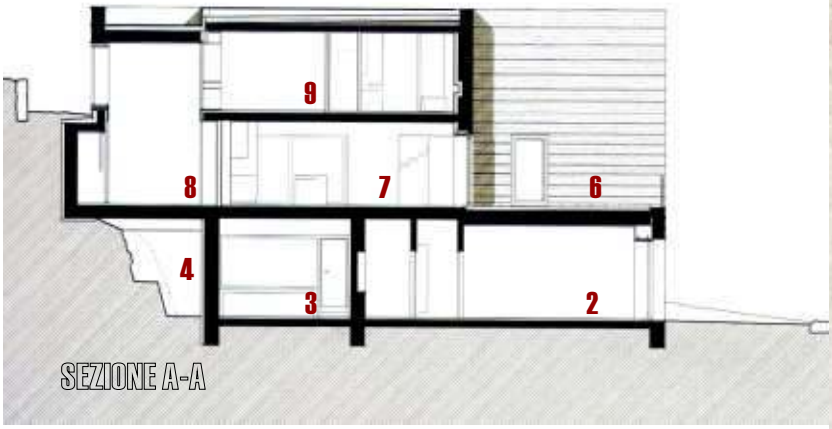
livello 2 (bedroom)

## DETTAGLI

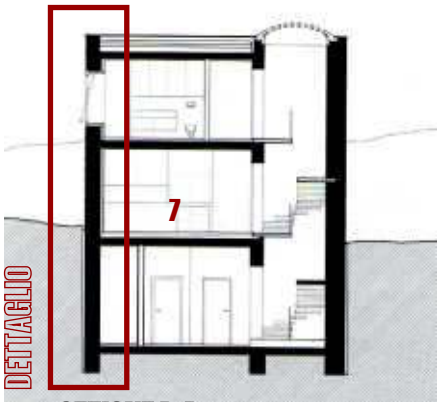


1. Mattone in terra locale cotto 40mm, strato di inerti di lava, sigillante 3x4 mm, lastra in materiale bituminoso 27mm, pannello in compensato, materiale isolante
2. Solaio a tavole incollate 180 mm, pannello in legno di supporto 25 mm, controsoffitto in lastre di terra cruda 25, intonaco di argilla 5mm
3. Finestra in legno di rovere
4. Davanzale in compensato di legno dolce 27 mm
5. Pavimento in terra battuta miscelata a sughero livellato e lucidato con cera vegetale 100 mm
6. Strato eterno del muro in terra battuta 450 mm, isolamento in canne da fiume, riscaldamento a parete annegato nel rinzaffo in argilla
7. Dormiente in legno di tiglio con rinforzo
8. Mattoni in terra pressata e stabilizzata di protezione
9. Isolamento in pannelli di canne da fiume 50mm, riempimento con terra alleggerita con scaglie di legno di tiglio, calce, rinforzi in profilati di acciaio a T 60x60 mm, mattoni di terra battuta stabilizzata
10. Pannelli sandwich composti da due strati di guaina bituminosa che racchiudono la lana di vetro.

# SEZIONI

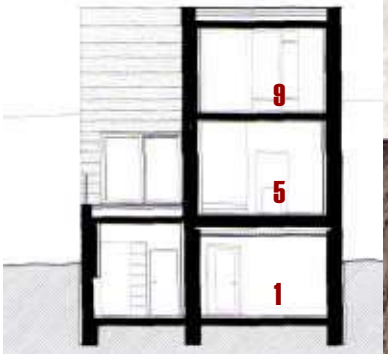



SEZIONE A-A

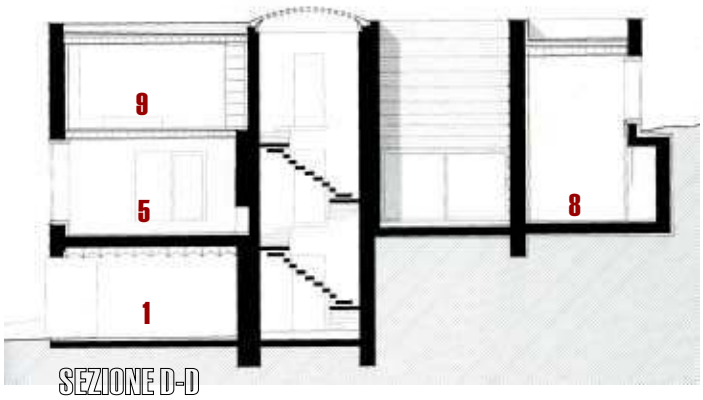



DETTAGLIO

SEZIONE B-B




SEZIONE C-C




SEZIONE D-D

# RAUCH HOUSE, SCHLINS, AUSTRIA, EUROPA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

## Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è stata realizzata con travi rovesce di terra additivata con calce idraulica, ovvero con materiali completamente riciclabili.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è monolitica, realizzata con muri portanti in terra cruda battuta con ricorsi di mattoni pressati in crudo.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il primo orizzontamento è stato realizzato in terra battuta su casseri a perdere in pvc, per isolare il pavimento dal terreno naturale.* |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali, sono sostanzialmente le strutture in elevazione, quindi sono muri in terra battuta dello spessore variabile dai 60 ai 45 cm, realizzati a ricorsi orizzontali di circa 20 cm.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale è realizzata con un solaio in legno a travi accostate, ad andamento piano.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali.* |
| | Partizione interna orizzontale | *Il solaio al primo livello è stato realizzato con un sistema assimilabile alle voltine in laterizio con anime in acciaio a T 6X6 cm; Il solaio al secondo livello, così come quello di copertura è in legno a travi accostate.* |

## Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| ● | Facciata strutturale |
| | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| ● | Sistema di facciata in terra cruda |

| | |
|---|---|
| Fattibilità costruttiva | ● Difficile |
| | Mediamente difficile |
| | Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | Lungo raggio (oltre i confini nazionali) |
| | Medio raggio (dentro i confini nazionali) |
| | ● In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

## Scheda E.1

| (norme UNI/CE 0050 del 1980) | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | ● | | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | | ● | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | | ● | |
| | Manutenibilità | | ● | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | | ● | |
| | Adattabilità a diversi contesti | ● | | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | | ● | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | | ● | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | |
| Demolibilità | | ● | |
| Recuperabilità | ● | | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | | ● | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | | ● |
| | Collettori solari | | ● |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | | ● |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | | ● |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | ● | |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | | ● |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | | ● |

| | | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | ● | | |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Difficile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 18 | 9 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

0 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

invernale estivo

Condizionamento

0 /3

Gestione delle acque

Rete pubblica

Impianto elettrico

## BIBLIOGRAFIA


AAVV. "House in Schlins", in www.erden.at

Giberti Massimiliano, "Casa Rauch A Schlins", Materia n.63, Faenza, settembre 2009

Narici Barbara, Scudo Giovanni, Talamo Cinzia, "Costruire con la terra", Napoli, 2001

Fiadone Franco, "Argilla da amare: il Lavoro di Martin Rauch", in www.bioedilizia.org

Martin Rauch, "Konstrueren mit stampflehm", Detail n.6/2000, Monaco, 2000

Martin Rauch, "House in Schlins", in www.lehmtonerde.at

Kapfinger Otto, "Rammed Earth-Martin Rauch", Vienna, 2001

norme UNI 8290/1981

norme UNI/CE 0050/1980

# BORGOCAPO

Stefania Giardinelli

CASALINCONTRADA, ITALIA

2005

2

# BORGOCAPO, CASALINCONTRADA (CH), ITALIA, EUROPA

## SCHEDA INFORMATIVA

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Borgocapo |
| Categoria intervento: | Ristrutturazione ed ampliamento |
| Tipologia: | Residenza per turisti |
| Ubicazione: | Casalincontrada (CH), Abruzzo, Italia |
| Progettisti: | Stefania Giardinelli (architetto) |
| Committenti: | Gianfranco Conti, Stefania Giardinelli |
| Gestione del progetto: | G. Bollini,F.Giardinelli,R. Peeters,F. Renzetti,L. Secondo |
| Strutture: | ND |
| Impresa: | CER arl di Roccamontepiano (CH), autocostr. per il 30% |
| Sup. Coperta: | 247,00 mq |
| Cronologia: | 2004 Progetto, 2004-2005 Costruzione |
| Costo: | 200.000 euro |

Scheda A

tecnica costruttiva **massone**

# Edificio residenziale ····> tradizione e contemporaneità

## ASPETTI TECNOLOGICI

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
artigianale ● artigianale avanzato industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII XIX sec XX sec. ● XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
Tradizionale industrializzato ● mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto medio ● basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
alto ● medio basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
monolitica a telaio a pannelli portanti ● cellulare

Scheda B

*Il sito denominato Borgocapo, è situato nella media collina a ridosso della Maiella, caratterizzata dalla presenza di calanchi. La casa è una fra le 800 "case di terra" censite dalla Regione Abruzzo (LR 17/97) con lo scopo di avviare una concreta azione di tutela del patrimonio edilizio in terra cruda presente nella regione, attraverso l'elaborazione di una normativa per il recupero e la salvaguardia. Il progetto di ristrutturazione ed ampliamento si pone quindi in un ottica di salvaguardia, manutenzione e restauro, e nello stesso tempo di sperimentazione didattica.*

*Borgocapo è infatti la sede di un laboratorio per la diffusione delle tecniche costruttive in terra cruda. Il cantiere, nel suo essere esso stesso soggetto di varie attività di formazione, rivela il carattere sperimentale dell'intervento. Sperimentazione fatta anche sulla figura classica dell'architetto, che diviene un entità dinamica nel farsi progettista, proprietario, autocostruttore, muratore, docente e apprendista. L'edificio in terra esistente è stato trasformato in residenza temporanea a servizio delle attività del laboratorio. E' costituita da una struttura monolitica costruita con la tecnica del "massone", sovrapposizione di piccoli pani umidi di terra e paglia.*

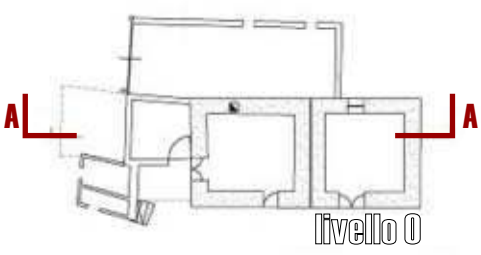
*L'edificio esistente constava di due moduli nei quali sono state riproposte tecniche originali e utilizzati materiali di recupero ottenuti dalla demolizione delle superfetazioni. La terra per i muri è stata scavata in loco.*

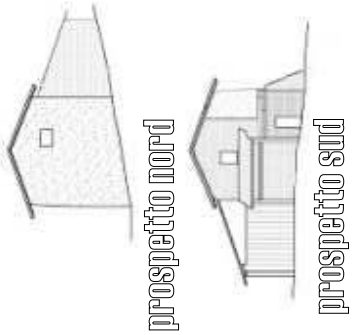
**tecnica artigianale_linguaggio contemporaneo**

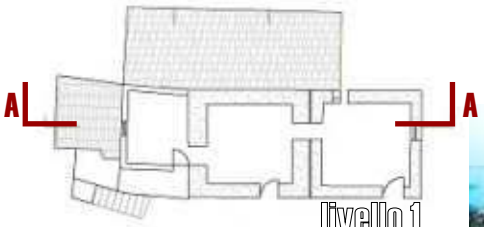
*L'idea progettuale parte dal semplice accostamento in linea di due nuovi moduli a quelli esistenti, e dall'inserimento di un loggiato, tipico in alcune di queste costruzioni, come elemento di collegamento dei moduli e dei due livelli. I due moduli esistenti rientrano nella tipologia strutturale cellulare, anche questa tipica delle costruzioni in terra cruda diffuse in tutta la regione; i due nuovi moduli accostati a questi prevedono una struttura portante a telaio in legno inglobata alla parete in terra cruda. Si sono sperimentate varie tecniche: l'adobe, mattoni in terra e paglia essiccati all'aria realizzati in cantiere, ma anche mattoni in terra e segatura trafilati, realizzati in collaborazione con una delle poche fornaci ancora attive in Abruzzo; il cob, tipo di massone messo in opera senza la realizzazione dei pani; la terra-paglia e le balle di paglia sono state utilizzate nelle parti di coronamento dell'edificio. L'intonaco in terra e calce riveste in parte i prospetti nord, est ed ovest; il basamento, i cantonali, e i montanti in legno del loggiato sono rivestiti con mattoni cotti e pietre.*

*La tecnica costruttiva del "massone" prevede la lavorazione di un impasto di terra e paglia con acqua ad ottenere un pane di terra messo in opera a fresco senza essere essiccato. Il materiale, nella lavorazione tradizionale, era quello scavato alla base della costruzione e impastato pestandolo in una buca dagli uomini o dagli animali. Il muro della casa era realizzato partendo direttamente dal terreno, senza fondazioni, ed era costruito seguendo un andamento ad anelli lungo tutto il perimetro della costruzione, con uno spessore di circa 80 cm. Dopo la realizzazione di ogni anello veniva dato un tempo per l'assestamento a cui seguiva, dopo la bagnatura dello strato superficiale, la realizzazione di quello successivo. Il muro finito era rastremato verso l'interno, con uno spessore variabile da 80-90 cm alla base fino a circa 50 cm al colmo.*

stato di fatto

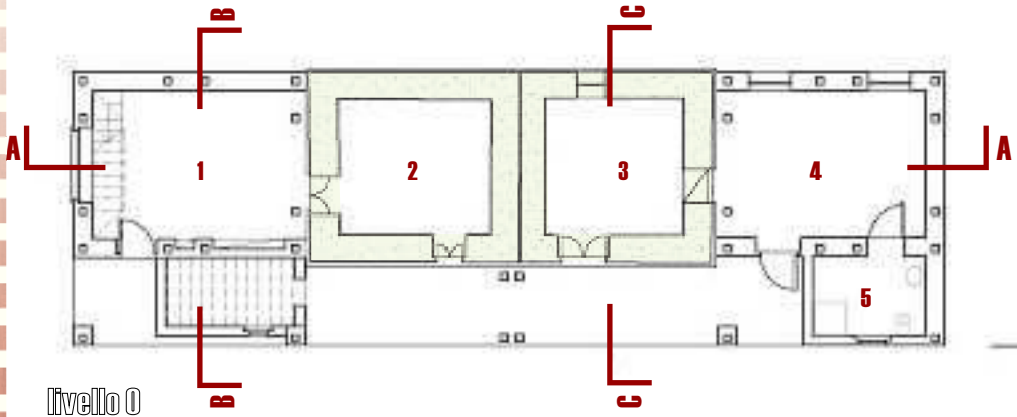


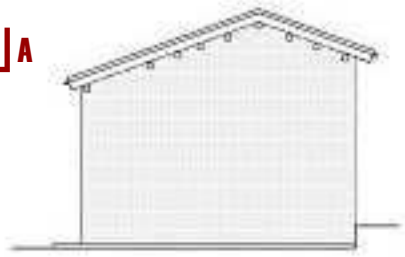



# PIANTE e PROSPETTI

1. Ingresso e Sala da pranzo; 2. Cucina; 3. Studio; 4. Camera da letto; 5. Bagno

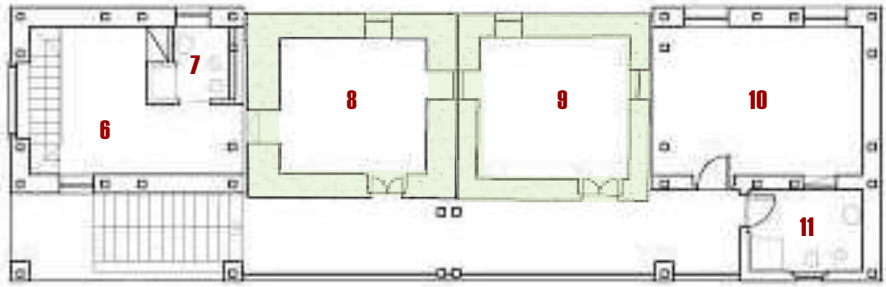



livello 0



prospetto nord

6. Studio; 7. Bagno e lavanderia; 8. 9. 10. Camere da letto; 11. Bagno

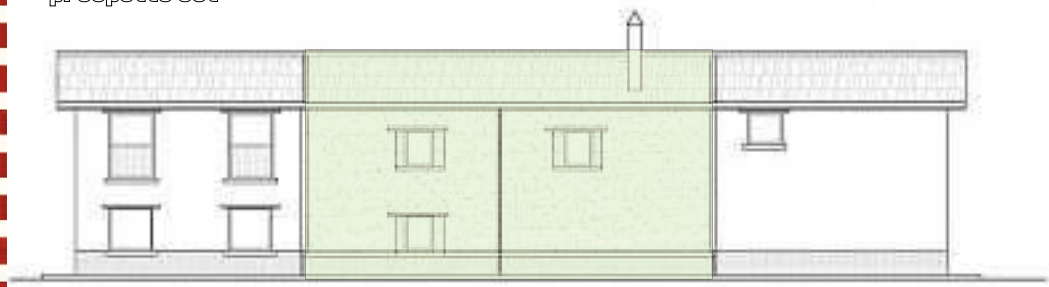



livello 1

prospetto sud

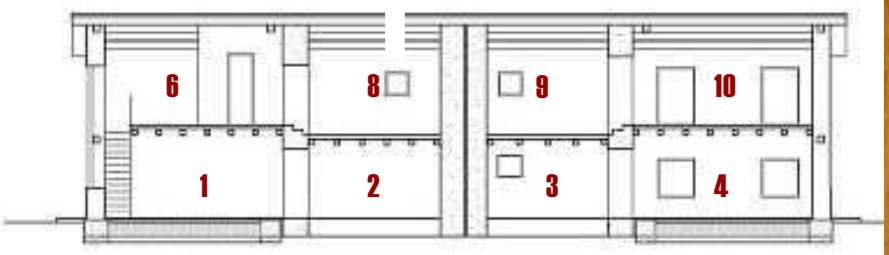
prospetto est

moduli originari

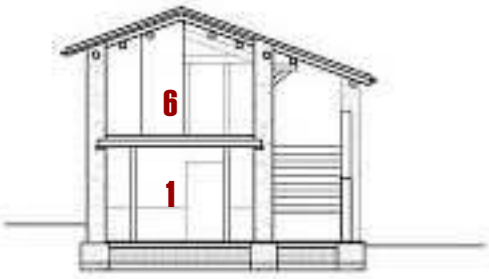


prospetto ovest

# SEZIONI




SEZIONE A-A




SEZIONE B-B

SEZIONE C-C

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

## Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è stata realizzata con travi rovesce in calcestruzzo armato.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è costituita nei due moduli originari, da muratura tradizionale in massoni di terra cruda e paglia; nei due nuovi moduli la struttura portante è in legno con tamponatura in terra cruda.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il primo orizzontamento è stato realizzato in terra battuta su vespaio in pietre.* |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali, sono sostanzialmente le strutture in elevazione: la muratura originaria in massoni è stata recuperata attraverso il reintegro dello spessore dilavato con massoni di terra e paglia; le nuove murature realizzate con getto in casseforme di impasto di terra e paglia.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale è realizzata con un solaio in legno di castagno, coibentazione in sughero e manto in coppi parzialmente recuperati.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali.* |
| | Partizione interna orizzontale | *I solai sono in legno di castagno con massetto di terra, paglia e sabbia e pavimentazione di finitura in cotto; nel loggiato la partizione orizzontale intermedia è costituita da un solaio con struttura portante in legno e pavimentazione in cotto.* |

## Scheda D

**INVOLUCRO**

- ● Facciata strutturale
- ● Facciata non strutturale
- Sistema di facciata in vetro
- Sistema di facciata in legno
- Sistema di facciata in calcestruzzo
- Sistema di facciata in plastica
- Sistema di facciata in laterizio
- Sistema di facciata in pietra naturale
- Sistema di facciata in alluminio
- ● Sistema di facciata in terra cruda

**Fattibilità costruttiva**

- Difficile
- ● Mediamente difficile
- Facile

**Trasporto delle materie prime e dei componenti**

- Lungo raggio (oltre i confini nazionali)
- ● Medio raggio (dentro i confini nazionali)
- ● In loco

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

## Scheda E.1

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | | ● | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | | ● | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | | ● | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | ● | | |
| | Manutenibilità | ● | | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | | ● | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | ● | | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | |
| Demolibilità | | ● | |
| Recuperabilità | ● | | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | ● | | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | | ● |
| | Collettori solari | | ● |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | | ● |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | ● | |
| | Pannelli radianti | ● | |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | ● | |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | | ● |

| | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | ● | | |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Mediamente difficile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 21 | 6 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

2 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

Condizionamento: invernale estivo

1 /3

Gestione delle acque

Impianto elettrico: Rete pubblica

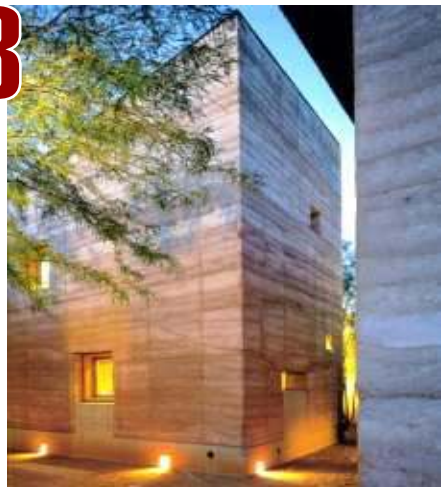
## BIBLIOGRAFIA

Gianfranco Conti, a cura di, Viaggio nella terra cruda in Italia, Chieti, 2004.
Stefania Giardinelli, Tavole del progetto, Casalincontrada (CH), 2005, in www.borgocapo.it
www.casediterra.it
Foto dell'autore
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

# CONVENT AVENUE HOUSES

Rick Joy
TUCSON, ARIZONA, USA
1997

3



# CONVENT AVENUE HOUSES, TUCSON, ARIZONA, USA

## SCHEDA INFORMATIVA

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Convent Avenue Houses |
| Categoria intervento: | Ristrutturazione, nuova costruzione |
| Tipologia: | Case unifamiliari |
| Ubicazione: | Tucson, Arizona |
| Progettisti: | Rick Joy |
| Committente: | Privato |
| Gestione del progetto: | Rick Joy |
| Strutture: | Rick Joy |
| Impresa: | N.D. |
| Sup. Coperta: | 250,00 mq |
| Cronologia: | 1995 Progetto, 1997 Costruzione |
| Costo: | N.D. |

Scheda A

tecnica costruttiva terra battuta

# Edificio residenziale → tradizione e contemporaneità

## ASPETTI TECNOLOGICI

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
artigianale ● artigianale avanzato industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec ● XX sec. XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
Tradizionale industrializzato ● mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto medio ● basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
● alto medio basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
● monolitica a telaio a pannelli portanti cellulare

Scheda B

*Quest'opera dell' architetto statunitense Rick Joy sorge nel quartiere storico della città di Tucson, nello stato nord'americano dell'Arizona. Tucson fu fondata dagli spagnoli verso la fine del XVI secolo. Questa come altre città della regione fu costruita con la terra, adoperando diverse tecniche tra cui il pisé e l'adobe. Tecniche che i conquistadores conoscevano molto bene. Il complesso di edifici realizzato da Joy si colloca nel bel mezzo del tessuto urbano del centro storico della città, li dove da alcuni anni è in atto un'operazione di ripristino degli antichi edifici in terra cruda. Joy prende spunto dalle tecniche in uso in questa zona, ne perfeziona l'applicazione e l'adegua a forme architettoniche completamente diverse dalla tradizione, molto più vicine al moderno stile di vita. Operazione che egli definisce "modernismo organico". Il lotto su cui sorge il complesso è largo solo 12 metri e lungo circa 72, e si affaccia su entrambe le strade che delimitano l'isolato.*

*All'interno del lotto sono stati inseriti tre edifici di pianta trapezoidale di 93 metri quadri l'uno, disposti, molto ingegnosamente, in modo da non apparire ripetitivi e creando, grazie agli accorti "slittamenti" aree di privacy e di illuminazione altrimenti impensabili.*
*Ogni appartamento poggia su un basamento in cemento armato molto robusto, in grado di reggere le 200 tonnellate di peso della struttura portante in terra compressa (pisé). Joy aggiunge piccole quantità di pigmento naturale di colore rosso alle terre locali per sopperire all' "inconveniente" causato dal colore grigiastro che le caratterizza.*
*Le facce interne delle pareti sono state rifinite con un sigillante naturale di colore chiaro, con lo scopo di evitare il fenomeno dello "spolverio", mentre quelle esterne sono rimaste grezze.*
*Spesso gli edifici in terra presentano dei punti critici di deterioramento in coincidenza con i davanzali delle finestre; a questo proposito Joy adopera come accorgimento l'innalzamento delle fondazioni fino alla soglia inferiore di alcune finestre.*
*Contrariamente a quanto spesso consigliato per le costruzioni in terra cruda, è da notare che in questi edifici, la copertura, sporge dai muri solo pochi centimetri; ciò è giustificato dalle caratteristiche climatiche della regione, dove le precipitazioni sono scarse, le giornate molto calde e le notti molto fredde.*

*Diversamente da altre operazioni di ricostruzione e di ristrutturazione in atto nel quartiere, Joy non ha creato delle pure copie alla moda di tipologie preesistenti.*

tecnica artigianale_linguaggio moderno

*Ha analizzato queste strutture per capire quali caratteristiche progettuali le rendano così efficaci nelle severe condizioni climatiche di Tucson, e ha esplorato alternative rispettose dell'ambiente, alla costruzione in mattoni crudi che richiede frequenti rinnovamenti della superficie, di costo proibitivo.*

*In questi studi, come in parecchi progetti recenti, Joy ha adottato muri portanti di "terra battuta", tecnica non nuova a Tucson. Il materiale è stato usato senza rinforzo in numerose abitazioni. Materiale meno primitivo di quanto il nome non faccia pensare, la terra battuta oggi è oggetto di un'accurata preparazione tecnica. E composta di terra scelta (priva di argille idrofile) mescolata nella misura del 3 % con cemento portland. In questo caso sono state aggiunte piccole quantità di pigmento rossastro per ottenere una colorazione più calda della superficie. All'interno le pareti sono intonacate con un sigillante chiaro in modo che non ci sia spolverio, gli esterni sono lasciati grezzi. Agli altri materiali murari del sito è stato applicato un codice-colore nettamente definito: le vecchie pareti di mattoni crudi sono dipinte di bianco e i nuovi muri in blocchi di cemento stuccati che definiscono gli spazi esterni sono dipinti di verde vivo.*

*Le pareti spesse 46 centimetri si sono rivelate in questo clima un isolante ideale: il calore solare assorbito durante il giorno non viene irradiato all'interno se non dopo il tramonto, quando addolcisce la notte del deserto, spesso gelida. Per il comfort nel caldo estremo dell'estate di Tucson ogni abitazione è dotata di un sistema d'aria condizionata progettato per soddisfare le esigenze dei materiali sensibili all'umidità.*

*Joy ha abbattuto al massimo i costi di formatura realizzando tre corpi identici, il che è stato abilmente mascherato ruotandone e inclinandone i volumi sul sito. Le aperture nelle pareti sono state limitate al minimo indispensabile. Gli interni delle unità abitative, di 93 metri quadrati, sembrano più spaziosi delle loro dimensioni reali. Ai capi dell'asse minore gli spazi della zona letto-bagno si estendono sopra una zona cucina-pranzo, lasciando disponibile un volume generoso e ben illuminato per il soggiorno-studio. Le singole unità inoltre sono fornite, a uso dei residenti, di una lavanderia-magazzino comune posta sul retro del sito. Accanto a essa è prevista la costruzione di una quarta, più grande abitazione-studio.*

"modernismo organico"

forme architettoniche adeguate al moderno stile di vita

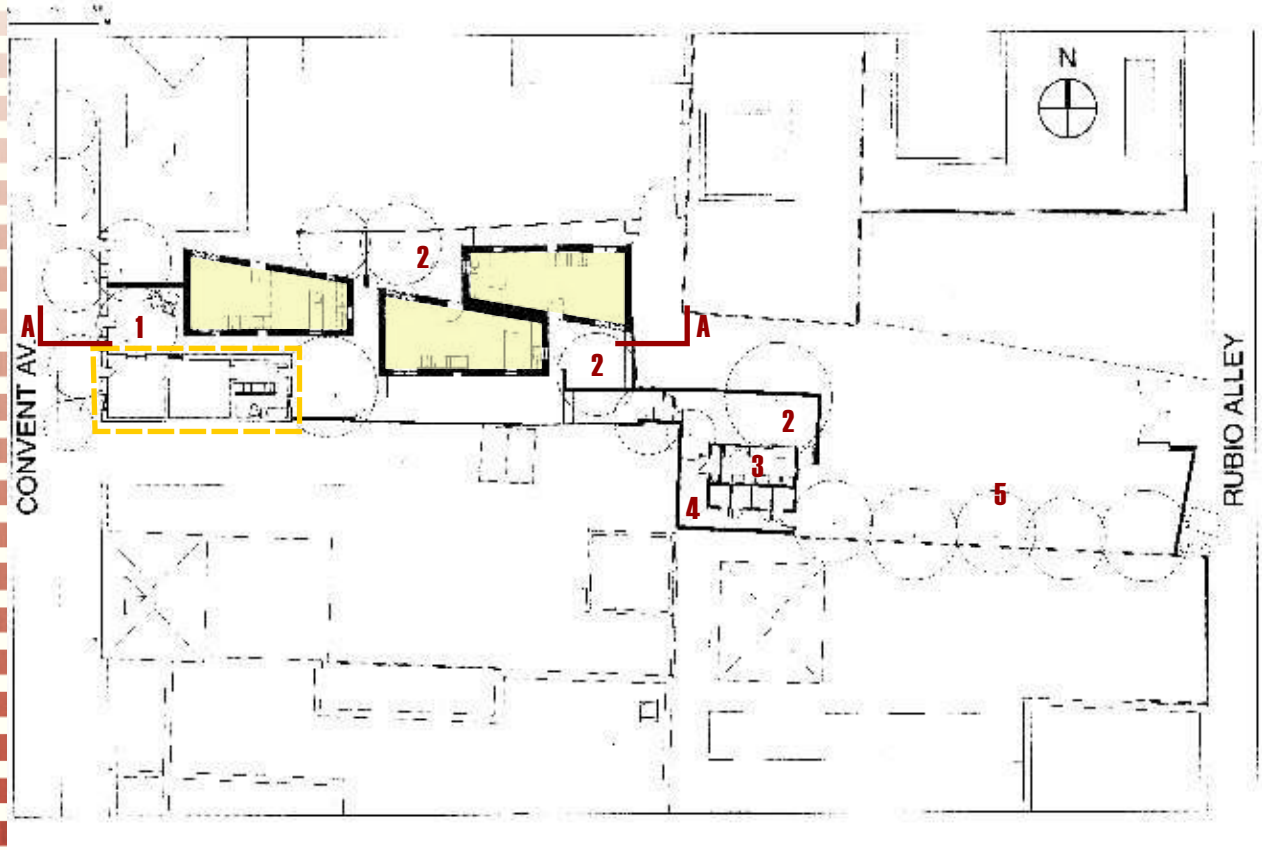
tecniche tradizionali perfezionate nell'applicazione

*Avvicinandosi dalla strada ai Convent Avenue Studios si attraversa una vecchia parete di mattoni crudi, unico resto di una coppia di case a schiera cadute in rovina. Al confine meridionale del sito una casa a schiera superstite è stata ristrutturata come parte del progetto. Oltre la parete che dà sulla strada lo schema costruttivo tradizionale del quartiere è stato sostituito con elementi nuovi e originali, e tuttavia di gusto spiccatamente locale. Non si entra in un edificio ma in una serie di spazi aperti di scala variabile, delimitati da piani lievemente angolati rispetto al percorso. Le aree aperte irregolari che ne risultano sono occupate da robuste piante del deserto, le cui nude forme proiettano curiose ombre sulle pareti: la vista dalle finestre dello studio principale è costituita da artistiche figurazioni di vegetazione contro le pareti.*

*Con questi studi Joy ha dato una soluzione efficace al tema dell'edificazione dei siti urbani in climi caldi e aridi. I suoi studi offrono livelli di privacy, luce naturale e spazi esterni individuali che il tradizionale schema delle case a schiera con cortile non garantisce.*

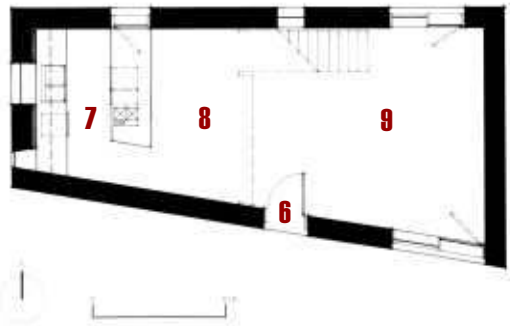
# PIANTE

1. Ingresso al cortile; 2. Cortili; 3.Lavanderia; 4.Deposito; 5.Parcheggio

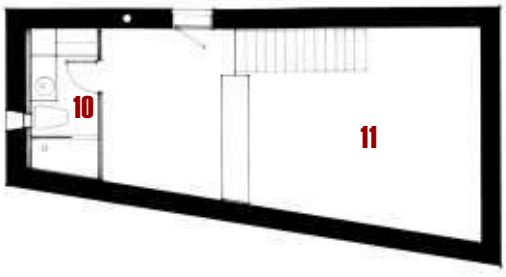



planimetria generale  casa esistente restaurata  nuove residenze

6.Ingresso; 7. Cucina; 8. Zona pranzo; 9.Soggiorno; 10.Bagno; 11.Zona notte




livello 1




livello 2 (soppalco)

# SEZIONE

SEZIONE A-A

# DETTAGLI

**COPERTURA:**
manto di copertura in acciaio grecato;

**MURI:**
portanti in terra battuta (pisè), composta di terra scelta (priva di argille idrofile) mescolata con cemento portland (3%); in aggiunta piccole quantità di pigmento rossastro per ottenere una colorazione più calda delle superfici; spessore 46 cm;

**RIFINITURE:**
grezza sulla parte esterna; all'interno le pareti sono rifinite con un sigillante naturale di colore chiaro, allo scopo di evitare il fenomeno dello spolverio;

**APERTURE:**
per evitare la penetrazione dell'acqua sotto le finestre le fondazioni di cemento sono state estese verso l'alto in modo da formare davanzali per la maggior parte delle aperture;

**FONDAZIONI:**
di cemento massicce e fortemente armate.

# CONVENT AVENUE HOUSE, TUCSON, ARIZONA, USA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

## Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è costituita da una platea in calcestruzzo armato.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è monolitica, realizzata con muri portanti in terra battuta additivata a cemento portland.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il primo orizzontamento è stato realizzato in terra battuta.* |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali, sono sostanzialmente le strutture in elevazione, quindi sono muri in terra battuta dello spessore di 46 cm.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale è realizzata con un solaio in legno a travi accostate, a falda unica, manto di copertura in acciaio grecato.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono assenti, le uniche esistenti sono in legno.* |
| | Partizione interna orizzontale | *Il soppalco è in legno a travi accostate, così come quello di copertura.* |

## Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | ● Facciata strutturale |
| | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| | ● Sistema di facciata in terra cruda |

| | |
|---|---|
| Fattibilità costruttiva | ● Difficile |
| | Mediamente difficile |
| | Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | Lungo raggio (oltre i confini nazionali) |
| | Medio raggio (dentro i confini nazionali) |
| | ● In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

## Scheda E.1

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | ● | | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | | ● | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | | ● | |
| | Manutenibilità | | ● | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | | ● | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | | ● | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | | ● | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | |
| Demolibilità | | ● | |
| Recuperabilità | ● | | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | | ● | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | | ● | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | | ● |
| | Collettori solari | | ● |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | | ● |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | | ● |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | ● | |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | ● | |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | | ● |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | | ● |

| | | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | ● | | |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Difficile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 18 | 9 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 7 | 1 | 0 |

Aspetti generali

1 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

| | invernale | estivo |
|---|---|---|
| Condizionamento | | |

0 /3

Gestione delle acque

Rete pubblica

Impianto elettrico

## BIBLIOGRAFIA

Rick Joy, Juhani Pallasmaa, "Desert houses", Graham Fondation/Princeton Architectural Press, New York, 2002
Dixon Morris John, "Rick Joy Residence Convent Avenue di Tucson, Arizona",in Domus n.796, Milano, Editoriale Domus, settembre 1997
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

# HOMEmade

## Anna Heringer

## RUDRAPUR, BANGLADESH

## 2008

4

# HOMEmade, RUDRAPUR, BANGLADESH

**SCHEDA INFORMATIVA**

| | |
|---|---|
| Denominazione: | HOMEmade - family houses |
| Categoria intervento: | Ampliamento e nuova costruzione |
| Tipologia: | Case unifamiliari |
| Ubicazione: | Rudrapur, Vishnupur (distretto di Dinajpur, Bangladesh) |
| Progettisti: | Anna Heringer e Paolo Ch. Tigga |
| Committente: | Privati, sig. ri Shepal, Rahini, Hemonto |
| Gestione del progetto: | Anna Heringer con Dipshikha (Non-formal Education Training and Research Society for Village Development) |
| Strutture: | Stefan Neumann |
| Impresa: | Studenti del workshop, lavoratori edili e artigiani locali |
| Sup. Coperta: | circa 45 mq |
| Cronologia: | settembre 2007 - aprile 2008 |
| Costo: | ND |

Scheda A

tecnica costruttiva terra paglia

## Edifici residenziali ····> tradizione e modernità

**ASPETTI TECNOLOGICI**

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
● artigianale  artigianale avanzato  industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec  XX sec.  ●XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
● Tradizionale  industrializzato  mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso  sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto  medio  ●basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
● alto  medio  basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
●monolitica  a telaio  a pannelli portanti  cellulare

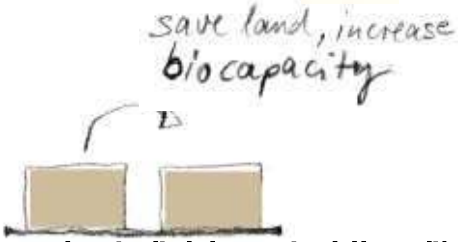
Scheda B

*Queste tre case per famiglie sono il risultato di un workshop per studenti e giovani architetti condotti in una remota zona rurale del Bangladesh: otto studenti dell'Università BRAC di Dhaka (Bangladesh) e cinque studenti dell'Università d'Arte di Linz.*
*Lo studio di progettazione BASEhabitat (Austria), ritorna in un villaggio piccolo e remoto nel nord del Bangladsh, Rudrapur, per continuare ciò che aveva iniziato con la Handmade METI-School: lavorare insieme con la popolazione locale su un modello per un'architettura sostenibile e moderna, in un processo dinamico. L'obiettivo del progetto HOMEmade è quello di migliorare le condizioni di vita della popolazione locale e di rafforzare l'identità nazionale, pur mantenendo l'attuale elevato livello di sostenibilità per quanto riguarda la costruzione di case. Questo si realizza attraverso la costruzione di tre case per famiglie a basso reddito in un villaggio progettato da giovani architetti locali e costruito da artigiani locali formati sulle tecniche di lavorazione moderna della terra e sulle tecniche di costruzione in bambù. L'aspettativa è che i giovani architetti siano in grado di trasportare le loro conoscenze e competenze alle regioni del Bangladesh e che i lavoratori qualificati sappiano utilizzare le proprie competenze per costruire altre case di terra moderne nelle altre regioni.*
*Poiché il budget e i materiali disponibili erano limitati, i progettisti sono stati costretti a concentrarsi sulle esigenze di base dei clienti (gli abitanti del villaggio) e creare dei progetti intelligenti capaci di sfruttare le risorse esistenti; questo in qualche modo li spinge a nuovi livelli - anche in senso letterale - realizzando edifici di due piani in terra e morfologicamente accessibili alla popolazione rurale. L'architettura risultante riflette una purezza di forme e materiali. In questo modo gli edifici di terra del Bangladesh diventano una buona metafora per l'architettura nel suo complesso, poiché le qualità di una grande architettura non sono immaginazione e materiali di fantasia, ma umiltà, sensibilità e coraggio. Forse invece di concentrarsi sulla creazione di "star architecture" e strutture da urlo, dovremmo cercare di creare edifici che si armonizzano con l'ambiente e servire i bisogni della gente.*
*Il progetto HOMEmade è sostenibile per due motivi principali: primo, è costruito con materiali disponibili, locali (terra e bambù), risorse rinnovabili. In secondo luogo, permette di risparmiare terra per l'agricoltura con la costruzione di edifici a due piani invece di un solo piano.*
*Circa il 75% dei 147 milioni di bengalesi vivono in villaggi, soprattutto in argilla o in*

*case di bambù. Anche se questi materiali da costruzione tradizionali sono altamente sostenibili, gli abitanti hanno un crescente desiderio di costruire case di mattoni, cemento e lamiera ondulata. Questa tendenza potrebbe avere un grave impatto sull'ambiente; la fabbricazione di questi materiali richiede infatti molta energia e produce emissioni nocive.*
*Il Bangladesh è uno dei paesi più densamente popolati al mondo, circa 1.045 persone per chilometro quadrato. Ogni anno sempre più terreno agricolo è perso con lo sviluppo residenziale. Se i bengalesi delle aree rurali (circa 110 milioni di persone) cominciano a vivere in strutture a due piani, molta più terra sarebbe disponibile per l'agricoltura. Questo contribuirebbe a ridurre alcuni dei problemi di carenza di cibo che il paese sta attualmente affrontando.*
*"Quello che spero è di riuscire ad impostare uno stile architettonico regionale che spinga le persone ad utilizzare i loro metodi di costruzione tradizionali in un'architettura contemporanea moderna. Credo che l'architettura, se usata saggiamente, abbia la capacità di contribuire in misura significativa allo sviluppo di un equilibrio ecologico in Bangladesh, così come l'indipendenza economica e spero di poter facilitare un processo di auto-scoperta e identificazione in architettura e cultura."(A.Heringer)*
*Tutte e tre le case famiglia sono conformi allo stile di vita tradizionale delle famiglie contemporanee a basso reddito che vivono nelle zone rurali, ma hanno introdotto caratteristiche progettuali o costruttive che consentono di migliorare comfort, sicurezza, durata, e privacy.Come nella tradizionale architettura vernacolare del Bangladesh, la cucina e il bagno sono ancora alloggiati in strutture separate. I nuovi edifici hanno però due piani, che raddoppiano la zona giorno della famiglia, pur mantenendo lo stesso ingombro dell'edificio. La superficie di terra risparmiata dall'aggiunta del secondo piano può essere utilizzata come un piccolo giardino. Il secondo piano offre una nuova esperienza di vista e privacy, rimanendo collegato al resto della famiglia.*
*La massa termica del tetto, l'isolamento in fibra di cocco, le finestre di vetro, e le aperture progettate per la ventilazione trasversale assicurano che la temperatura interna sia confortevole tutto l'anno. La maggior parte delle attuali case di terra del Bangladesh sono troppo fredde in inverno perché l'aria fredda entra attraverso le aperture e l'aria calda esce attraverso il tetto. Sono anche troppo calde in estate, perché i tetti in lamiera privi di isolamento, si riscaldano velocemente e la scarsa ventilazione interna non permette all'aria calda di fuoriuscire. Le nuove tecnologie costruttive consentono anche di aumentare in maniera significativa la durata delle case di terra tradizionali. I materiali locali sono stati utilizzati anche in maniera più radicale, al fine di ridurre i costi: le fondazioni sono costituite da una platea sottile in cemento armato e da uno strato impermeabile per impedire ai parassiti di rintanarsi negli edifici e all'umidità di infiltrarsi dal terreno nelle pareti. Piccoli pezzi di bambù in posizione strategica sulle pareti esterne interrompono il flusso delle piogge per prevenirne l'erosione. La paglia mescolata con la terra aumenta la coesione e la forza del muro. Invece di corde di nylon come nella Meti-School, sono state utilizzate corde in fibra di cocco e tasselli di bambù anziché in acciaio, ovunque fosse possibile. La ricerca e la pianificazione è stata effettuata di pari passo con la costruzione degli edifici, un continuo processo dinamico e flessibile. Progettazioni e disegni architettonici in stile classico non esistono. I dettagli sono stati sviluppati in loco, argilla e album da disegno sono stati i mezzi di comunicazione.*

tecniche appropriate di autosufficienza

usare le potenzialità locali



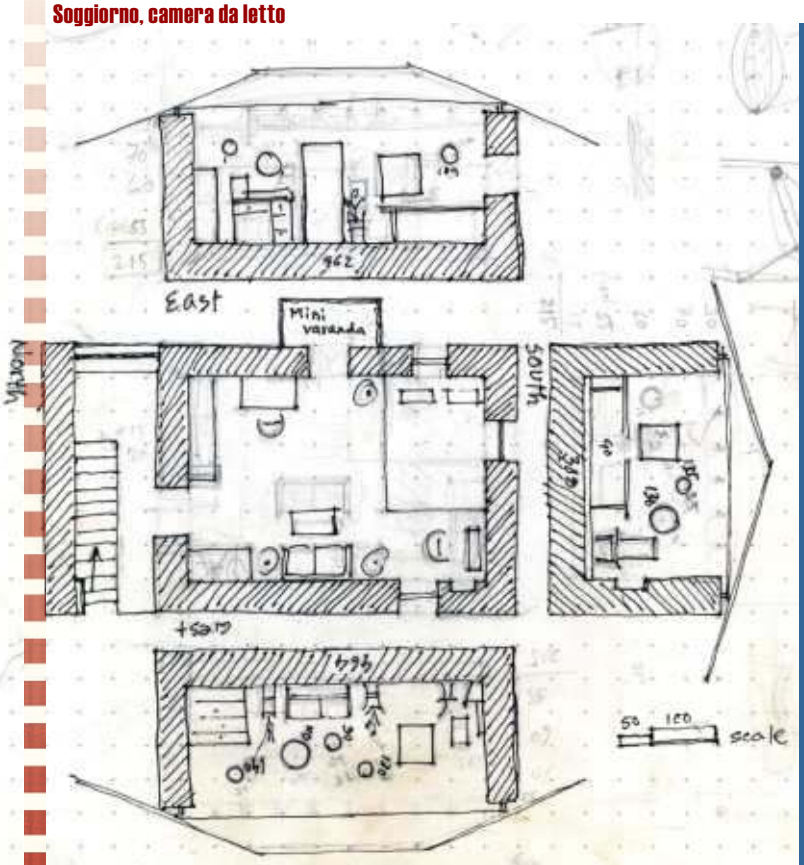
salvare territorio, incrementare la biocapacità

minimizzare la grey energy nelle costruzioni

strategie progettuali

# PIANTE

Soggiorno, camera da letto




livello 1

Prospetto Ovest

Prospetto Est

Casa Shepal

# DETTAGLI

Casa Rahini

**COPERTURA:**
il manto di copertura, costituito da lamiera ondulata, poggia sulla parte superiore della struttura di copertura e funge da cappello;
**SOLAIO DI COPERTURA:**
costituito da un doppio strato di travi di bambù disposte perpendicolarmente l'uno all'altro e saldamente ancorate alle pareti sottostanti,isolamento in fibra di cocco;
**SOLAIO INTERMEDIO:**
costituito da un doppio strato di terra-paglia con tavole di bambù disposte nello strato intermedio;
**SCHERMATURE:**
Una schermatura di bambù intrecciato corre lungo il perimetro dell'edificio e fornirà una protezione verde per coprire la superficie di terra dei muri contro la pioggia battente;
**AERAZIONE:**
aperture progettate per la ventilazione trasversale munite di griglie in terracotta realizzate a mano;
**MURI:**
terra paglia accumulata a strati. Una volta essicata, la superficie delle pareti di terra viene tagliata e resa piatta con una vanga affilata.
**RIFINITURE:**
terra lasciata grezza sulla parte esterna,piccoli pezzi di bambù in posizione strategica interrompono il flusso delle piogge per prevenirne l'erosione;
sulla parte interna dei muri intonaco di argilla di colore chiaro ;
**PAVIMENTI:**
terra paglia battuta;
**FONDAZIONI:**
sono costituite da una platea sottile in cemento armato e da uno strato impermeabile per impedire ai parassiti di rintanarsi negli edifici e all'umidità di infiltrarsi dal terreno nelle pareti.

# PIANTE

1. Casa dei nonni; 2. Cucina; 3. Casa dei vicini; 4. Bagno;
5. Soggiorno e magazzino; 6. Veranda.

livello 0 nuovo progetto (livello 1) edifici esistenti

Prospetto Ovest

Prospetto Est

Veduta del complesso da Est

Stato di fatto

Prospetto Sud

Casa Hemonto

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

# Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è costituita da una platea sottile in cemento armato e da uno strato impermeabile.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è monolitica, realizzata con muri portanti in terra paglia.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il primo orizzontamento è stato realizzato in terra paglia battuta.* |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali, sono sostanzialmente le strutture di elevazione, quindi sono muri in terra paglia stratificata e, una volta essiccata, la superficie esterna dei muri è tagliata e resa piatta con una vanga affilata .* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale è realizzata con un solaio a doppio strato di travi di bambù disposte perpendicolarmente, isolamento in fibra di cocco, manto di copertura in lamiera ondulata.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali.* |
| | Partizione interna orizzontale | *Il solaio intermedio è stato realizzato con un doppio strato di terra paglia con tavole di bambù disposte nello strato intermedio.* |

# Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| ● | Facciata strutturale |
| | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| ● | Sistema di facciata in terra cruda |

| Fattibilità costruttiva | |
|---|---|
| | Difficile |
| | Mediamente difficile |
| ● | Facile |

| Trasporto delle materie prime e dei componenti | |
|---|---|
| | Lungo raggio (oltre i confini nazionali) |
| | Medio raggio (dentro i confini nazionali) |
| ● | In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

# Scheda E.1

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | ● | | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | | ● | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | ● | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | | ● | |
| | Manutenibilità | ● | | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | | ● | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | | ● | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | ● | | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | |
| Demolibilità | ● | | |
| Recuperabilità | ● | | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | | ● | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | | ● | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | ● | |
| | Collettori solari | | ● |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | ● | |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | ● | |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | | ● |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | | ● |

| | | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | | ● | |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Facile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 21 | 6 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| | alto | medio | basso |
|---|---|---|---|
| Aspetti generali | 7 | 1 | 0 |

3 /10 Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

| Condizionamento | Gestione delle acque | Impianto elettrico |
|---|---|---|
| invernale estivo | 0 /3 | Fotovoltaico collegato alla rete |

## BIBLIOGRAFIA

Anna Heringer, "HOMEmade - family houses in Bangladesh", in www.anna-heringer.com
Foto di Tanmay Chakrabarty, Alexandra Grill, Imrul Kayes, B.K.S. Inan, Gazi Fazle Rahim, Martin Rauch
Schizzi di Anna Heringer, Imrul Kayes, Anna Wolf
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

5.3 | CASI STUDIO

# DOMAINE DE LA TERRE HOUSES (ISOLATO F)

## Jourda & Perraudin Partenaires

## VILLEFONTAINE, FRANCIA,

## 1985

5

# DOMAINE DE LA TERRE HOUSES (ISOLATO F), VILLEFONTAINE, FRANCIA, EUROPA

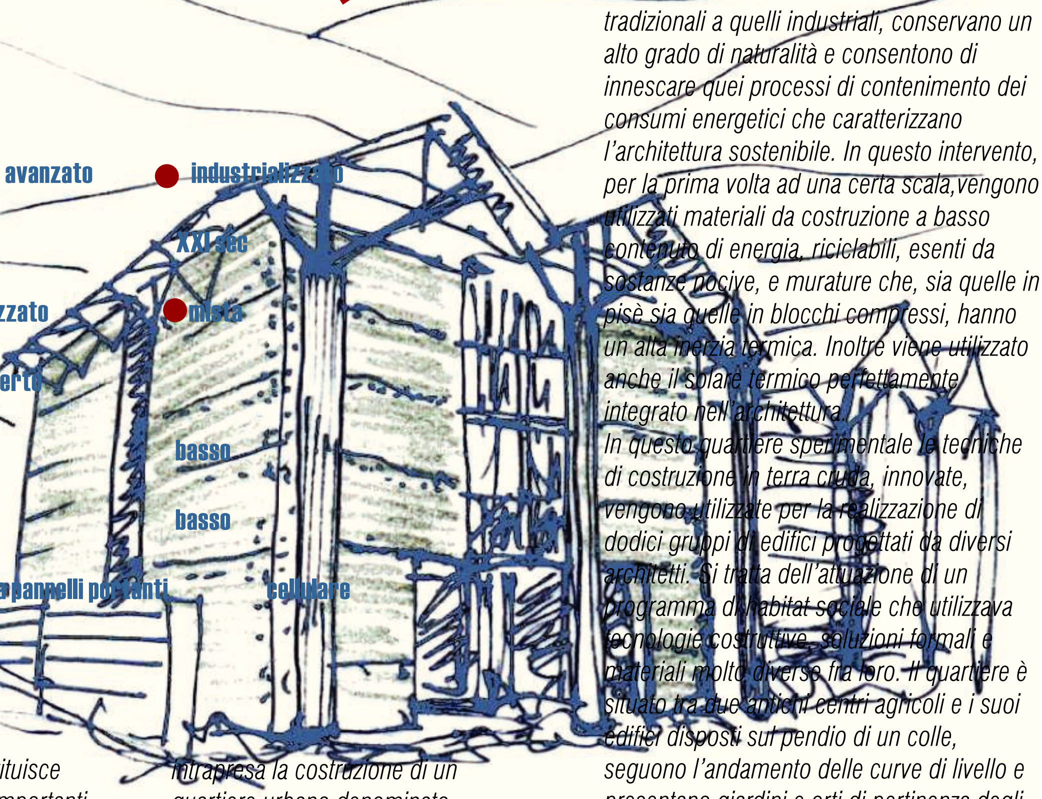
**SCHEDA INFORMATIVA**

- **Denominazione:** Domaine de La terre Houses (isolato F)
- **Categoria intervento:** Nuova costruzione, ristrutturazione
- **Tipologia:** Residenziale
- **Ubicazione:** Ville Fontaine, Francia
- **Progettisti:** Françoise Jourda e Gilles Perraudin
- **Committente:** Ministère del l'Urbanisme et du Logement
- **Gestione del progetto:** Françoise Jourda e Gilles Perraudin
- **Strutture:** ND
- **Impresa:** ND
- **Sup. Coperta:** 400,00 mq
- **Cronologia:** 1984 Progetto, 1985 Costruzione
- **Costo:** ND

**Scheda A**

**tecnica costruttiva** terra battuta

## Isolato urbano ·················> edilizia convenzionata



**ASPETTI TECNOLOGICI**

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
artigianale | artigianale avanzato | ● industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec | ● XX sec. | XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
tradizionale | industrializzato | ● mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso | sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto | ● medio | basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
● alto | medio | basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
● monolitica | ● a telaio | a pannelli portanti | cellulare

**Scheda B**

*La regione Rodano-Alpi costituisce una delle aree europee più importanti di diffusione del patrimonio architettonico in terra cruda, materiale utilizzato da secoli in numerose altre regioni della Francia. Prevalentemente si tratta di fattorie realizzate in pisè, testimonianza di un'antica tradizione costruttiva i cui segni sono ancora visibili sia nel paesaggio rurale che in quello urbano dei piccoli centri. In questa regione, non molto distante da Lione, tra il 1981 e il 1985 nella ville nouvelle di Isle d'Abeau, viene intrapresa la costruzione di un quartiere urbano denominato "Domaine de la Terre", intervento pilota fra i più significativi dell'ultimo ventennio sul fronte del rinnovamento delle tecnologie costruttive con l'uso della terra cruda.*

*Il programma di cui fa parte il progetto di questo piccolo quartiere, per certi versi pionieristico, è interessante anche dal punto di vista degli aspetti energetico-ambientali, infatti le tecniche costruttive impiegate, nel passaggio dai modi di produzione tradizionali a quelli industriali, conservano un alto grado di naturalità e consentono di innescare quei processi di contenimento dei consumi energetici che caratterizzano l'architettura sostenibile. In questo intervento, per la prima volta ad una certa scala,vengono utilizzati materiali da costruzione a basso contenuto di energia, riciclabili, esenti da sostanze nocive, e murature che, sia quelle in pisè sia quelle in blocchi compressi, hanno un alta inerzia termica. Inoltre viene utilizzato anche il solare termico perfettamente integrato nell'architettura.*

*In questo quartiere sperimentale le tecniche di costruzione in terra cruda, innovate, vengono utilizzate per la realizzazione di dodici gruppi di edifici progettati da diversi architetti. Si tratta dell'attuazione di un programma di habitat sociale che utilizzava tecnologie costruttive, soluzioni formali e materiali molto diverse fra loro. Il quartiere è situato tra due antichi centri agricoli e i suoi edifici disposti sul pendio di un colle, seguono l'andamento delle curve di livello e presentano giardini e orti di pertinenza degli alloggi, circondati da una quota consistente di verde pubblico.*

*Nel 1982, dopo ricerche e test condotti dalla Facoltà di Architettura di Grenoble, durati quindici anni, con lo scopo di migliorare le tecniche costruttive in terra cruda, il ministero francese dei lavori pubblici bandisce il Concorso di progettazione su ciascuno dei 12 isolati del complesso con i seguenti obiettivi: a) riscoprire un materiale energeticamente economico, in particolare nella fase di costruzione e di gestione; b) rinnovare un*

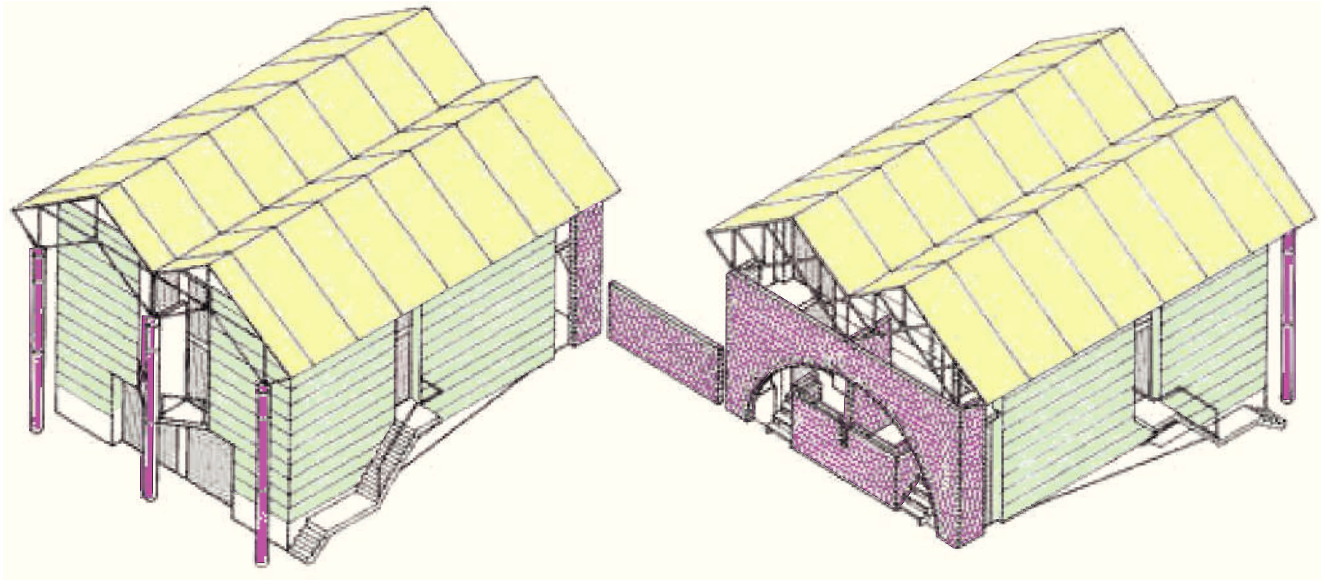
*passato storico regionale; c) riscoprire tecniche suscettibili di essere utilizzate in luoghi diversi. I vincitori del concorso procederanno poi alla redazione dei progetti definitivi e, dopo le procedure di appalto, anche alla esecuzione dei lavori di costruzione degli edifici.*
*L'isolato F è un gruppo di quattro abitazioni suddivise in due corpi separati da un cortile e distribuiti su tre livelli; presentano su un fronte sei colonne in cemento che sostengono la copertura trasparente; la funzione portante dei solai di copertura è affidata invece ai muri in terra battuta non stabilizzata, spessi 50 cm. Gli spazi di vita, al di sotto della superficie protettiva del tetto in policarbonato, al riparo del colonnato lungo la strada, sullo spessore delle terrazze con vista sul giardino, sono estensioni naturali per la casa, diventano spazi "stagionali" abitabili quando le condizioni climatiche sono sfavorevoli; il principio è quello della matrioska, la bambola russa.*
*La struttura del tetto della casa copre i muri di terra, proteggendoli, inoltre consente all'energia solare di essere raccolta attraverso pannelli fotosensibili. In estate un termostato comanda un semplice sistema di ventilatori connessi ad un sistema di aerazione sottotetto.*
*Il progetto è stato curato dagli architetti Françoise Jourda & Gilles Perraudin di Lione finanziato dal Ministère de l'Urbanisme et du Logement. Ognuna delle quattro abitazioni è larga 4 metri e profonda circa 10. Al pian terreno trovano posto il garage e la cantina, mentre al primo livello, da cui si accede alla casa attraverso una scaletta esterna, si trovano la cucina, il soggiorno e la sala da pranzo. Nel secondo livello trovano posto il bagno e le due camere da letto.*
*Oltre ad essere un esempio di architettura in terra, questo edificio è stato progettato per offrire un ottimo livello di confort termico. L'obiettivo è stato raggiunto sia grazie alla distribuzione interna degli spazi e alla loro esposizione (nord ovest-sud est), sia alla notevole inerzia termica degli spessi muri in pisé. Inoltre questa proprietà fa sì che il calore assorbito dalla parete si distribuisca all'interno con un notevole sfasamento orario; fenomeno molto evidente nei climi dove c'è una forte escursione termica tra il giorno e la notte. Qui il calore accumulato durante il giorno viene rilasciato nelle ore notturne e alla mattina la parete è di nuovo fresca.*
*Nonostante suscitarono qualche perplessità alcuni accostamenti dei materiali, e le diverse soluzioni formali e tecniche adottate in alcuni edifici, il disegno della trama insediativa e la ricerca tipologica evitarono quelle rigidità che spesso affliggevano i quartieri sperimentali realizzati in edilizia sostenibile in Europa in quegli anni. Il giudizio complessivo non poté che essere positivo e l'operazione si disse perfettamente riuscita: il "Domaine de la Terre" superò egregiamente anche la prova del tempo, coniugando abbastanza bene gli aspetti sociali, ambientali ed economici, e contribuì a realizzare condizioni di vita migliori per gli abitanti.*

muri in terra battuta

elementi in calcestruzzo (colonne, parete d'accesso)

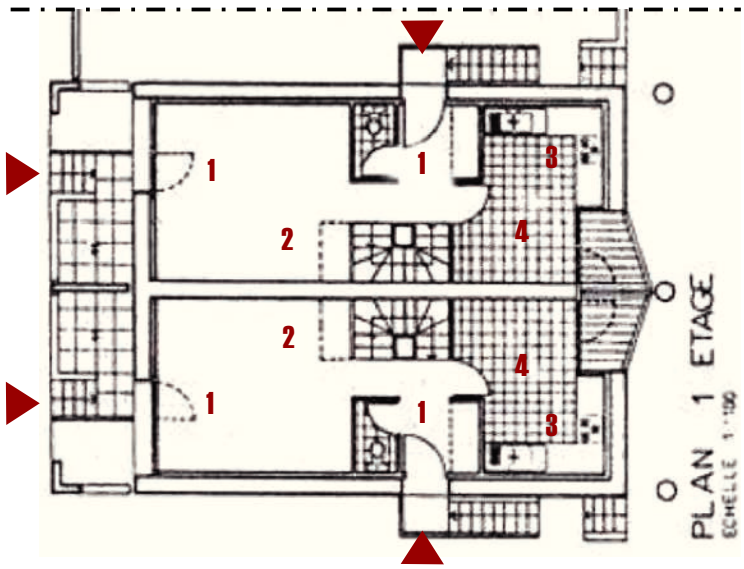
elementi in acciaio e vetro (copertura)

disegno assonometrico



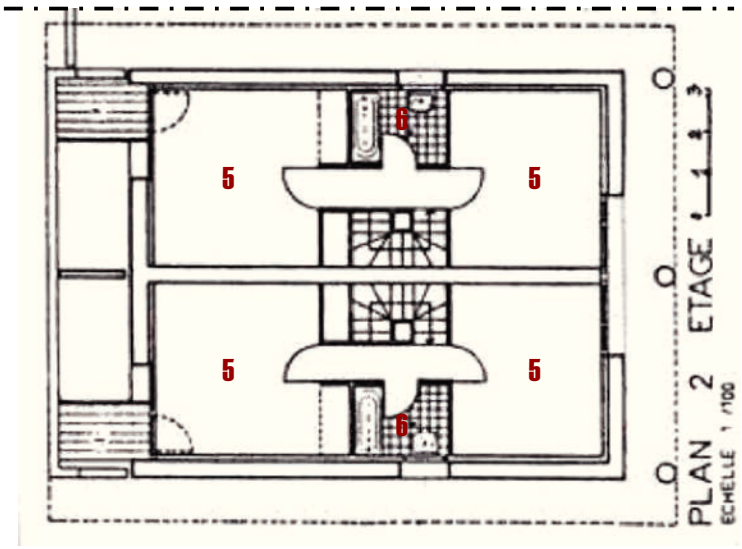
# PIANTE

1. Ingressi; 2. Soggiorno; 3. Cucina; 4. Zona pranzo




livello 1

5. Camere da letto; 6. Bagni




livello 2

# DETTAGLI

**COPERTURA:**
in acciaio e policarbonato trasparente, poggia su sei colonne in calcestruzzo;
ha funzione di protezione per i muri in terra battuta, ed inoltre il tetto trasparente produce un effetto serra, consentendo di utilizzare il calore per riscaldare l'edificio tramite ventilatori controllati da termostato.

**MURI:**
le pareti esterne sono portanti in terra battuta (pisè), a listoni in calcestruzzo;
spessore 50 cm;

**RIFINITURE:**
le pareti in terra sono lasciate grezze;
infissi in legno ed ampie vetrate;

**FONDAZIONI:**
di cemento armato;
l'edificio è isolato da terra da un basamento in cemento.

# DOMAINE DE LA TERRE HOUSES (ISOLATO F),
## VILLEFONTAINE, FRANCIA, EUROPA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è in cemento armato.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è costituita da muri portanti in terra cruda battuta in casseforme di legno, alternando listoni di calcestruzzo.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali esterne, sono sostanzialmente le strutture in elevazione, quindi sono muri in terra battuta dello spessore di 50 cm, realizzati a ricorsi orizzontali di circa 20 cm, con listoni orizzontali in calcestruzzo ad intervalli di 1m- 1,5m.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale è ad andamento piano; una copertura in acciaio e policarbonato trasparente, a struttura indipendente, copre l'intero edificio.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | |
| | Partizione interna orizzontale | |

## Scheda C

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | ● Facciata strutturale |
| | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| | ● Sistema di facciata in terra cruda |

## Scheda D

| | |
|---|---|
| Fattibilità costruttiva | ● Difficile |
| | Mediamente difficile |
| | Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | Lungo raggio (oltre i confini nazionali) |
| | Medio raggio (dentro i confini nazionali) |
| | ● In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | ● | | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | | ● | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | ● | | |
| | Manutenibilità | | ● | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | | ● | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | | ● | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | ● | | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## Scheda E.1

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | | ● | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | ● | | |
| Demolibilità | | | ● |
| Recuperabilità | | ● | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | | ● | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | ● | |
| | Collettori solari | ● | |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | ● | |
| | Serra | ● | |
| | Sistemi di schermatura solare | ● | |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | ● | |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | | ● |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | | ● |

| | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | ● | |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Difficile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 19 | 7 | 1 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

6 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

Condizionamento: invernale estivo

0 /3

Gestione delle acque

Impianto elettrico: Fotovoltaico collegato alla rete

## BIBLIOGRAFIA

Fausto Baiocco, "La Domaine de la terre nella Ville Nouvelle de l'Isle d'Aubeau ", sta in www.casediterra.it
"Le village terre", sta in www.mairie-villefontaine.fr
Françoise Jourda, "Mud houses (Isle d'Abeau, France)", sta in JOURDA architectes web site
Gilles Perraudin, "Maisons en pisé, Isle d'Abeau (1981-84)", sta in www.perraudinarchitectes.com
Silvano Piras, "Un quartiere in terra cruda a villefontaine", sta in www.architetturanaturale.net
Foto tratte da Archiguide, www.terracruda.com
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

# THE ECO HOUSE

## Arkitect Sverre Fehn AS
## MAURTZBERG MANOR, SVEZIA
## 1992

# THE ECO HOUSE, MAURTZBERG MANOR, SVEZIA

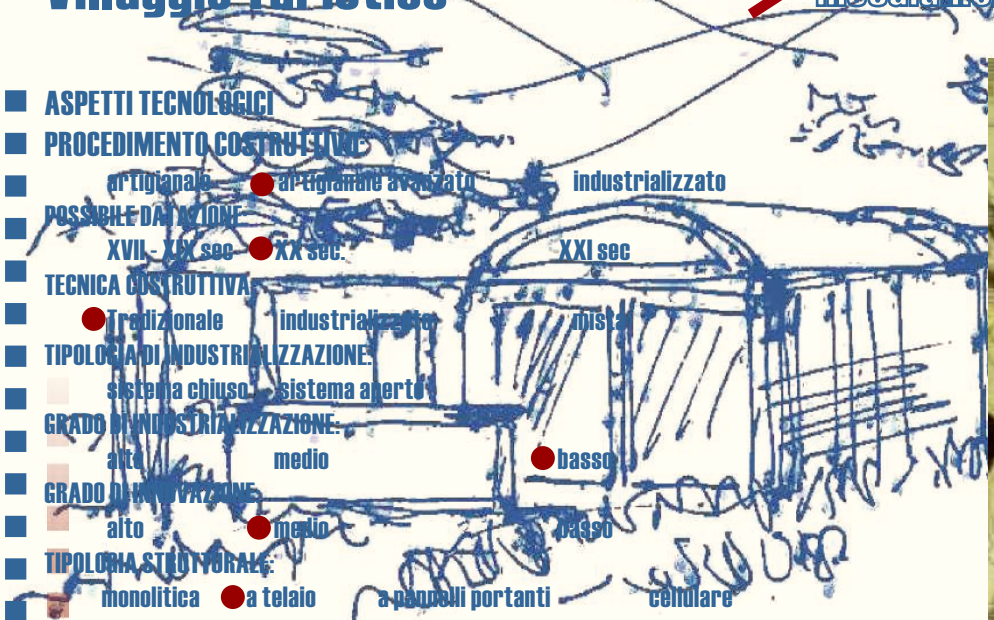
## SCHEDA INFORMATIVA

| | |
|---|---|
| Denominazione: | The Eco House |
| Categoria intervento: | Nuova costruzione |
| Tipologia: | Residenza per turisti |
| Ubicazione: | Mauritzberg Manor, Svezia |
| Progettisti: | Arkitekt Sverre Fehn AS |
| Committente: | Società privata |
| Gestione del progetto: | B.Ludsten, L.Anchcar, M.Westermarck |
| Strutture: | ND |
| Impresa: | Autocostruzione |
| Sup. Coperta: | 2500,00 mq (per 250 alloggi) |
| Cronologia: | 1991 Progetto, 1992 Costruzione dell'alloggio pilota |
| Costo: | ND |

Scheda A

tecnica costruttiva mattoni di terra paglia

## Villaggio Turistico ..... > insediamento stagionale ecologico




Scheda B

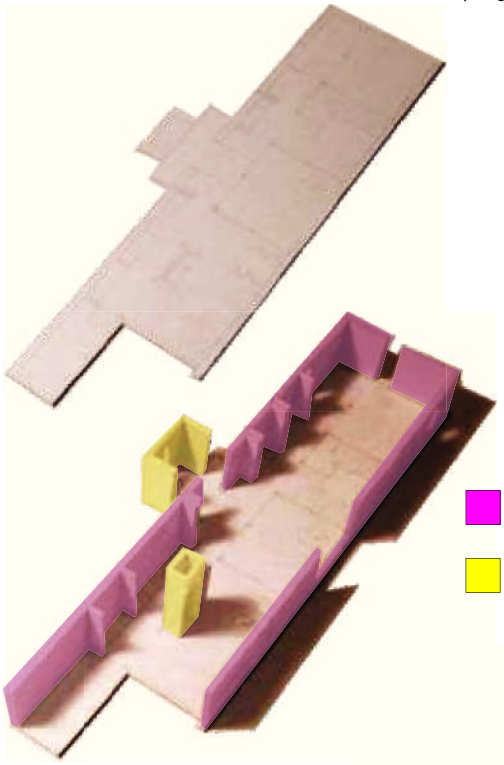
*Questo edificio nasce nell'ambito di un progetto volto a realizzare oltre 250 alloggi immersi nella campagna svedese. Si tratta di un complesso turistico eco compatibile. Si trova in una località chiamata Maurizberg Manor nei pressi della cittadina di Norrköping, nel sud est della penisola scandinava. L'edificio è un prototipo realizzato, in 8 settimane, da un gruppo di studenti della facoltà di architettura della Università Tecnologica di Helsinki nell'estate del 1992.*

*Il progetto è opera del famoso architetto norvegese Sverre Fehn e coordinato dal Prof. Beng Ludsten e dai suoi collaboratori Leticia Anchcar e Mika Westermarck.*
*Il requisito principale dei committenti era che questo villaggio fosse integrato nel paesaggio e rispettasse gli equilibri naturali. Quindi Fehn, forte di una "famigliarità" con i materiali naturali derivatagli dai ricordi dell'infanzia, propose l'uso di blocchi di terra-paglia e pisé per i muri , legno per la struttura portante e la copertura.*

*La scelta dei blocchi di terra-paglia non è casuale, infatti questi blocchi economici ed ecologici, sono anche un ottimo isolante sia acustico che termico e inoltre consentono una facile sistemazione di tutta l'impiantistica. Per l'intonaco sono state effettuate diverse prove ma alla fine è prevalsa una miscela di calce e sabbia in una proporzione di 1:6.*
*Gli unici componenti "non ecologici" dell'edificio sono il basamento (in cemento armato) il camino e il locale bagno (in mattoni cotti) e le tegole catramate, oltre agli impianti naturalmente.*

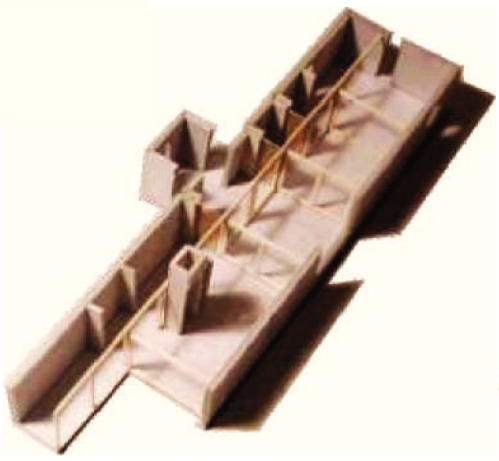
Caratteristiche ecologiche_rapporto con la natura e con la luce

I blocchi di terra-paglia sono di due dimensioni: 54x27x20 e 27x27x20 i grandi pesano circa 8 kg l'uno. Per realizzarli sono state usate delle forme in legno che potevano produrre 4 blocchi e 1/2 per volta. Sia la paglia che l'argilla per realizzare i blocchi sono state prelevate in loco. Dopo aver selezionato la terra argillosa e averla ridotta in polvere, è stata mescolata ad abbondante acqua fino a raggiungere una emulsione di fango abbastanza fluida da mescolarsi agevolmente con la paglia. Successivamente questo impasto è stato introdotto nelle forme di legno e pressato con dei pesi affinché perdessero l'acqua in eccesso e si compattassero in maniera ottimale. Una volta "formati" i blocchi sono stati portati all'aria aperta per l'essiccazione che avviene in due settimane, periodo durante il quale questi vengono girati ogni due giorni. Il Nord dell'Europa rimane tutt'oggi legato al materiale terra, utilizzato in architettura tradizionale e sviluppato da alcuni anni con studi di ricerca e sperimentazione sulle tecniche costruttive impiegando materie prime disponibili a basso costo. Sverre Fehn, guidato da una ricerca sull'economia globale e sulla qualità ambientale, utilizza quindi un approccio sperimentale, legato alle tematiche dello sviluppo sostenibile. Egli mira a dimostrare, col suo insegnamento ai giovani architetti finlandesi, che le modalità contemporanee di progettazione, in architettura, non sono in contraddizione con le pratiche di costruzione tradizionali, ma piuttosto che è necessario tentare e trovare soluzioni evolute delle pratiche tradizionali che possano adattarsi ai moderni processi di esecuzione. Il progetto realizzato dagli studenti di architettura è un prototipo che mette alla prova l'intero concetto di economia globale e vuole essere un modello in termini di minimo impatto ambientale. I materiali da costruzione provengono dalla natura (la terra, il legno o la paglia) e sono messe in opera dalle energie dell'uomo. Analogamente, nel suo funzionamento, per tutta la durata della costruzione, è assicurato il recupero dell'acqua piovana e la produzione di energia solare. La doppia faccia del progetto è quella di avere questo approccio ambientale. L'architetto ha previsto una zona servente, distinta dagli spazi di vita , che comprende tutti gli elementi di arrivo e di scarico delle acque, per una facile gestione tecnologica degli impianti. Questa doppia trama organizzativa consente anche per la costruzione della struttura, l'uso di piccole sezioni di elementi in legno, vista la distanza limitata a cui sono posti. Le pareti sono composte da una ossatura in tavole di legno riempita con blocchi di terra e paglia. L'interazione di questi due elementi è totale. La struttura curva del telaio offre spazi generosi e contemporaneamente consente di ridurre la quantità di legno utilizzato. La costruzione, dopo otto settimane di cantiere, è conclusa. La sfida di adattare le tecniche tradizionali, compresa la terra-paglia, alla nuova costruzione è stata un successo.



muri in blocchi di terra-paglia

elementi in mattoni cotti (bagno, camino)

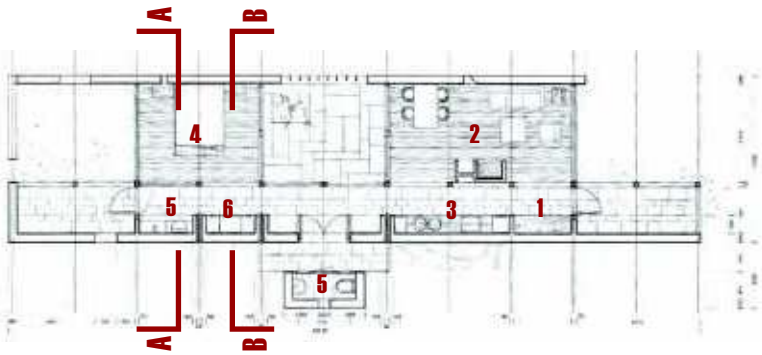


plastico di studio

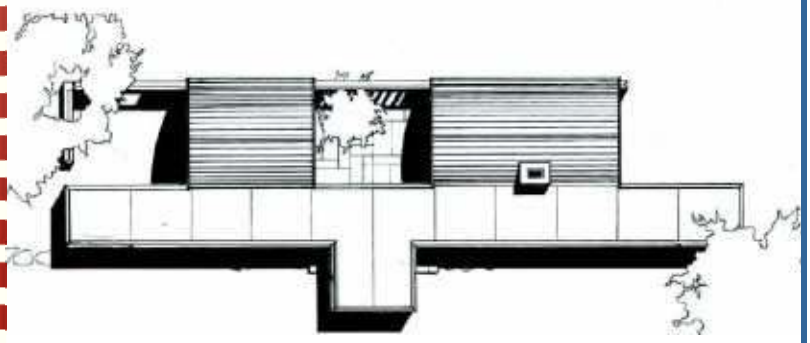
# THE ECO HOUSE, MAURTZBERG MANOR, SVEZIA

## PIANTE

1. Ingresso; 2. Sala da pranzo e soggiorno; 3. Cucina;
4. Camera da letto; 5. Servizi 6.Rip.

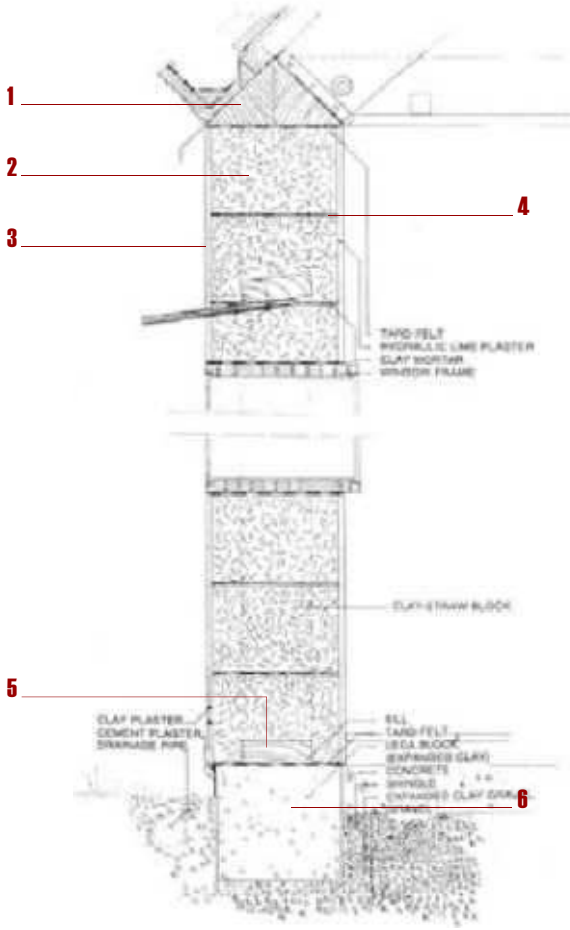



livello 0



copertura

## DETTAGLI




1. Struttura principale in legno di quercia

2. Blocchi in terra paglia locale, 54x27x20

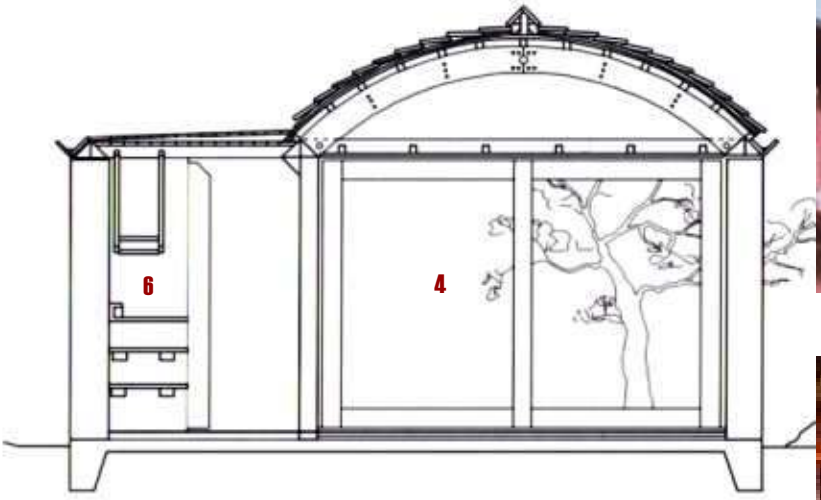
3. Pareti rifinite con intonaco in terra stabilizzata con la calce

4. Malta di calce

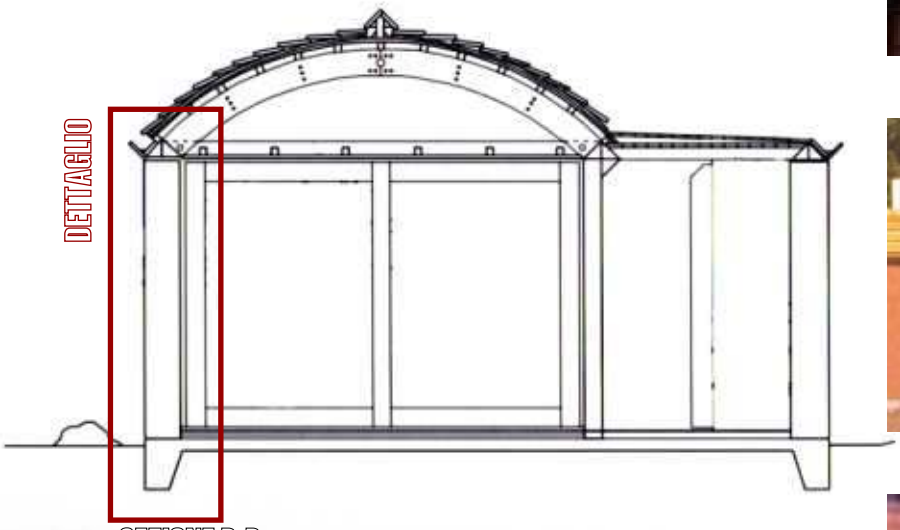
5. Ossatura portante delle pareti in legno di quercia

6. Fondazioni in cemento armato.

# SEZIONI




SEZIONE A-A




SEZIONE B-B

# THE ECO HOUSE, MAURTZBERG MANOR, SVEZIA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è stata realizzata in calcestruzzo armato.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è costituita da travi e pilastri in legno di quercia.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali, sono sostanzialmente le strutture in elevazione, composte in buona parte da una ossatura in legno riempita con blocchi di terra-paglia fissati con malta di calce; alcune sono in pisè.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura di copertura è realizzata con un telaio in legno in parte curvo e manto di copertura in tegole catramate.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali* |
| | Partizione interna orizzontale | *E' la chiusura di copertura.* |

## Scheda C

## Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | Facciata strutturale |
| ● | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| ● | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| ● | Sistema di facciata in terra cruda |

| | | |
|---|---|---|
| Fattibilità costruttiva | | Difficile |
| | | Mediamente difficile |
| | ● | Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | | Lungo raggio (oltre i confini nazionali) |
| | | Medio raggio (dentro i confini nazionali) |
| | ● | In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | ● | | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | ● | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | ● | | |
| | Manutenibilità | ● | | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | | ● | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## Scheda E.1

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | ● | | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | ● | | |
| Demolibilità | ● | | |
| Recuperabilità | ● | | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | | ● | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | ● | |
| | Collettori solari | ● | |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | | ● |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | | ● |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | ● | |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | ● | |

| | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | | ● |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Facile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 25 | 2 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

2 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

Condizionamento: invernale estivo

2 /3

Gestione delle acque

Impianto elettrico: Autonomo

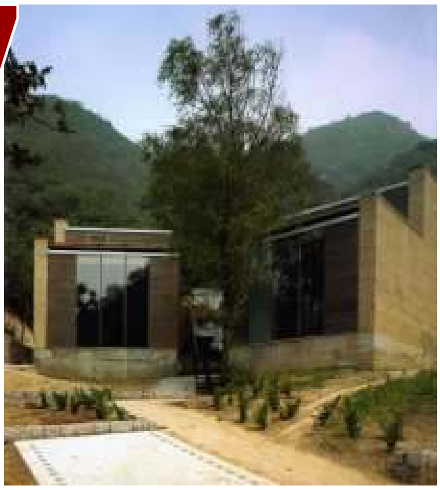
## BIBLIOGRAFIA

Ronald Rael, "Earth Architecture", Graham Fondation/Princeton Architectural Press, New York, 2009.
Nadia Rais, a cura di, studio Andrew Todd, "Economy of means: a tantative investigation in to the aesthetics of scarcity", Parigi, 2007.
Jean-Marie Le Tiec, "Butterfly house", Ecole d'Architecture de Grenoble, 2005.
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

# SPLIT HOUSE

Atelier FCJZ
PECHINO, CINA
2002

7



# SPLIT HOUSE, PECHINO, CINA, ASIA

## SCHEDA INFORMATIVA

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Split House |
| Categoria intervento: | Nuova costruzione |
| Tipologia: | Albergo |
| Ubicazione: | Yanqing, Pechino, Cina |
| Progettisti: | Yung Ho Chang (progettista), Atelier Feichang Jianzhu (dir. dei lav.) |
| Committente: | Red Stone Industrie Co. Ltd. |
| Gestione del progetto: | Liu Xianghui, Lu Xiang, Lucas Gallardo, Wang Hui, Xu Yixing |
| Strutture: | Xu Minsheng |
| Impresa: | ND |
| Sup. Coperta: | 449,00 mq |
| Cronologia: | Sett.2000-Magg.2001/ Progetto, Giu2001-Ott.2002/ Costruzione |
| Costo: | ND |

**Scheda A**

tecnica costruttiva terra battuta

# Edificio ricettivo → tradizione e contemporaneità

## ASPETTI TECNOLOGICI

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
artigianale ● artigianale avanzato industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec XX sec. ● XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
Tradizionale industrializzato ● mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto medio ● basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
alto ● medio basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
monolitica ● a telaio a pannelli portanti cellulare

**Scheda B**

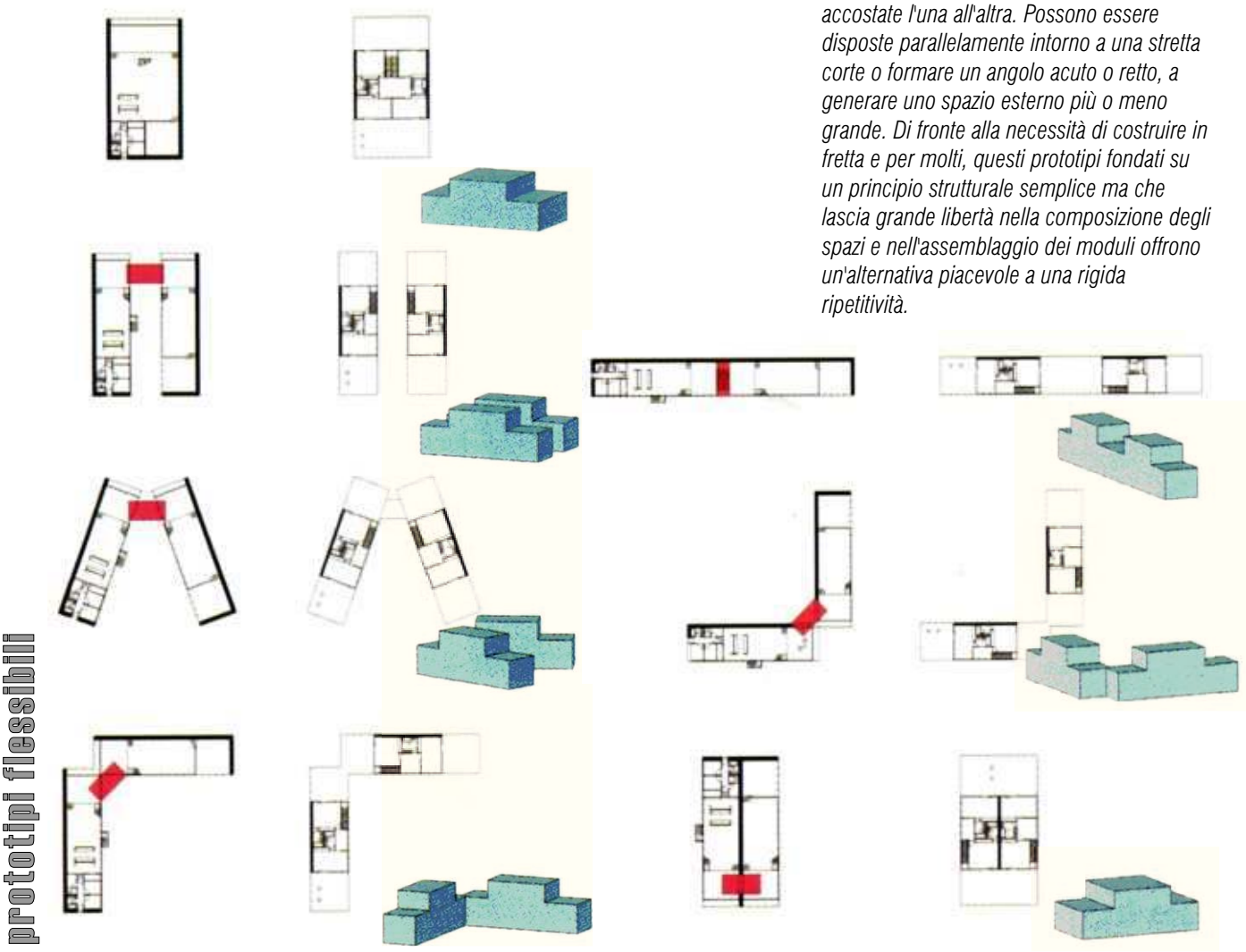
*I cinesi sono tra i costruttori più produttivi del mondo di edifici in terra; ci sono circa 90 milioni di case in Cina, costruite impiegando mattoni di fango, canne e fango, e terra battuta. Trentamila case di terra, risalenti alle dinastie Ming e Qing (1368-1911), si trovano nella provincia del Fujian, dove sono presenti anche edifici in terra battuta a più piani, rotondi, case a corte del clan degli Hakka. L'esempio cinese più noto è sicuramente la Grande Muraglia, in gran parte costruita in terra battuta, uno dei più grandi esempi di architettura militare del mondo.*
*La Split House si trova nelle montagne Jundu a nord di Pechino, non lontano dalla Grande Muraglia. Progettata da Yung Ho Chang, il fondatore della prima azienda privata di architettura in Cina e capo del Dipartimento di Architettura del Massachusetts Institute of Technology, trae l'eredità delle costruzioni in terra della Cina. Il risultato è un design contemporaneo che richiama l'antica tradizione di costruire con "tu mu", ovvero terra e legno. Yung Ho Chang è uno dei pionieri cinesi di architettura bioclimatica fondata su un regionalismo critico. Di fronte alla proliferazione di costruzioni "all'occidentale", la sua strategia è quella dì concentrarsi "sulle quattro basi fondamentali dell'architettura: il luogo, il programma, lo spazio e le forme". Intende così resistere alla "tendenziale perdita di qualità dell'architettura , o dell'architettura stessa, nella folle corsa in avanti che sta vivendo la Cina". I suoi slogan: il mini invece del mega, la qualità invece della quantità, la lentezza (della riflessione) invece della velocità, l'ordine invece del caos.*
*La "casa divisa" (Split House) è immersa in un paesaggio montano a clima continentale: inverni lunghi, freddi e secchi ed estati calde e umide con forti precipitazioni. Il suo progetto si ispira alle "si he yuan", le antiche case tipiche di Pechino, trasposte qui in un paesaggio impervio. Composte da edifici bassi e raccolte attorno a una o più corti, le "si he yuan" non rappresentano solo un modello di case ad alta densità abitativa, ma sono anche il simbolo di un ideale sociale. Le case a patio centrale, che costituivano il vecchio tessuto abitativo della capitale, erano collegate tra loro da una rete di vie e vicoli a formare quartieri, gli "hutong", la cui attuale progressiva distruzione è una irrimediabile perdita d'identità per la Cina.*
*Lontano da questo denso contesto urbano e dalle voci della città, la casa di Yung Ho Chang può aprirsi verso l'esterno e lasciar entrare l'ambiente naturale nel cuore della struttura.*
*Un ruscello preesistente è stato deviato per*

*attraversare la corte, disegnando meandri e scorrendo sotto il suolo vetrato del vestibolo d'ingresso prima di correre giù lungo la collina. Costruita tra la montagna e l'acqua, la casa è stata "aperta" al centro per realizzare l'unione simbolica tra naturale e artificiale, ma anche per ragioni più pragmatiche: la salvaguardia degli alberi esistenti, la separazione tra le attività pubbliche e le funzioni private e la possibilità di utilizzare soltanto un'ala quando ci sono pochi ospiti, per ridurre la manutenzione. Si accede alla casa dal lato ovest, salendo alcuni gradini. Il vestibolo in legno che fa da cerniera tra le due ali della casa permette l'accesso sia alla zona pubblica - con soggiorno, sala del mah-jong e veranda - sia alla parte privata, che comprende un salone, una sala da pranzo, una cucina e i servizi. Le camere si trovano al primo piano, al centro di ciascuna delle due ali. La struttura portante è costituita da pilastri e da travi in lamellare, disposti con un interasse di un metro. Le pareti che affacciano verso la corte sono ampiamente vetrate.*

*Gli spessi muri esterni in pisè proteggono gli abitanti dal freddo in inverno e dal calore in estate. Quando non servirà più, questa casa di terra e legno, materiali tipici dell'architettura tradizionale, potrà essere eliminata lasciando minime tracce sul sito.*

*Aspetto molto interessante: Yung Ho Chang ha progettato la casa per essere un prototipo flessibile, in grado di adattarsi alle specifiche condizioni di diversi siti. Il rapporto tra le due metà del prototipo può essere modificato per adattarsi al meglio a siti specifici all'interno della valle, in relazione alle viste, ruscelli, topografia, e alla vicinanza delle montagne che completano il cortile. Lo stesso set programmatico, materiale, e di elementi formali rendono la casa "parallela" trasformabile, in relazione ai diversi contesti, per creare nuove tipologie di casa. Si tratta di un prototipo che si prevede di riprodurre localmente offrendo il massimo della flessibilità: l'angolo tra le due ali non è fisso, può essere regolato per adeguarsi alle esigenze, alle condizioni geografiche locali, alla topografia e alle diverse configurazioni del terreno.*

*Le due ali possono essere disposte l'una di seguito all'altra per formare una lunga casa individuale o due case congiunte, o essere accostate l'una all'altra. Possono essere disposte parallelamente intorno a una stretta corte o formare un angolo acuto o retto, a generare uno spazio esterno più o meno grande. Di fronte alla necessità di costruire in fretta e per molti, questi prototipi fondati su un principio strutturale semplice ma che lascia grande libertà nella composizione degli spazi e nell'assemblaggio dei moduli offrono un'alternativa piacevole a una rigida ripetitività.*

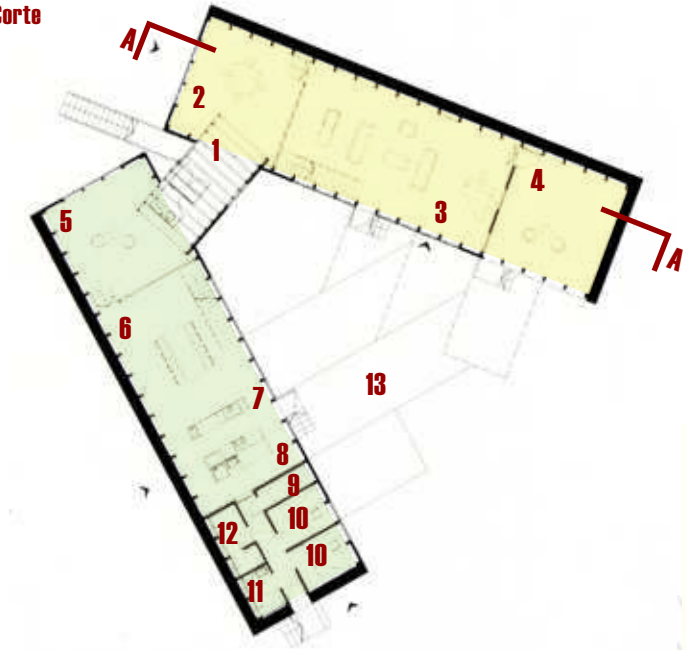


**prototipi flessibili**

# SPLIT HOUSE, PECHINO, CINA, ASIA

## PIANTE

1. Ingresso; 2.Sala del mah-jong; 3.Soggiorno; 4. Veranda; 5.Salone; 6.Sala da pranzo; 7.Cucina; 8.Ufficio; 9.Ripostiglio; 10.Alloggi del personale; 11.Bagno; 12.Locale tecnico; 13.Corte




livello 0 ala pubblica ala privata

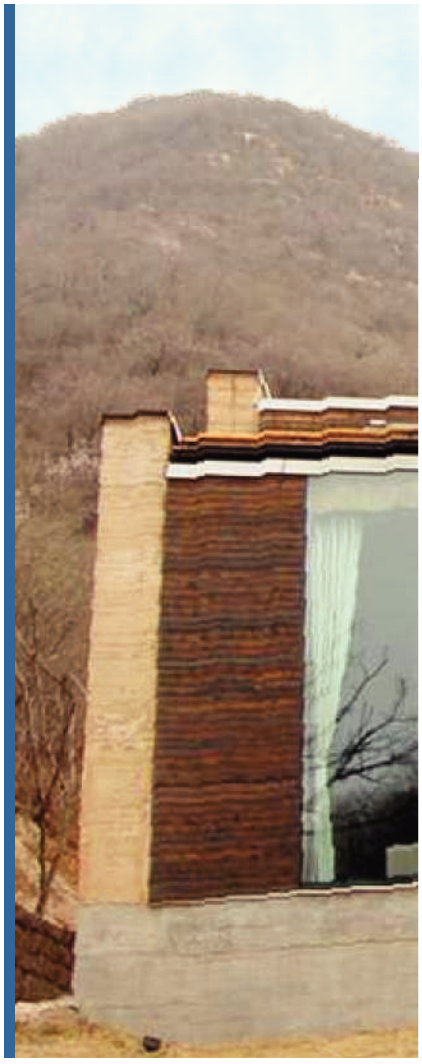
14. Camere; 15. Terrazzi

livello 1

# SEZIONI

SEZIONE A-A

# DETTAGLI



**COPERTURA:**
il tetto ha struttura portante in legno a travi di sezione rettangolare accostate;

**MURI:**
le pareti esterne a nord--est e a sud-ovest sono portanti in terra battuta (pisè); la terra locale viene mescolata a tessuto di juta grossolano con aggiunta di calce come stabilizzante; ad intervalli diversi viene posizionato orizzontalmente del bambù all'interno del muro per evitare le dilatazioni e prevenire la formazione di lesioni; spessore 50 cm;

l'ossatura principale della casa è costituita da pilastri di legno lamellare (sez.: 100x 280 mm al piano terra, 100x200 mm al primo piano);

**RIFINITURE:**
le pareti in terra sono lasciate grezze;
rivestimenti esterni e interni in legno; ampie vetrate;

**FONDAZIONI:**
di cemento armato.

# SPLIT HOUSE, PECHINO, CINA, ASIA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

## Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è stata realizzata in cemento armato.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è intelaiata, in legno; due delle pareti perimetrali sono portanti in terra battuta, compressa strato per strato in casseforme con una mazzeranga.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali sono realizzate in legno, escluso le pareti esterne a nord-est e a sud-ovest, realizzate in terra battuta dello spessore di 50 cm.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale è realizzata con un solaio in legno a travi accostate, ad andamento piano.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono realizzate in legno.* |
| | Partizione interna orizzontale | *Il solaio al primo livello così come quello di copertura è in legno a travi accostate.* |

## Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | ● Facciata strutturale |
| | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| | ● Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| | ● Sistema di facciata in terra cruda |

| | |
|---|---|
| Fattibilità costruttiva | Difficile<br>● Mediamente difficile<br>Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | Lungo raggio (oltre i confini nazionali)<br>Medio raggio (dentro i confini nazionali)<br>● In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

## Scheda E.1

| (norme UNI/CE 0050 del 1980) | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | | ● | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | ● | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | ● | | |
| | Manutenibilità | ● | | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | ● | | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | | ● | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | |
| Demolibilità | ● | | |
| Recuperabilità | ● | | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | ● | | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | | ● |
| | Collettori solari | | ● |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | | ● |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | | ● |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente | |
|---|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● | |
| Condizionamento estivo | | | ● | |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | | ● | |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● | |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | | ● | |
| Impianto elettrico | | Rete pubblica ● | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |

**Scheda G**

# SPLIT HOUSE, PECHINO, CINA, ASIA

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Mediamente difficile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 24 | 3 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

0 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

invernale estivo

Condizionamento

0 /3

Gestione delle acque

Rete pubblica

Impianto elettrico

## BIBLIOGRAFIA


Dominique Gauzin Muller, "Case ecologiche: i principi, le tendenze, gli esempi", Ed. Ambiente, Città di Castello(PG), 2006
Ronald Rael, "Earth Architecture", Graham Fondation/Princeton Architectural Press, New York, 2009.
Atelier Feichang Janzhu, "Split House", in www.archrecord.com
Foto di Fu Xing, Satoshi Asakawa
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

# ROSIE JOE HOUSE

## Design Build BLUFF

## RED MESA CHAPTER, UTAH, USA

## 2004

8

# ROSIE JOE HOUSE, RED MESA CHAPTER, UTAH, USA

## SCHEDA INFORMATIVA

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Rosie Joe House |
| Categoria intervento: | Nuova costruzione |
| Tipologia: | Casa unifamiliare isolata |
| Ubicazione: | Red Mesa Chapter, Navajo Nation, Utah, USA |
| Progettisti: | Studenti della University of Utah's College of Arch. and Planning |
| Committente: | Privato, sig.ra Rosie Joe e la sua famiglia |
| Gestione del progetto: | Design Build BLUFF (DBB), corso universitario semestrale |
| Strutture: | ND |
| Impresa: | Studenti del corso |
| Sup. Coperta: | 110,00 mq circa |
| Cronologia: | 2003 Progetto, 2004 Costruzione |
| Costo: | 22.400 euro circa |

## Scheda A

tecnica costruttiva terra battuta

Residenza Sperimentale → contemporaneità e autosufficienza

### ASPETTI TECNOLOGICI

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
● artigianale — artigianale avanzato — industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec — XX sec. — ● XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
● tradizionale — industrializzato — mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso — sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto — medio — ● basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
● alto — medio — basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
● monolitica — ● a telaio — a pannelli portanti — cellulare

## Scheda B

*Design Build BLUFF è un corso semestrale offerto dalla University of Utah's College of Architecture and Planning, dedicato alla progettazione di alloggi per le famiglie con esigenze specifiche e in circostanze difficili, prevalentemente membri della Nazione Navajo. La Navajo Nation possiede un tasso di disoccupazione pari a più del doppio rispetto alla media nazionale e il 43 % della popolazione al di sotto della soglia di povertà; il Design Build BLUFF (DBB) fornisce quindi un servizio nobile.*

*Il fondatore Hank Louis nel 2000 ha portato le idee di Rural Studio nel deserto dello Utah. Nel 2004, otto studenti di architettura collaboratori dello studio di Louis hanno progettato e costruito la quarta casa DBB nel corso di un semestre. La casa è innovativa contestualmente e culturalmente, ed è stata realizzata per Rosie Joe, che vi risiede con la sua famiglia. Rosie ha scelto il sito ed ha umilmente chiesto che la casa avesse una cucina. A questa gli studenti hanno aggiunto tre camere da letto, un bagno e un soggiorno, per arrivare a realizzare una casa con un budget di 30.000 dollari (22.400 euro circa). Il sito mancava di qualsiasi utilità, e si esigeva che la maggior parte del lavoro di costruzione della casa venisse fatto a mano. L'energia elettrica per l'illuminazione e per azionare i piccoli elettrodomestici di casa è fornita da pannelli fotovoltaici; un serbatoio di propano alimenta il frigorifero e la stufa, ma questi sono gli unici apparecchi attivi che consumano energia in casa. La casa è principalmente raffreddata e riscaldata passivamente attraverso il muro di terra battuta, l'asse centrale della casa, che regola la temperatura interna sia in estate che in inverno. Questo, 46 cm di spessore e di massa termica, è stato costruito con la sabbia e l'argilla scavata dal sito e compattata per formare un elemento architettonico che ricorda gli antichi muri in pietra costruiti dagli Anasazi, gli antenati dei Navajo. In estate, la terra battuta è in ombra, mantenendo costante la temperatura, ma in inverno è esposta alla luce solare diretta, immagazzinando calore e irradiandolo in casa per tutto il giorno e la notte. Questo ritmo stagionale è regolato da una geniale e dinamica struttura di copertura calibrata per rispondere alla posizione del sole durante tutto l'anno. Tralicci di rinforzo, in tondini di acciaio, tipicamente usati per rafforzare il cemento armato, formano un profilo di copertura rovescio che devia l'acqua piovana in una cisterna per l'uso domestico; inoltre, la forma del tetto dirige la vista oltre il paesaggio e protegge la casa dal sole. Durante i mesi invernali, però, il sole penetra*

tecnica artigianale_design contemporaneo

*attraverso la parete sud finestrata, lungo un corridoio all'interno della casa. L'aria calda assorbita dalla massa termica, si muove nelle camere da letto e negli spazi di vita attraverso le aperture nel muro di terra battuta. Un sistema di pareti sandwich isolanti, in paglia compattata tra due pannelli di acrilico trasparente, mantiene il calore in casa. Le porte che chiudono gli spazi, all'interno di una casa, non sono tradizionali delle case Navajo, e in questo caso gli architetti hanno utilizzato questo espediente per creare un flusso costante di aria tra le superfici di divisione nord e sud della casa.*
*La sfida progettuale del DBB è quella di un corso intensivo per gli studenti in condizioni di autosufficienza nelle zone rurali. La situazione fornisce anche una ricca esperienza culturale per tutti gli appassionati, offrendo l'opportunità di immergersi in una comunità povera economicamente ma umanamente vibrante.*
*La casa ha ottenuto un premio d'onore dal Regional Chapter of the American Institute of Architects, il premio per il miglior design nello stato per l'anno 2004, che incorpora un muro di trombe in terra battuta per regolare la temperatura, una parete esposta a sud con ampie finestre in legno trattato e rivestito, vinile e alluminio, il soffitto e la struttura del tetto sono interamente in pallet riciclati, il muro esterno "sandwich" di paglia inserita tra due pannelli di acrilico trasparente, il muro interno è tappezzato di cartelli stradali scartati.*
*L'esperienza del DesignBuildBLUFF ha dimostrato, al di là di ogni dubbio, che il programma intrapreso è una valida alternativa, fornisce un importante contributo alla formazione degli studenti di architettura all'interno dell'Università, e ha iniziato ad avere un effetto positivo sul reclutamento; come ulteriormente convalida, il programma ha ricevuto una sovvenzione dalla HUD che gli permetterà di continuare, interamente finanziato per altri tre anni.*

**tecnologia ecologica**

la Rosie Joe House è alimentata da pannelli fotovoltaici e propano; l'energia solare è impiegata anche per riscaldare l'acqua

muri interni tappezzati di vecchi cartelli stradali scartati

tralicci di rinforzo in tondini di acciaio formano un profilo di copertura rovescio che devia l'acqua piovana in una cisterna di raccolta per gli usi domestici

muri sandwich di paglia compressa tra due pannelli di acrilico trasperente

# ROSIE JOE HOUSE, RED MESA CHAPTER, UTAH, USA

## PIANTE

livello 0

## DETTAGLI

**COPERTURA:**
la struttura del solaio di copertura è interamente in pallet riciclati; una schermatura in lamiera ondulata e struttura in tondini d'acciaio, fissata tramite staffe di ancoraggio, protegge la casa dalle diverse angolazioni solari durante le stagioni;

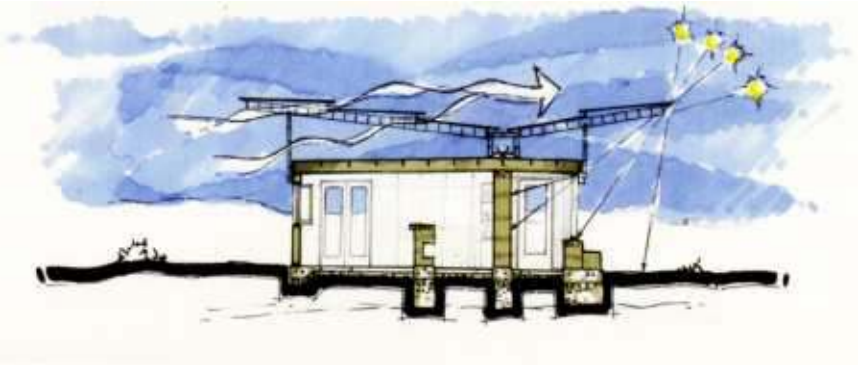
**MURI:**
la parete esposta a sud è dotata di ampie finestre in legno trattato, vinile e alluminio; sopra e sotto le finestre, pannelli sandwich di paglia compattata tra due pannelli di acrilico traslucido, favoriscono l'isolamento degli ambienti interni;
la massa termica del muro di spina centrale in terra battuta, argilla e sabbia ricavata dallo scavo in sito, riscalda e raffredda passivamente la casa (spessore 46 cm);

**RIFINITURE:**
grezza sul muro in terra battuta;
all'interno le pareti sono tappezzate di vecchi cartelli stradali scartati;

**FONDAZIONI:**
in terra battuta stabilizzata con calce idraulica.

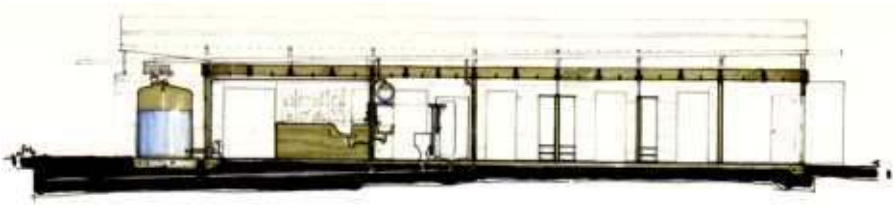
# SEZIONI

**Il design del tetto è calibrato per rispondere alla posizione del sole nelle diverse stagioni.**

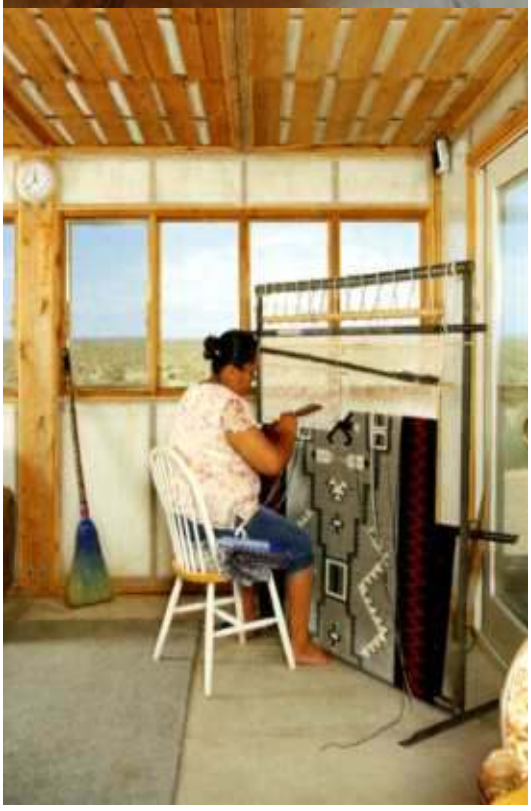


SEZIONE A-A

**L'acqua piovana raccolta dal tetto viene deviata in una cisterna di raccolta .**



SEZIONE B-B



# ROSIE JOE HOUSE, RED MESA CHAPTER, UTAH, USA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

## Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è realizzata con terra additivata a calce idraulica, ovvero con materiali completamente riciclabili.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è monolitica e a telaio, con un sistema di pilastri in legno che sostengono la copertura.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il primo orizzontamento è realizzato in terra battuta.* |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali sono costituite da muri di terra battuta (nella parte bassa), e da pannelli sandwich (paglia compressa tra due pannelli di acrilico traslucido); ampiamente finestrata la chiusura verticale esposta a sud.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale ha andamento piano, ed è realizzata con un solaio in pallet riciclati.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Simili alle chiusure verticali, in pannelli sandwich e in parte di terra battuta.* |
| | Partizione interna orizzontale | |

## Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | Facciata strutturale |
| ● | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| ● | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| ● | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| ● | Sistema di facciata in terra cruda |

| | |
|---|---|
| Fattibilità costruttiva | Difficile |
| | ● Mediamente difficile |
| | Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | Lungo raggio (oltre i confini nazionali) |
| | Medio raggio (dentro i confini nazionali) |
| | ● In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

## Scheda E.1

| (norme UNI/CE 0050 del 1980) | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | | ● | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | ● | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | ● | | |
| | Manutenibilità | ● | | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | | ● | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | | ● | | |
| Riparabilità | | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | | |
| Demolibilità | | ● | | |
| Recuperabilità | | ● | | |
| Aggregabilità | | ● | | |
| Correlazioni ** | | ● | | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | ● | |
| | Collettori solari | ● | |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | ● | |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | ● | |
| | Pannelli radianti | ● | |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | ● | |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | ● | |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | ● | |

| | | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | | | ● |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Mediamente difficile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 25 | 2 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

5 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

| invernale | estivo |
|---|---|
| | |

Condizionamento

3 /3

Gestione delle acque

Autonomo

Impianto elettrico

## BIBLIOGRAFIA

Ronald Rael, "Earth Architecture", Graham Fondation/Princeton Architectural Press, New York, 2009
"2004 Rosie Joe House: Project (DBB)", in www.designbuildbluff.org
Foto di Keith Carlsen in www.keithcarlsen.com
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

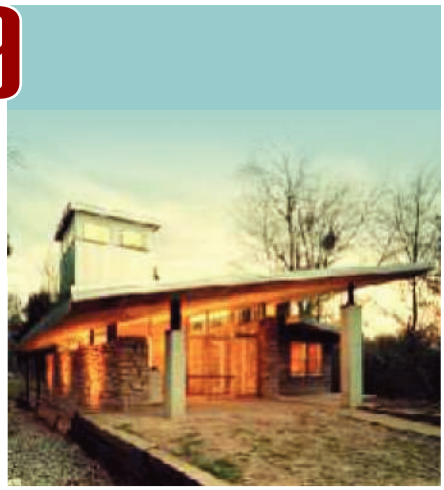
# CHRISTINES'S HOUSE

Rural Studio

MASON'S BEND, ALABAMA, USA

2006

9



# CHRISTINES'S HOUSE, MASON'S BEND, ALABAMA, USA

**SCHEDA INFORMATIVA**

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Christines's House |
| Categoria intervento: | Nuova costruzione |
| Tipologia: | Casa unifamiliare |
| Ubicazione: | Mason's Bend, Alabama |
| Progettisti: | Rural Studio (ts di laurea di Amy Green Bullington e Stephen Long) |
| Committente: | Privato, sig.ra Christine Green |
| Gestione del progetto: | Rural Studio |
| Strutture: | ND |
| Impresa: | Studenti del corso |
| Sup. Coperta: | 84 mq circa |
| Cronologia: | 2006 |
| Costo: | ND |

Scheda A

tecnica costruttiva mattoni di papererete

## Edificio residenziale ····> innovazione e contemporaneità

**ASPETTI TECNOLOGICI**

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
● artigianale  artigianale avanzato  industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec  XX sec.  ●XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
Tradizionale  industrializzato  ●mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso  sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto  medio  ●basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
● alto  medio  basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
monolitica  ●a telaio  a pannelli portanti  cellulare

Scheda B

*Mason's Bend è un piccolo borgo nei pressi del fiume Black Warrior nella Hale County,in Alabama; si tratta di una piccola comunità di quattro famiglie estese - i Bryants, gli Harris, i Fields, e i Green - per un totale di circa 100 persone. Le loro baracche a rimorchio in ferro colorato, solcano le erbacce e i rovi lungo una strada sterrata, sembrano quasi delle apparizioni. E' in questo piccolo borgo che sono stati realizzati un gruppo di progetti di architettura sperimentale di Rural Studio.*

*L'insieme di edifici creati dagli studenti della Scuola di Architettura di Auburn, realizzati per i residenti poveri della città, sono cinque case, un centro comunitario in terra battuta, la cappella e un campo da basket. La Christine's House, aggiunta recentemente all'insieme dei lavori che Rural Studio ha realizzato nel quartiere, progettato e realizzato come progetto di tesi di laurea da due studenti, riesamina l'uso della terra come materiale da costruzione nelle zone rurali dell'Alabama. Con questa innovativa casa di Amy Green Bullington e Stephen Long si è risposto alle esigenze del cliente creando un edificio innovativo e sostenibile. Il proprietario della casa, Christine Green, è una madre single con quattro figli sotto i sei anni di età. Christine desiderava uno spazio sia interno che esterno per far giocare i suoi figli, da dove poterli controllare anche mentre stava in cucina; una connessione visiva e fisica con la casa vicina di sua madre, costruita anch'essa da Rural Studio. Il risultato, con una superfice di 84 mq, ha superato le sue aspettative. Anche se piccole, le due camere da letto sembrano molto più grandi, perché lo spazio di vita si apre alle estremità nord e sud della casa, facendo entrare una grande quantità di luce. Ad una estremità, il prolungamento della copertura crea un portico-veranda che può essere utilizzato come estensione della zona giorno per la maggior parte dell'anno, permettendo ai bambini di giocare in un'area sicura e chiusa all'aria aperta. Poiché i bambini spesso amano correre avanti e indietro tra le case della madre e della nonna, un giardino rialzato collega le due abitazioni. Il giardino e il prato sono protetti da un muro di sostegno in cemento che mantiene le auto lontano dallo spazio giochi all'aperto dei bambini.*

*I due muri di terra massiccia rafforzano l'idea che il giardino è un'estensione degli spazi interni, e definiscono le facciate est e ovest della casa. Per la loro tesi, gli studenti sperimentato modi di usare l'argilla rossa, onnipresente nel sito, come materiale da costruzione.*

tecnica sperimentale_linguaggio contemporaneo

*Il loro interesse per il riciclaggio e l'impiego di materiali alternativi li ha portati a sviluppare un processo che è una variante ibrida di adobe e fidobe, due tecniche che hanno appreso da Hybridadobe.com, un sito di costruzioni alternative. Queste tecniche utilizzano fibre di carta invece di paglia per creare il mix di fango.*
*Combinando le due tecnologie, gli studenti hanno creato blocchi di terra composti per il 70 % da terra, il 25 % da giornale sminuzzato, e per il 5 % da cemento portland, versato in scatole di cartone di varie dimensioni e lasciato asciugare. Oltre alla manodopera, la tecnica non richiede particolari abilità o attrezzature, e con i mattoni di fango che si producono si possono creare pareti dello spessore di 30 cm, con un valore di isolamento superiore a quello tipico dell'edilizia residenziale. Anche se massicci, i muri non portanti così realizzati, sembrano essere invece molto delicati. Sono indipendenti dal tetto, e la luce che passa attraverso le finestre al di sopra della parete diminuisce il loro peso visivo. Il tetto è sostenuto da colonne in cemento, e fu costruito per primo, al fine di creare uno spazio di lavoro all'asciutto. In corrispondenza della cucina, una torre spunta dal tetto creando un grande spazio a doppia altezza ventilato, che cattura la brezza e disperde l'aria calda come un camino.*
*Bocchette di aerazione collegate con la torre hanno il compito di aspirare aria fresca dal vespaio, che funge anche da rifugio sotterraneo durante le tempeste. L'intradosso del tetto è in legno di cedro per creare continuità con le pareti interne della casa che non sono in mattoni di fango. In cedro è anche la casa della nonna, rafforzando ulteriormente la sua connessione con quella di Christine.*

*La caratteristica più sorprendente della casa della famiglia Green sono i blocchi realizzati in papercrete. Papercrete è un materiale da costruzione composto da polpa di carta, argilla e cemento creato intorno ai primi anni 1920, ma non è mai stato ampiamente utilizzato. Proprio per questo i muri realizzati nella casa sono un esperimento e di conseguenza sono protetti da una grande copertura e non hanno alcun carico.*

tecnologia ecologica

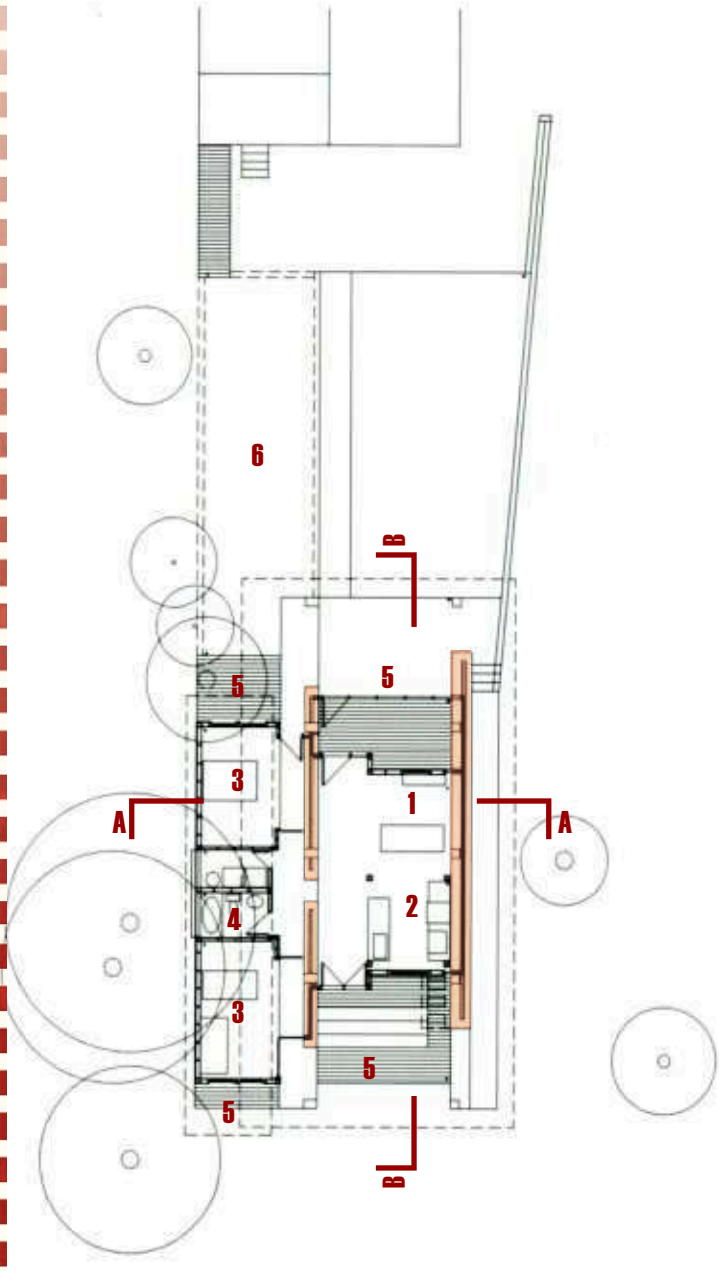
Papererete è un materiale da costruzione di recente sviluppo, che consiste nel reimpasto di fibra di carta con cemento portland e argilla e/o terra addizionata. Brevettato nel 1928, la tecnica è stata ripresa nel 1980. Percepito come un materiale "amico dell'ambiente", dovuto al significativo contenuto di materiale riciclato, manca però di standardizzazione, e la sua corretta utilizzazione richiede pertanto cura ed esperienza. Eric Patterson e Mike McCain, a cui è stato attribuito il merito di aver "inventato" papererete (la chiamarono "padobe" o "fibro-cemento"), hanno entrambi contribuito in modo significativo alla ricerca per la creazione di macchinari per impastarlo ed usarlo per la costruzione.

Per formare gli adobe, l'impasto dopo essere stato miscelato, viene versato in scatole di cartone di varie dimensioni e lasciato asciugare.

# CHRISTINES'S HOUSE, MASON'S BEND, ALABAMA, USA

## PIANTE

1. Cucina; 2. Soggiorno; 3. Camere da letto; 4. Bagno; 5. Portico-veranda; 6. Giardino rialzato




livello 0 muri in adobe di papercrete

## DETTAGLI

**TORRE-CAMINO:**
lo spazio a doppia altezza ventilato creato dal camino in corrispondenza della cucina, cattura la brezza e disperde l'aria calda; bocchette di aerazione collegate con la torre hanno il compito di aspirare aria fresca dal vespaio;

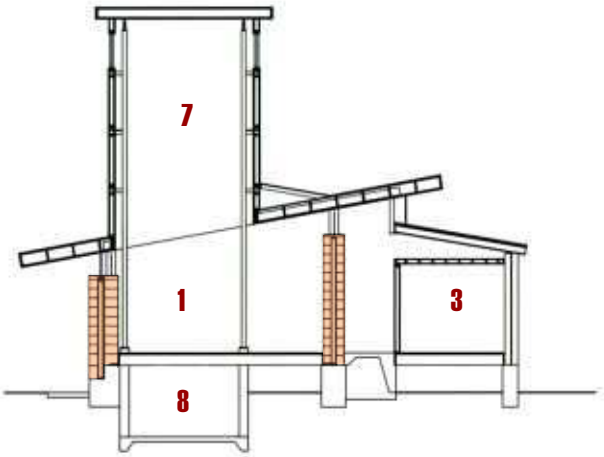
**COPERTURA:**
il tetto ha struttura indipendente, a doppia falda, sostenuto da colonne in cemento; è costituito da pannelli in legno di cedro;

**MURI:**
i muri in adobe di papercrete, spessi circa 30 cm, non hanno funzione portante; le altre pareti della casa sono in legno di cedro;

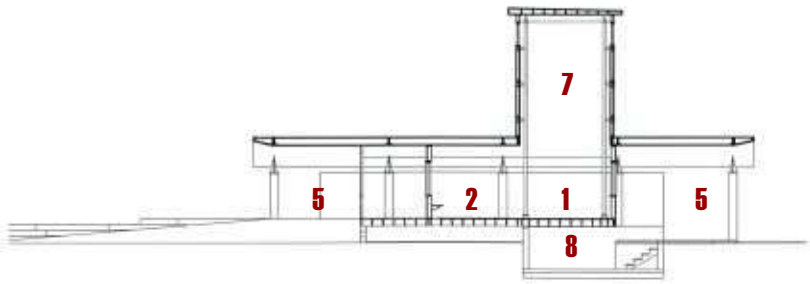
**FONDAZIONI:**
in calcestruzzo armato.

# SEZIONI

**7. Torre-camino; 8. Rifugio.**




SEZIONE A-A




SEZIONE B-B

# CHRISTINES'S HOUSE, MASON'S BEND, ALABAMA, USA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è stata realizzata in calcestruzzo armato.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è a telaio, con pilastri in calcestruzzo che sostengono la copertura; i muri in adobe non hanno funzione strutturale.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il pavimento è in legno e terra battuta.* |
| | Chiusure verticali | *Soltanto due delle chiusure verticali sono in adobe di papercrete, dello spessore di 30 cm; il resto delle pareti perimetrali della casa è in legno di cedro.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura orizzontale è costituita da un solaio in legno a due falde disuguali.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali.* |
| | Partizione interna orizzontale | |

## Scheda C

## Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | Facciata strutturale |
| ● | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| ● | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| ● | Sistema di facciata in terra cruda |

| | | |
|---|---|---|
| Fattibilità costruttiva | | Difficile |
| | | Mediamente difficile |
| | ● | Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | | Lungo raggio (oltre i confini nazionali) |
| | | Medio raggio (dentro i confini nazionali) |
| | ● | In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | | ● | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | | ● | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | ● | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | ● | | |
| | Manutenibilità | | ● | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | | ● | |
| | Adattabilità a diversi contesti | | ● | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## Scheda E.1

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | ● | | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | |
| Demolibilità | | ● | |
| Recuperabilità | | ● | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | ● | | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente | |
|---|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | | ● | |
| | Collettori solari | | ● | |
| | Microturbina eolica | | ● | |
| | Camino di ventilazione | ● | | |
| | Serra | ● | | |
| | Sistemi di schermatura solare | ● | | |
| | Pannelli radianti | | ● | |
| | Patio | | ● | |
| | Tetto verde | | ● | |
| | Facciata ventilata | | ● | |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente | |
|---|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● | |
| Condizionamento estivo | | | ● | |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | | ● | |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● | |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | | ● | |
| Impianto elettrico | | Rete pubblica ● | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Facile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 19 | 8 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

3 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

| Condizionamento | Gestione delle acque | Impianto elettrico |
|---|---|---|
| invernale estivo | 0 /3 | Rete pubblica |

## BIBLIOGRAFIA


Ronald Rael, "Earth Architecture", Graham Fondation/Princeton Architectural Press, New York, 2009

"Papercrete", sta in www.en.wikipedia.org

Andrea Oppenheimer Dean, Timothy Hursley, "Rural Studio", Princeton Architectural Press, New York, 2002

norme UNI 8290/1981

norme UNI/CE 0050/1980

# Arrillhjere Demonstration House



## B.J.Meney Architects

## AUSTRALIA

## 1997

# Arrillhjere Demonstration House, AUSTRALIA

**SCHEDA INFORMATIVA**

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Arrillhjere Demonstration House |
| Categoria intervento: | Nuova costruzione |
| Tipologia: | Alice Springs, Australia |
| Progettisti: | Brendan J. Meney Architects |
| Committente: | Pubblico-privato |
| Gestione del progetto: | Arch. B.Meney, O.Veverbrants |
| Strutture: | CAT costruzioni |
| Impresa: | CAT costruzioni+tirocinanti scuola |
| Sup. Coperta: | 252,00 mq (135,00 mq sup. racchiusa) |
| Cronologia: | 1997 |
| Costo: | 103.450 euro |

**Scheda A**

tecnica costruttiva **mattoni di terra e bitume**

## Alloggio Sperimentale ⇢ contemporaneità e autosufficienza

**ASPETTI TECNOLOGICI**

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
artigianale ● | artigianale avanzato | industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec | XX sec. ● | XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
Tradizionale ● | industrializzato | mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso | sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto | medio | basso ●

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
alto ● | medio | basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
monolitica | a telaio ● | a pannelli portanti | cellulare ●

**Scheda B**

*A 64 anni, Olive Veverbrants ha istituito il Gloria Lee Ngale Environmental Learning Centre ad Alice Springs, Australia, per fornire agli aborigeni un luogo dove acquisire esperienza pratica e conoscenza delle tecniche costruttive, oltre alle pratiche di produzione alimentare, per poter contribuire direttamente ad un più sano stile di vita. Le comunità aborigene sono spesso colpite da difficoltà economiche e non riescono ad ottenere un alloggio decente per i loro membri. In risposta a questo, la Arrillhjere Demonstration House è stata concepita come veicolo per insegnare tecniche di costruzione adatte all'outback australiano in modo che i partecipanti potessero prendere ed insegnare quelle competenze alle loro comunità. Il centro è circondato da un deserto caratterizzato da estati lunghe e calde, e repentine variazioni di temperatura. La casa è progettata per sfruttare l'ambiente estremo dell'Australia centrale, dove il terreno, la pioggia e il sole sono le risorse più preziose disponibili. Gli spessi muri di terra della casa sono costruiti con14.000 mattoni di fango fatti a mano impiegando il terreno rosso trovato sul posto e stabilizzato con bitume per aumentarne la resistenza all'acqua e ridurre i costi di manutenzione. L'architetto Brendan Meney ha scelto di utilizzare mattoni (10x 12,5x30 cm) per facilitare la produttività grazie al loro peso leggero e maneggevolezza. Per fornire un equivalente termico in massa paragonabile a quello di muri di terra molto più spessi e densi, i mattoni sono stati suddivisi in due strati separati da una cavità larga 5 cm riempita di sabbia. I muri in mattoni sono stati posizionati su di una fondazione realizzata impiegando terra battuta presa direttamente dallo scavo dell'impronta dell'edificio e stabilizzata con il 10% di cemento. L'impiego di terra battuta per la fondazione si è dimostrato meno costoso di una fondazione che utilizza cemento con rinforzi in acciaio, anche se il processo è più laborioso, poiché richiede la pigiatura a mano degli strati di terreno. Le verande esterne ed i pavimenti interni sono realizzati in terra battuta; le pareti interne sono rifinite con intonaci a base di terra, il cui elevato contenuto di argilla e mica illumina l'interno in modo naturale. L'impiego di energia solare per i sistemi di distribuzione e raccolta dell'acqua e sistemi di raffreddamento passivo sono impiegati per l'auto-sufficienza della casa. Pannelli fotovoltaici collegati a 24 batterie, gestiti da un regolatore solare e inverter, forniscono abbastanza elettricità per generare tutte le luci e gli apparecchi di una tipica casa australiana.*

*Poiché l'acqua piovana è scarsa (tipicamente 410 millimetri all'anno), essa viene raccolta dal tetto, e accumulata in due serbatoi di acciaio zincato da 22,75 mc. Una pompa alimentata dal sistema fotovoltaico invia questa acqua ad un altro serbatoio da 500 litri, posizionato in alto, da cui, al bisogno, è tratto per gravità il sistema di distribuzione alla casa (doccia e lavelli). Dispositivi water-saving contribuiscono alla conservazione dell'acqua e sono collegati alla cucina e al bagno; servizi igienici di compostaggio sono stati installati al posto di un gabinetto con sciacquone. Le acque grigie e le acque reflue provenienti da docce e lavandini, vengono riutilizzate per irrigare gli alberi del frutteto. I rifiuti domestici sono ridotti al minimo ed ordinati separatamente in materia organica (compostaggio) e materiale riciclabile.*

*Da un punto di vista strutturale, la casa è costituita dal sistema portante indipendente, in acciaio, del tetto-ombrello, progettato per creare spazi esterni ombreggiati e per proteggere dal sole le pareti esterne dell'edificio durante l'estate. La superficie racchiusa della casa è di 135 mq, mentre il tetto complessivamente misura 252 mq, vale a dire 1,86 volte la superficie del pavimento. Questo permette ai visitatori di passaggio, che risiedono nell'alloggio separato, di avere l'accesso indipendentealla cucina, doccia, lavanderia e servizi igienici. In linea con l'obiettivo di fornire una soluzione agibile per una tipologia di ambiente arido e secco come Alice Springs, sono state scelte le seguenti caratteristiche principali: massa termica per pareti e pavimenti (terra battuta stabilizzata con cemento e bitume); alti soffitti interni con chiusura di tipo sandwich coibentati; tetto bianco in acciaio ondulato con sporgenza larga per fornire ampie ed ombreggiate aree di vita all'aperto; sistema di ventilazione passiva, attraverso cinque prese d'aria dorsali fisse collegate tramite un condotto flessibile ai registri del soffitto.*

*Il mattone di fango è stato impiegato per costruire due strati di muro paralleli con una cavità larga 5 cm. Mattoni più piccoli sono più facili e più leggeri da maneggiare; grandi mattoni possono creare probabilmente più problemi ed è difficile trovare muratori preparati che assistano nella formazione. Sabbia pulita viene versata nella cavità per ottenere una massa termica paragonabile a quelli di muri in terra più spessi e densi.*

*Sono stati realizzati pavimenti in terra battuta al piano terra e tale scelta è stata fatta per creare maggiore occupazione locale(anche i locali non qualificati possono partecipare), costi ridotti, facilità di scavo, e per la compatibilità con l'ambiente in cui l'edificio è collocato. Le verande, sono anch'esse in terra battuta per le stesse ragioni.*

*Il tetto è costruito utilizzando un sistema di capriate con struttura indipendente in modo da rimuovere il carico dalle pareti e consentire una progettazione degli spazi più flessibile. Questo consente di realizzare forme di alloggio varie e diversificate, e permette ai membri della comunità di partecipare alla progettazione degli spazi di vita sotto il tetto.*

*Il procedimento costruttivo si è sviluppato secondo due fasi: nei mesi più freddi è stata realizzata la copertura in acciaio, nei mesi caldi è stato realizzato il blocco abitativo vero e proprio(pavimento e pareti), in modo che le squadre e gli operai potessero lavorare e costruire in ombra.*

tecnologia ecologica

serbatoi di raccolta dell'acqua

i muri in mattoni di fango sono protetti dall'erosione dal tetto e da intonaci a base di argilla

# Arrillhjere Demonstration House, AUSTRALIA

## PIANTE

1. Sala da pranzo; 2. Cucina; 3. Doccia e lavanderia; 4. Compost toilette a secco;
5. Camere da letto; 6. Soggiorno; 7. Aula; 8. Cisterne di raccolta dell'acqua piovana;
9. Cisterna alta con funzionamento a gravità

livello 0

## DETTAGLI

**COPERTURA:**
sistema portante indipendente, in acciaio, progettato per creare spazi esterni ombreggiati e per proteggere dal sole le pareti esterne dell'edificio durante l'estate; manto di copertura in lamiera ondulata bianca; sistema di ventilazione passiva, ottenuto attraverso cinque prese d'aria dorsali fisse collegate tramite un condotto flessibile ai registri del soffitto;

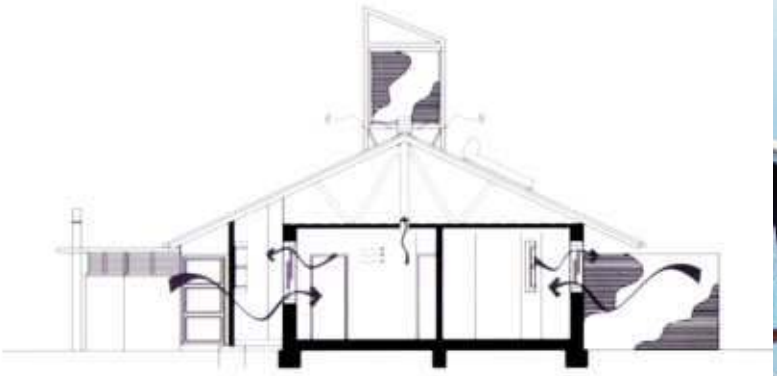
**MURI:**
mattoni di fango (10x12,5x30 cm) fatti a mano impiegando il terreno rosso trovato sul posto stabilizzato con bitume per aumentarne la resistenza all'acqua e ridurre i costi di manutenzione; i mattoni sono stati suddivisi in due strati separati da una cavità larga 5 cm riempita di sabbia;

**RIFINITURE:**
grezza sulla parte esterna; all'interno le pareti sono rifinite con intonaci a base di terra, il cui elevato contenuto di argilla e mica illumina l'interno in modo naturale;

**PAVIMENTI:**
verande esterne e pavimenti interni sono realizzati in terra battuta;

**FONDAZIONI:**
realizzata impiegando terra battuta presa direttamente dallo scavo dell'impronta dell'edificio e stabilizzata con il 10% di cemento.

# SEZIONI



SEZIONE A-A

# Arrillhjere Demonstration House, AUSTRALIA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

## Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *La fondazione è stata realizzata in terra battuta stabilizzata impiegando cemento al 10%, utilizzando terra presa dallo scavo dell'impronta dell'edificio sul suolo; questo crea meno dispendio di energia e permette anche ai locali non qualificati di partecipare.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura portante indipendente del tetto è in acciaio, poiché il legno ha una durata limitata in questo clima caldo e secco e inoltre i componenti occupano meno spazio nel trasporto; l'edificio ha per il resto struttura cellulare.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il primo orizzontamento è stato realizzato in terra battuta stabilizzata con cemento.* |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali, sono costituite da mattoni di terra locale stabilizzata con bitume per aumentarne la resistenza all'acqua, suddivisi in due strati separati da una cavità larga 5 cm riempita di sabbia.* |
| | Chiusura di copertura | *La chiusura di copertura è realizzata con pannelli costituiti da uno strato di stirene isolante all'interno di un lamiera ondulata di colore bianco, per consentire l'isolamento attraverso il volume d'aria che si accumula nell'intercapedine sotto la tettoia.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali, realizzate in mattoni di terra, senza intercapedine.* |
| | Partizione interna orizzontale | *E' la chiusura di copertura.* |

## Scheda D

**INVOLUCRO**

- ● Facciata strutturale
- Facciata non strutturale
- Sistema di facciata in vetro
- Sistema di facciata in legno
- Sistema di facciata in calcestruzzo
- Sistema di facciata in plastica
- Sistema di facciata in laterizio
- Sistema di facciata in pietra naturale
- Sistema di facciata in alluminio
- ● Sistema di facciata in terra cruda

**Fattibilità costruttiva**

- Difficile
- Mediamente difficile
- ● Facile

**Trasporto delle materie prime e dei componenti**

- Lungo raggio (oltre i confini nazionali)
- ● Medio raggio (dentro i confini nazionali)
- ● In loco

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

## Scheda E.1

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | ● | | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | ● | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | ● | | |
| | Manutenibilità | ● | | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | | ● | |
| | Materico | | ● | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | ● | | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | | ● | | |
| Riparabilità | | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | | |
| Demolibilità | | ● | | |
| Recuperabilità | | ● | | |
| Aggregabilità | | ● | | |
| Correlazioni ** | | ● | | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | ● | |
| | Collettori solari | ● | |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | ● | |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | ● | |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | ● | |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | ● | |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | ● | |

| | | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | | | ● |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Facile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: Medio raggio In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 25 | 2 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

4 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

| Condizionamento | Gestione delle acque | Impianto elettrico |
|---|---|---|
| invernale estivo | 3 /3 | Autonomo |

## BIBLIOGRAFIA

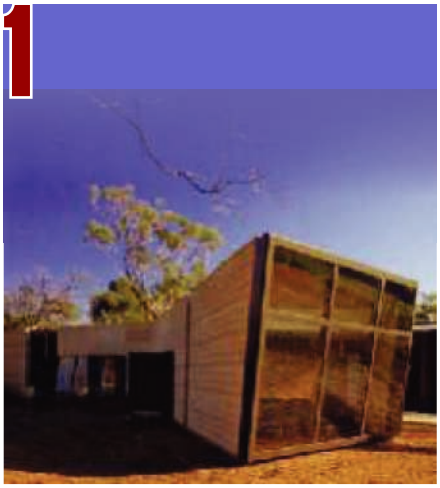
Ronald Rael, "Earth Architecture", Graham Fondation/Princeton Architectural Press, New York, 2009
ABC Radio Tape Sales information, "Sustainable House in Central Australia", 1998, sta in www.abc.net.au
M. Parnell, a cura di, "Arrillhjere Demonstration House", Newsletter Article 2/1998, sta in www.caddet-re.org
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

# VINEYARD RESIDENCE

## J. Wardle Architects

## VICTORIA, AUSTRALIA

## 2002



# VINEYARD RESIDENCE, VICTORIA, AUSTRALIA

## SCHEDA INFORMATIVA

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Vineyard Residence |
| Categoria intervento: | Nuova costruzione |
| Tipologia: | Casa unifamiliare isolata |
| Ubicazione: | Victoria, Australia |
| Progettisti: | John Wardle Architects |
| Committente: | Privato |
| Gestione del progetto: | John Wardle Architects |
| Strutture: | John Wardle Architects |
| Impresa: | ND |
| Sup. Coperta: | 400,00 mq |
| Cronologia: | 2002 |
| Costo: | ND |

Scheda A

tecnica costruttiva **terra battuta**

## Edificio residenziale ..... > evocazione e modernità

**ASPETTI TECNOLOGICI**

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
artigianale ● artigianale avanzato industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec XX sec. ● XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
Tradizionale industrializzato ● mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto medio ● basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
● alto medio basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
● monolitica a telaio a pannelli portanti cellulare

Scheda B

*Il Vineyard Residence è stata costruita con terra battuta per evocare la qualità di una tradizionale casa colonica con annesso vigneto, sintetizzare la passione dei proprietari per la viticoltura, e rappresentare la scelta del loro passaggio dalla città alla campagna. L'architetto John Wardle ha superato le loro aspettative con un design concept che è analogo all'innesto delle coltivazioni. Egli rappresenta il trasferimento dei suoi clienti dalla città alla campagna, come l'innesto di nuovi vigneti su vecchi porta innesti, e ricava ogni aspetto della casa, dall'orientamento, al programma, alla forma e ai materiali, da questa idea.*

*La casa è circa 400 mq e si trova a Victoria, in Australia, sulla penisola di Mornington. I 24 ettari del vigneto sono circondati da un paesaggio di pascoli coltivati e alberi da gomma . All'interno del paesaggio naturale, la casa è posizionata completamente come se fosse il ramo di una vite, ed è orientata, come le viti, verso il sole: il prospetto nord della casa è allineato parallelamente alla fila di tralicci d'uva, e la struttura in legno e acciaio della veranda crea un ombra continua oltre la casa, che si estende nella vigna, stabilendo un legame tra il sole, la casa, e il territorio. La casa è divisa in due parti, una foresteria e un'ala privata, che si innestano sulla zona giorno attraverso il blocco della cucina, la cantina, e lo studio, che sono le zone cardine di lavoro - il porta innesto - della casa. L'ala privata racchiude la camera da letto matrimoniale, e l'ala degli ospiti comprende due camere da letto e il garage.*

*La posizione prominente della casa, offre un panorama che abbraccia il vigneto, le dolci colline, e Mount Eliza in lontananza. Visto l'emozionante veduta in tutte le direzioni, una gerarchia di filtri, viste incorniciate, caratterizzano l'interno della casa. Una schermatura all'ingresso offre privacy, e cela la vista ai visitatori in arrivo. Vedute panoramiche si aprono dal soggiorno principale, attraverso una veranda sul lato nord dell'edificio, dalla cucina e dalla terrazza affacciata ad est, dallo studio, che si apre al giardino sulla facciata sud. La camera da letto matrimoniale apre la vista verso il vigneto attraverso una grande apertura delimitata da affusolate e spigolose pareti in terra battuta - una metafora dei rami potati da cesoie. Questo crea un dinamismo nella zona esterna e uno spazio altrettanto dinamico all'interno della camera matrimoniale, un cambiamento radicale rispetto alla qualità tipicamente statica delle strutture di terra. La camera da letto matrimoniale, con le sue pareti angolose, pesca verso l'esterno, evocando la*

*sensazione di continuare nel paesaggio. La gerarchia del vigneto si estende anche ai materiali utilizzati per la casa: i muri in terra predominano su tutti gli altri materiali, e per costruirli è stata utilizzata la terra di una cava a soli 6 chilometri di distanza. Granito schiacciato, normalmente utilizzato nella costruzione di autostrade, è stato aggiunto insieme ad una piccola quantità di cemento come stabilizzante, ed una resina impermeabilizzante per proteggere dalle intemperie la terra stabilizzata.*
*Nel rispetto per la terra, tutti gli altri materiali, come tubi di piombo e cavi elettrici, non sono integrati nei muri di terra battuta.*

*Altri materiali in casa assumono l'aspetto di innesto e piegatura. All'interno, sovrapposizioni in legno di sassofrasso sembrano crescere dalle pareti in terra battuta, diventando scaffali o posti a sedere. L'impiego del legno oltrepassa i limiti della zona giorno, fino alla cucina e alla camera da letto principale. Il metallo e l'alluminio sono stati utilizzati dall'architetto, ispirato dalle foglie delle viti, in fogli, sagomati in modo da riflettere la luce del sole, così come nella parte inferiore della struttura della veranda, in acciaio e legno. Per completare l'analogia, un sistema di pluviali, in acciaio, si snoda dal tetto e ripiega per allontanare le acque dalla struttura. Il progetto bioclimatico previsto per la casa, integra aerazione naturale, attraverso un sistema di ventilazione incrociata che ne percorre tutte le aree, riscaldamento solare passivo e basso consumo energetico.*
*La forma della casa ha un vigore che sfida l'inerzia del materiale predominante(terra battuta) . L'architetto ha scommesso sulla modernità. Attraverso l'uso di materiali proveneienti in parte dalla terra, ha adattato la costruzione al paesaggio agreste del vigneto e all'architettura locale della penisola di Mornington, non giungendo mai, però, alla decontestualizzazione. Citando la sua stessa metafora, è come se un nuovo vitigno fosse stato innestato sulla pianta stagionata.*

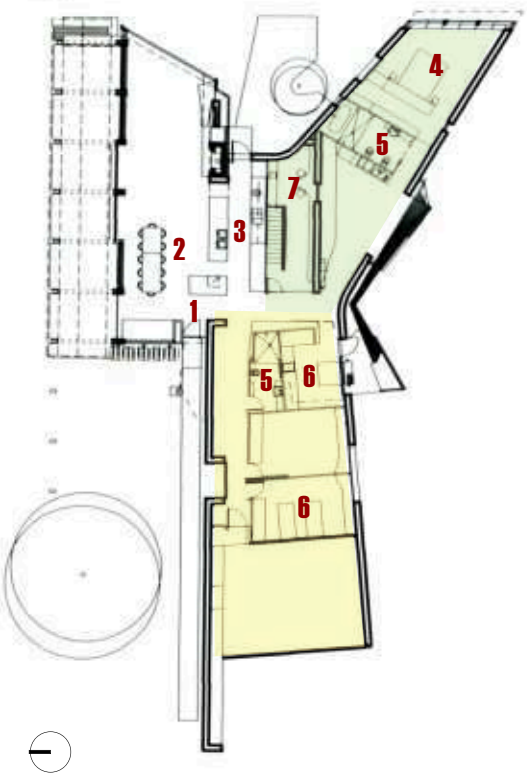
nella zona giorno sovrapposizioni in legno sembrano crescere dalle pareti in terra battuta, diventando scaffali o posti a sedere, assumendo anch'essi l' aspetto di innesto e piegatura

la parte terminale del muro in terra battuta ha un taglio dinamico verso la vigna, espandendo gli ambienti verso il paesaggio

# VINEYARD RESIDENCE, VICTORIA, AUSTRALIA

## PIANTE

1. Ingresso; 2. Zona pranzo; 3. Cucina; 4. Camera da letto; 5. Bagno; 6. Camere ospiti; 7. Studio.



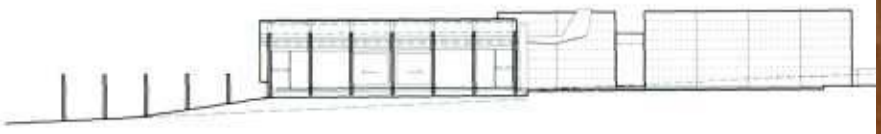

livello 0 foresteria ala privata

## DETTAGLI

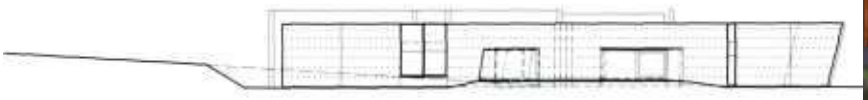
**MURI:**
sono in terra battuta; per costruirli è stata utilizzata la terra di una cava a soli 6 km di distanza; la miscela è costituita da granito schiacciato con aggiunta una piccola quantità di cemento come stabilizzante, ed una resina impermeabilizzante per proteggere dalle dalle acque meteoriche.

**RIFINITURE:**
anche gli altri materiali impiegati assumono l'aspetto di "innesto"; il metallo e l'alluminio sono stati utilizzati traendo ispirazione dalle foglie delle viti, in fogli sagomati in modo da riflettere la luce del sole; il legno, impiegato all'interno della casa in particolari che emergono dalle pareti in terra battuta, diventando scaffali o posti a sedere.

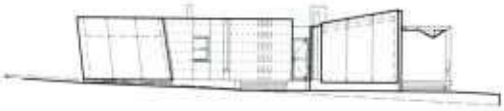
# PROSPETTI



PROSPETTO NORD



PROSPETTO SUD



PROSPETTO EST

# VINEYARD RESIDENCE, VICTORIA, AUSTRALIA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

## Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | |
| | Struttura di elevazione | *La struttura resistente dell'edifcio è monolitica, realizzata con muri portanti in terra battuta addizionata a cemento e resine impermeabili.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali, sono sostanzialmente le strutture in elevazione, quindi sono muri in terra battuta a ricorsi orizzontali di circa 20 cm.* |
| | Chiusura di copertura | |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali.* |
| | Partizione interna orizzontale | |

## Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | ● Facciata strutturale |
| | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| | ● Sistema di facciata in terra cruda |

| | |
|---|---|
| Fattibilità costruttiva | ● Difficile<br>Mediamente difficile<br>Facile |
| Trasporto delle materie prime e dei componenti | Lungo raggio (oltre i confini nazionali)<br>Medio raggio (dentro i confini nazionali)<br>● In loco |

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

## Scheda E.1

| (norme UNI/CE 0050 del 1980) | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | ● | | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | ● | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | | ● | |
| | Manutenibilità | | ● | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | ● | | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | | ● | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | | ● | |
| Demolibilità | | ● | |
| Recuperabilità | | ● | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | | ● | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | | ● |
| | Collettori solari | ● | |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | | ● |
| | Serra | | ● |
| | Sistemi di schermatura solare | | ● |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | | ● |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | | ● |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | | ● |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | ● | |

| | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | ● | | |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Difficile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 20 | 7 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

1 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

Condizionamento: invernale estivo

1 /3

Gestione delle acque

Impianto elettrico: Rete pubblica

## BIBLIOGRAFIA

Ronald Rael, "Earth Architecture", Graham Fondation/Princeton Architectural Press, New York, 2009
Gernot Minke, "Building with earth", Birkhauser-Publisher for Architecture, Svizzera, 2009
norme UNI 8290/1981
norme UNI/CE 0050/1980

# WOHNHAUS FLURY

## Spaceshop Architekten
## DEITINGEN, SVIZZERA,
## 2010

# WOHNHAUS FLURY, DEITINGEN, SVIZZERA, EUROPA

**SCHEDA INFORMATIVA**

| | |
|---|---|
| Denominazione: | Wohnhaus Flury |
| Categoria intervento: | Nuova costruzione |
| Tipologia: | Casa unifamiliare |
| Ubicazione: | Deitingen, Svizzera |
| Progettisti: | Spaceshop Architekten |
| Committente: | Privato, sig. Ueli Flury |
| Gestione del progetto: | Ralph Künzler (cons. argilla), Heinz Leuthe (fisica), AAB (cons. ecologia) |
| Strutture: | Holz Galli (design), Planung Holz TS (fornitura legno) |
| Impresa: | Roht Dach (copertura), Gunzgen; OEKAG (imp. idraulico), Lucerna; Rohn Subingen (imp. elettrico) |
| Sup. Coperta: | 100,00 mq |
| Cronologia: | 2007 Progetto, 2010 Costruzione |
| Costo: | ND |

Scheda A

tecnica costruttiva terra paglia

## Edificio residenziale ..... > progettazione intelligente

**ASPETTI TECNOLOGICI**

**PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO:**
● artigianale  artigianale avanzato  industrializzato

**POSSIBILE DATAZIONE:**
XVII - XIX sec  XX sec.  ●XXI sec

**TECNICA COSTRUTTIVA:**
●tradizionale  industrializzato  mista

**TIPOLOGIA DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
sistema chiuso  sistema aperto

**GRADO DI INDUSTRIALIZZAZIONE:**
alto  medio  ●basso

**GRADO DI INNOVAZIONE:**
● alto  medio  basso

**TIPOLOGIA STRUTTURALE:**
monolitica  ●a telaio  a pannelli portanti  cellulare

Scheda B

*Questa casa è stata realizzata nel cantone svizzero di Solothurn, nella comunità di Deitingen, un piccolo borgo di contadini. Il committente, giardiniere di professione, per un lungo periodo aveva approfondito le tematiche dell'autarchia, dell'ecologia e della salute, rielaborando, con l'ausilio di un team di progettisti, le condizioni circostanziali concrete inerenti l'impiantistica e la scelta dei materiali per il nuovo edificio. Egli ambiva a realizzare una casa ecologica e sostenibile a basso contenuto tecnologico con l'utilizzo, tra l'altro, di materiali non inquinanti, privi di sostanze nocive e che richiedessero meno energia grigia possibile. Decise di indire un concorso invitando quattro studi di architettura, anche se il progetto vincitore dello studio Spaceshop Architekten fu ulteriormente sviluppato. Il nuovo edificio sorge su un ampio giardino occupato già da un ex cascina, inserito in un ambiente rurale. L'architettura funge da trait-d'union fra giardino e laboratorio.*

*Un muro in pietra separa i due spazi esterni collegandosi al basamento della casa. Due muri di 80 cm di spessore a forma di L in adobe di terra paglia determinano la forma della pianta, composta di tre spazi connessi tra loro da un apertura sottile e aperti da finestre di grande dimensione rivolte verso il giardino. L'ingresso conduce il visitatore verso il centro della casa dove si colloca il focolare, la zona pranzo. La disposizione e l'apertura dello spazio consentono la relazione, lungo tutti i lati, con il giardino determinando un passaggio interno-esterno senza soluzione di continuità.*
*Con l'obiettivo di realizzare un edificio sostenibile, diventa significativo selezionare i materiali. I criteri di scelta, oltre l'idoneità di ogni elemento edile, riguardano l'energia grigia o energia impiegata per la produzione, il trasporto e il successivo smaltimento, la naturalità del materiale impiegato. Questi ultimi sono la pietra naturale, la terra, la fibra vegetale e il legno, tutti locali (entro un raggio di 10 km). Il tema dei materiali locali si contrappone alla questione della mobilità senza confini della nostra società, e all'enorme trasferimento di materiali nel settore edilizio. Per tutti i materiali impiegati nel progetto, dall'estrazione alla loro lavorazione, è stata sufficiente una quantità minima o quasi nulla di energia. Si è rinunciato ai prodotti cementizi e ai derivati del petrolio, e tutti i materiali non sono raffinati ma grezzi. Oltre ai materiali principali, ne sono stati utilizzati altri di facile reperibilità sul mercato. Per coibentare l'edificio e conseguire un buon grado di risparmio*

tecnica artigianale_linguaggio contemporaneo

energetico, sono stati impiegati isolanti naturali e barriere al vapore. Altro elemento caratterizzante è la semplicità della struttura. Pur osservando le principali regole tecniche e fisico tecniche, la ricerca si è orientata verso soluzioni particolarmente semplici. Le dimensioni percettibili e il carattere grezzo degli elementi edili rendono la struttura costruttiva della casa ovunque leggibile.La struttura portante è composta di elementi in legno di abete rosso proveniente dalle foreste vicine. Per fare in modo che il legno avesse un contenuto d'acqua minimo è stato effettuato il taglio rispettando le fasi lunari. Il materiale ligneo da costruzione e da rivestimento è solo massello e non incollato. Le travi di pavimento del piano terra hanno un interasse corrispondente ad una balla di fibra vegetale (paglia) pressata, utilizzata come materiale isolante.Il basamento e le pareti del piano interrato, sono rivestiti in pietra riciclata; sono state utilizzate pietre tombali e materiale lapideo provenienti dalla demolizione di muratura e ponti, che il committente ha collezionato per anni. Le pietre, non trattate, sono messe in opera impiegando malta a base di calce di Trass*. I muri divisori tra gli spazi principali della casa sono stati realizzati in terra paglia, dello spessore di 80 cm. Abbandonata l'idea di utilizzare la tecnologia della terra battuta, si è adottatta, dopo alcune ricerche, quella che prevede l'utilizzo di argilla e fibra vegetale senza la cassaforma in legno. Dopo l'asciugatura, il procedimento di questa tecnica quasi dimenticata ma ancora visibile In antiche case di regioni limitrofe, prevede la stesura di vari strati Di terra e paglia a diverse altezze. I carichi vengono assorbiti dai pilastri in legno inseriti nei muri di terra paglia. La copertura, così come il pavimento, sono stati realizzati sistemando delle balle di paglia fra le travi principali, come isolante termico. Il manto di copertura è in gomma sintetica rivestito con un substrato di scaglie di laterizi riciclati; un inverdimento estensivo costituisce uno strato di compensazione ecologica e crea condizioni vantaggiose per l'accumulo dell'acqua piovana.

Invece di creare impianti articolati, per l'approvvigionamento energetico sono stati presi in considerazione semplici principi attivi e un'intelligente comportamento d'uso. L'impianto di aerazione cui fa riferimento lo standard Minergie adottato in Svizzera, non è stato preso in considerazione. Sono infatti i muri in terra paglia a regolare l'umidità presente nell'aria. Per la produzione di calore, nei periodi che necessitano di riscaldamento, entra in funzione una stufa centrale a legna collocata al centro della casa che è anche la zona cucina, come in alcune abitazioni storiche. Il riscaldamento a legna è in linea con il più attuale stato della tecnica e ottempera a tutte le norme europee rispettando i valori limite di emissione. Mentre una minima percentuale del calore prodotto viene utilizzata per il riscaldamento degli ambienti, la maggior parte del calore viene immagazzinata in un accumulatore ad acqua posizionato in cantina: l'acqua si distribuisce in maniera controllata nei radiatori. Anche l'approvvigionamento dell'acqua funziona in maniera indipendente rispetto alla rete pubblica: l'acqua potabile viene fornita dal pozzo di proprietà dell'ex azienda agricola. Le acque grigie provenienti dagli scarichi della cucina e del bagno vengono purificate da uno speciale sistema di filtraggio di piante arenicole e riutilizzate nel vicino negozio di fiori. La parte solida delle acque nere confluisce separatamente in una compostiera.

L'energia elettrica necessaria viene prodotta da un impianto fotovoltaico collocato sulla vecchia cascina adiacente: l'energia prodotta in eccesso viene venduta alla rete. Si è rinunciato alle connessioni internet, alla televisione e al telefono.

## innovazione nella tradizione

l'energia viene prodotta da un impianto fotovoltaico collocato sulla vecchia cascina adiacente

gli spessi muri sono costituiti da una miscela di argilla e paglia, che viene accumulata senza cassaforma, livellata con una vanga, e successivamente, il muro finito e secco viene punzecchiato con un forcone

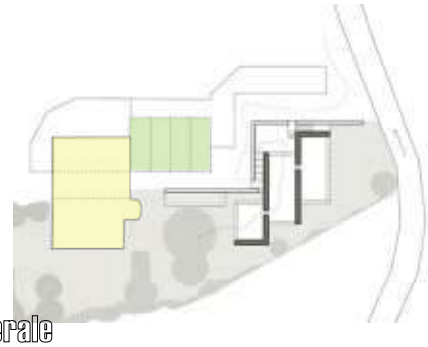
*Il Trass è una pozzolana naturale, proveniente da rocce metamorfiche, viene utilizzata come legante. Il Trass da solo non indurisce ma in combinazione con la calce o cemento permette di ottenere delle malte con elevate caratteristiche tecniche.

# WOHNHAUS FLURY, DEITINGEN, SVIZZERA, EUROPA

## PIANTE

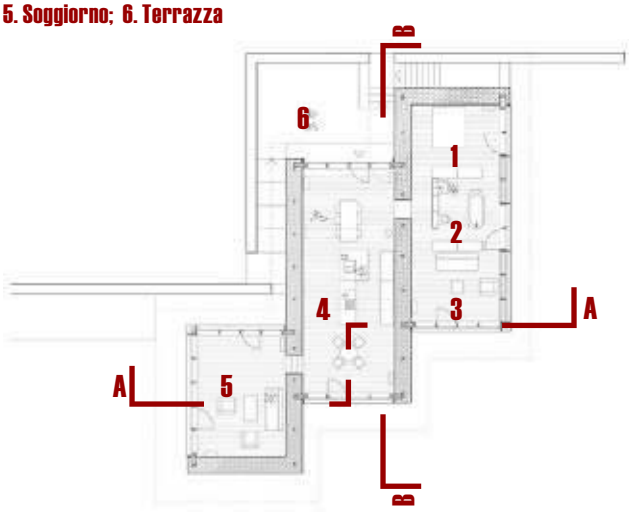
ex casa rurale

vivaio



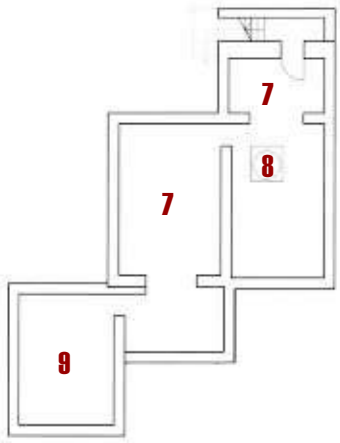
planimetria generale

1. Camera da letto; 2. Bagno; 3. Camera ospiti; 4. Cucina/Sala da pranzo; 5. Soggiorno; 6. Terrazza



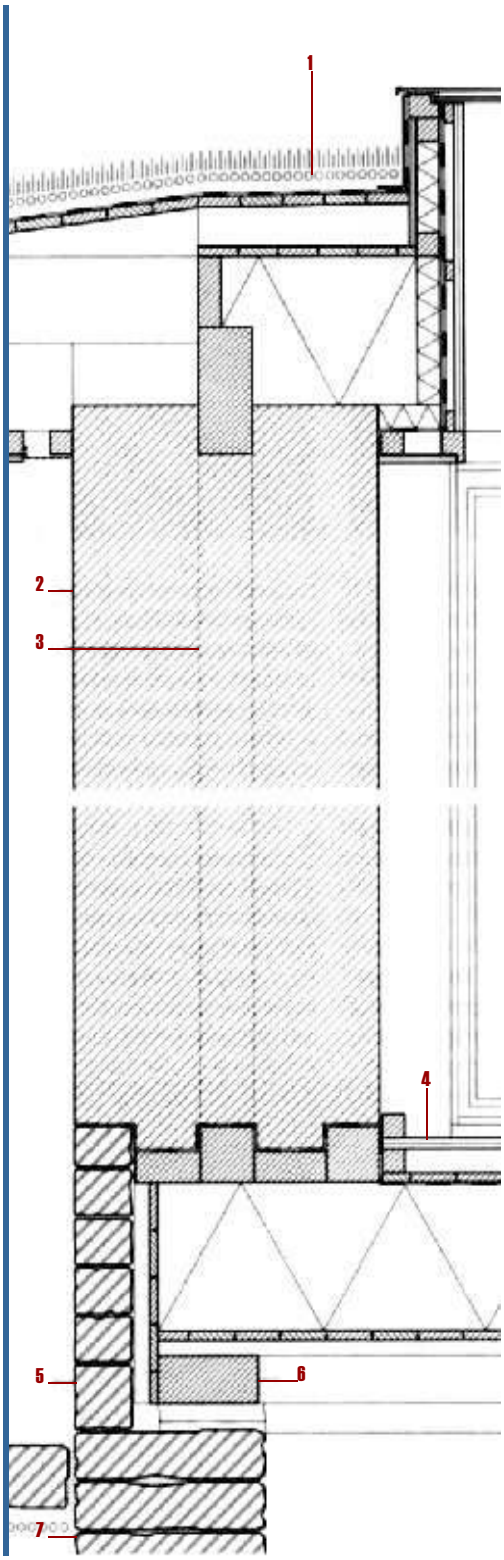

livello 0

7. Cantina; 8. Compostiera; 9. Cantina bassa




livello interrato

## DETTAGLI




1.Substrato in scaglie di laterizi con inverdimento estensivo 80 mm, membrana di protezione in fibra impermeabilizzante, tavole di abete rosso 28 mm, listelli/strato di ventilazione 100/ /150 mm,tavole di abete rosso 24 mm, travi in abete massello 80/440 mm, strato termoisolante intermedio in balle di paglia 490/1000/380 mm su lastra di cellulosa, barriera al vapore, listelli 60/60 mm, tavole in abete a taglio sega 120/20 mm;

2. Parete in terra paglia 800 mm;

3. Montanti in legno 140/140 mm rivestiti con carta oleata;

4. Pavimento in abete massello piallato trattato a cera 120/ /27mm, listelli 60/60 mm, rivestimento a perdere in tavole di abete 24 mm, strato impermeabilizzante, travi in abete massello 440/80 mm, strato termoisolante intermedio in balle di paglia 490/1000/380 mm, tavole di abete rosso 24 mm, correnti perimetrali 40/40 mm;

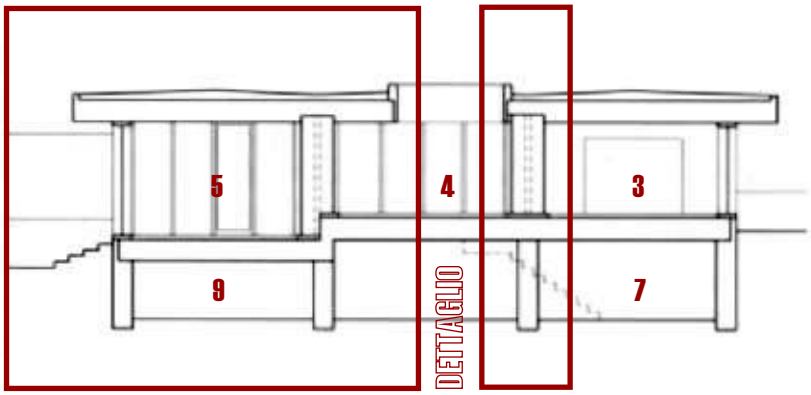
5. Basamento in muratura di pietra naturale 150 mm, intercapedine ventilata con rivestimento a perdere in tavole di abete 24 mm;

6.Soglia in legno 120/ /260 mm;

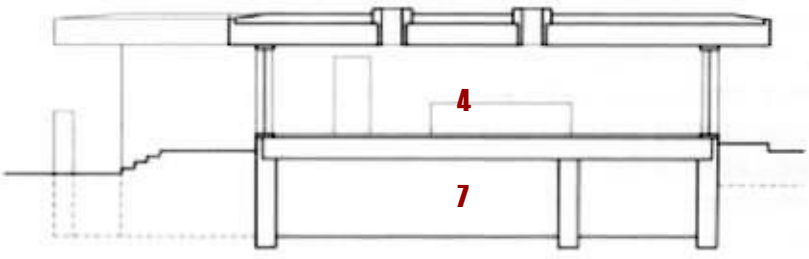
7. Muratura a secco in pietra riciclata 500 mm.

# SEZIONI

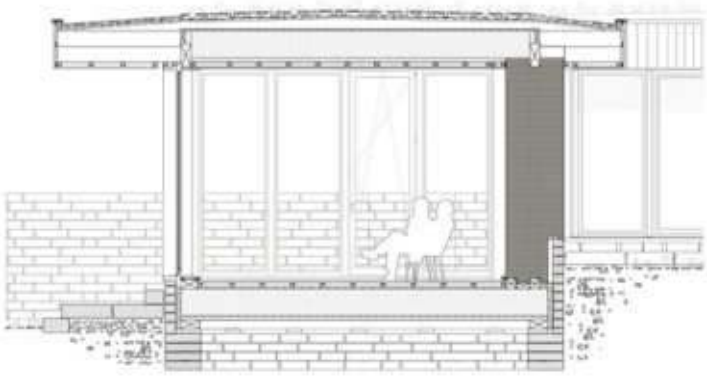
PARTICOLARE




SEZIONE A-A




SEZIONE B-B



PARTICOLARE SEZIONE A-A

# WOHNHAUS FLURY, DEITINGEN, SVIZZERA, EUROPA

## SISTEMA TECNOLOGICO (norme UNI 8290 del 1981)

## Scheda C

| CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE | UNITA' TECNOLOGICHE | |
|---|---|---|
| Struttura Portante | Struttura di fondazione | *L'edificio è costruito su una base in pietra naturalericiclata, ben ventilata; le pietre, non trattate, sono messe in opera impiegando malta a base di calce di Trass*.* |
| | Struttura di elevazione | *La struttura portante dell'edifcio è a telaio, con pilastri e travi in legno massello di abete rosso.* |
| Chiusura | Struttura orizzontale inferiore | *Il primo orizzontamento è realizzato con travi in legno disposte ad interasse di dimensione pari ad una balla di paglia pressata, che collocata tra le travi serve da isolante; il pavimento è in abete piallato, trattato a cera.* |
| | Chiusure verticali | *Le chiusure verticali principali sono muri in terra paglia dello spessore di 80 cm; regolano l'umidità presente nell'aria, assorbono gli odori e possiedono un elevata inerzia termica.* |
| | Chiusura di copertura | *Il tetto è in legno e paglia; la posizione delle travi in legno è impostata su una griglia che risulta esattamente dalle dimensioni delle balle di paglia. Il manto di copertura è fatto di gomma sintetica ed ha un substrato di mattoni riciclati sopra il quale un rinverdimento estensivo crea un equilibrio ecologico.* |
| Partizione interna | Partizione interna verticale | *Sono le stesse delle chiusure verticali.* |
| | Partizione interna orizzontale | *Corrisponde al primo orizzontamento.* |

## Scheda D

| INVOLUCRO | |
|---|---|
| | Facciata strutturale |
| ● | Facciata non strutturale |
| | Sistema di facciata in vetro |
| | Sistema di facciata in legno |
| | Sistema di facciata in calcestruzzo |
| | Sistema di facciata in plastica |
| | Sistema di facciata in laterizio |
| | Sistema di facciata in pietra naturale |
| | Sistema di facciata in alluminio |
| ● | Sistema di facciata in terra cruda |

| Fattibilità costruttiva | |
|---|---|
| | Difficile |
| | Mediamente difficile |
| ● | Facile |

| Trasporto delle materie prime e dei componenti | |
|---|---|
| | Lungo raggio (oltre i confini nazionali) |
| | Medio raggio (dentro i confini nazionali) |
| ● | In loco |

## Scheda E.1

## CLASSI E SELEZIONE DI ALCUNE SOTTOCLASSI DI ESIGENZE DELL'UTENZA IN EDILIZIA

(norme UNI/CE 0050 del 1980)

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Sicurezza | Statica | ● | | |
| | Al fuoco | ● | | |
| Benessere | Termico | ● | | |
| | Acustico | ● | | |
| | Luminoso | ● | | |
| Fruibilità | Attrezzabilità (arredi) | ● | | |
| | Flessibilità (uso) | ● | | |
| Gestione | Mantenimento dell'integrità | ● | | |
| | Manutenibilità | ● | | |
| Integrabilità | Integrabilità impiantistica | ● | | |
| | Coordinamento dimensionale | ● | | |
| | Integrabilità funzionale | ● | | |
| Integrabilità al contesto * | Climatico | ● | | |
| | Paesaggistico | ● | | |
| | Materico | ● | | |
| | Culturale - sociale | ● | | |
| | Adattabilità a diversi contesti | | ● | |
| Salvaguardia dell'ambiente | Controllo dell'uso delle risorse | ● | | |
| Aspetto | Regolarità geometrica | ● | | |
| | Attitudine a finiture diversificate | ● | | |

## SELEZIONE DI ALCUNI REQUISITI TECNOLOGICI (norme UNI 8290 del 1981, parte II - Edilizia residenziale)

| | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|
| Facilità di intervento | ● | | |
| Riparabilità | ● | | |
| Sostituibilità | ● | | |
| Demolibilità | ● | | |
| Recuperabilità | ● | | |
| Aggregabilità | ● | | |
| Correlazioni ** | ● | | |

**Scheda E.2**

## CARATTERISTICHE E SOLUZIONI PROGETTUALI BIOCLIMATICHE

| | | alta | media | bassa |
|---|---|---|---|---|
| Aspetti generali | Studio della forma | ● | | |
| | Orientamento delle facciate | ● | | |
| | Disposizione delle aperture | ● | | |
| | Illuminazione naturale | ● | | |
| | Ventilazione naturale | ● | | |
| | Soleggiamento | ● | | |
| | Disposizione degli ambienti interni | ● | | |
| | Isolamento termico | ● | | |

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Elementi e componenti | Pannelli fotovoltaici | ● | |
| | Collettori solari | ● | |
| | Microturbina eolica | | ● |
| | Camino di ventilazione | ● | |
| | Serra | ● | |
| | Sistemi di schermatura solare | | ● |
| | Pannelli radianti | | ● |
| | Patio | | ● |
| | Tetto verde | ● | |
| | Facciata ventilata | | ● |

**Scheda F**

## SISTEMA IMPIANTISTICO - Tecnologie attive e passive

| | | presente | assente |
|---|---|---|---|
| Condizionamento invernale | | | ● |
| Condizionamento estivo | | | ● |
| Gestione delle acque | Impianti di raccolta e riutilizzo acque piovane | ● | |
| | Impianti di riutilizzo acque grigie | ● | |
| | Impianto di produzione acqua calda solare | ● | |

| | Rete pubblica | Fotovoltaico collegato alla rete | Autonomo |
|---|---|---|---|
| Impianto elettrico | | ● | |

**Scheda G**

## CONCLUSIONI

### Scheda D

FATTIBILITÀ COSTRUTTIVA: Facile

TRASPORTO DELLE MATERIE PRIME E DEI COMPONENTI: In loco

### Scheda E

RISPONDENZA TRA ESIGENZE DELL'UTENZA E REQUISITI TECNOLOGICI

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 26 | 1 | 0 |

### Scheda F

CARATTERISTICHE E SOLUZIONI BIOCLIMATICHE

| alto | medio | basso |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |

Aspetti generali

5 /10

Elementi e componenti

### Scheda G

IMPIANTI TECNICI

| Condizionamento | Gestione delle acque | Impianto elettrico |
|---|---|---|
| invernale estivo | 3 /3 | Fotovoltaico collegato alla rete |

## BIBLIOGRAFIA


"Okologisches einfamilienhausin Deitingen", sta in Detail n.4, Monaco, 2011

"Portrait und Projekte", Spaceshop Architekten GmbH, maggio 2011, sta in www.spaceshop.ch

"Architektur-Reportage: Konsequent ökologisch", sta in www.hausinfo.ch

"Spaceshop architekten (Biel) mit dem projekt Wohnhaus Flury in Deitingen,Schweiz", sta in Solutions Inside n.01, Wilnsdorf, 2011

norme UNI 8290/1981

norme UNI/CE 0050/1980

## 5.4 BILANCI : INNOVAZIONI E LIMITI DELLE SOLUZIONI ANALIZZATE

Dalle considerazioni effettuate analizzando i casi studio emerge, in generale, per tutte le architetture prese in esame, una consapevolezza, sull'impiego delle tecniche che utilizzano la terra cruda, di grande fiducia verso questo materiale. Le soluzioni analizzate, presentano, infatti, tutte livelli di confort abitativo più che buoni; emerge dall'analisi dei dati fotografici, tecnici e dalle indagini dirette, che le abitazioni presentano soluzioni tecnologiche che fanno dedurre alti livelli prestazionali dei singoli componenti e, di conseguenza, degli interi fabbricati. Una prima considerazione è possibile farla quindi, in sintonia con quanti, in questi ultimi anni, si sono spesi per sfatare le convinzioni sulla "povertà" di queste tecniche costruttive e del suo materiale di base che è la terra.

La selezione e l'analisi delle costruzioni scelte come casi studio è proseguita con la volontà di approfondire la riflessione su alcuni altri punti nodali, valutando requisiti e quindi prestazioni, soluzioni architettoniche e tecnologiche al fine di poterne analizzare punti di forza e debolezza.

VALUTAZIONE DI REQUISITI E CLASSI ESIGENZIALI

La valutazione di requisiti e classi esigenziali, così come descritto nei paragrafi precedenti, hanno consentito una valutazione di tutti gli edifici analizzati dal punto di vista di alcune caratteristiche prestazionali, ad indicare una già consolidata coesistenza tra architettura e sostenibilità. Le tecniche costruttive, con le quali sono state realizzate queste opere analizzate sono: la terra battuta, i mattoni, i massoni e la terra paglia. Se si esclude il caso dei massoni, che nell'esempio preso in esame, di restauro e ampliamento di un fabbricato esistente, possiamo relegare ad un ambito geografico preciso, l'Abruzzo, per le altre tecniche è evidente come, da tempo, sia iniziata una fase di parziale "globalizzazione" con la diffusione delle tecniche "tradizionali", identitarie di un luogo, dagli originari confini verso nuove sperimentazioni e contaminazioni spazio-temporali. Questo trasferimento, con l'apporto di innovazioni tecnologiche che ne ha migliorato il livello delle caratteristiche prestazionali, ha consentito una lenta ma graduale affermazione della terra cruda come materiale da costruzione, ecocompatibile per eccellenza. Determinare delle invarianti, rispetto alle dislocazioni geografiche, è possibile se le tecniche rispettano le culture e le tradizioni locali, auspicabile negli interventi di restauro; nelle architetture contemporanee è invece possibile che le tecniche costruttive si ibridino, si contagino per meglio assolvere alle funzioni cui sono chiamate, delle quali forse la più importante è quella della salubrità dell'abitare.

Le costruzioni in terra, nell'avere insito il requisito di eco-compatibilità, possono integrare variabili, dettate dal contesto in cui vengono realizzate, ad esempio i materiali di base dell'impasto per il confezionamento degli elementi tecnici, le tecniche costruttive, che sono influenzate dalle caratteristiche della terra del sito, e costanti dettate ad esempio dalle caratteristiche prestazionali richieste dai componenti edilizi che possono realizzarsi.

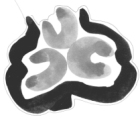
COSTI GLOBALI E SOSTENIBILITÀ

Le architetture di terra analizzate, presentano di contro limiti, legati soprattutto al rapporto tra costi globali e sostenibilità. La terra cruda, un materiale sicuramente sostenibile, considerato di primaria importanza tra quelli definiti dalla cultura low cost, in alcuni casi, come ed esempio la Casa Rauch, dove tecnologie costruttive molto complesse, associate a soluzioni architettoniche di pregio, viene caricata di un sovrappeso energetico, legato principalmente al processo edilizio, che ne fa lievitare i costi globali fino a livelli che potremmo definire di guardia, per questo settore. Di contro, la "stessa" terra, impiegata per realizzare la Rosie Joe House in Utah, sicuramente in contesti culturali e ambientali diversi ma con finalità d'uso simili è costata in termini energetici molto meno, tenendo in considerazione che il solo costo economico è di circa settanta volte inferiore rispetto l'esempio citato in precedenza.

La ricerca, alla luce di queste considerazioni, si orientata verso un'analisi che possa apportare un contributo alla definizione di soluzioni, anche dal punto di vista morfologico, per la realizzazione di elementi tecnici capaci di coniugare le variabili e le costanti enunciate sopra, al fine di suggerire possibili soluzioni innovative, che guardano ai contesti locali, impiegando materiali, tecnologie e manodopera a "chilometro zero", a basso costo energetico globale, con la terra cruda come materiale principale, applicate alle tipologie edilizie per scopi abitativi transitori.

PARTE TERZA

# ANALISI DI LABORATORIO E INDICAZIONI PROGETTUALI INNOVATIVE



CAPITOLO 6

# PROGETTAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DI UN ELEMENTO TECNICO IN TERRA CRUDA, RINFORZATO CON FIBRE NATURALI RICAVATE DAL FOGLIAME DELLA CANNE COMUNI.

## 6.1 ANALISI PRELIMINARI, POTENZIALITÀ PROGETTUALI E CARATTERISTICHE TECNICHE DEL MATERIALE TERRA.

*"Dagli oggetti agli edifici, con la "terra" si può fare quasi tutto! La terra cruda è un materiale le cui caratteristiche plastiche, inerenti alla lavorabilità, e cromatiche, consentono ampie possibilità "figurative*".[1] A sostegno di tale affermazione possono essere ricordate le opere analizzate per il lavoro di questo studio, riportate in bibliografia, le esperienze dirette acquisite nel corso di questi anni e le manifestazioni organizzate dagli enti culturali di ricerca per la diffusione delle tecniche legate alla terra cruda. Da queste indagini emerge come la terra può annoverarsi come uno tra i materiali più versatili che l'uomo abbia a disposizione. Con questo materiale, interpretato nelle sue diverse tecniche costruttive, è possibile realizzare, oltre ad oggetti ornamentali e d'arredo, costruzioni tipiche, in contesti urbani e in contesti aperti, in luoghi freddi e piovosi e in ambiti caldi e secchi. Con la terra cruda e i suoi elementi di base è possibile costruire, manufatti poveri come ricoveri per il bestiame e costruzioni ricche come luoghi di culto, abitazioni, singole nel territorio aperto o collettive nelle città, sempre con una grande varietà di composizioni formali a testimonianza della adattabilità di questa materia prima alle complesse esigenze dell'uomo. Dall'analisi di questo stato dell'arte, condotto con lo studio in generale delle tecnologie della terra cruda e in particolare con una riflessione su una serie di casi tipo riferiti all'edilizia residenziale, si sono tratte una serie di riflessioni sulle potenzialità formali e progettuali per potere affrontare la parte finale dello studio riguardante il progetto di un

[1] M.C. Forlani, Potenzialità progettuali ed espressive: le nuove costruzioni. Dalla libertà creativa alla testimonianza della sostenibilità, in E. Galdieri, a cura di, Scritti sulla terra, Saonara, 2010, pag.29.

elemento di base, un blocco in terra cruda, da impiegarsi nella formazione di partizioni verticali di tamponamento per alloggi transitori.

Fig 55, Rosie Joe House, Arizona, USA, 2003-04-Build BLUFF

IL COMPOSITO TERRA

La terra per le costruzioni può essere considerato un "composito" formato da argilla, aggregati, acqua ed eventuali fibre, mescolati in percentuali variabili a seconda delle necessità da soddisfare. La conoscenza delle prestazioni del materiale e dei manufatti da esso derivati è fondamentale per un uso corretto e responsabile nelle costruzioni e di conseguenza per una cosciente gestione delle sue potenzialità.[2] Le modalità costruttive, così come già ampliamente trattato nei capitoli in precedenza, possono ricondursi a tre grandi famiglie: la terra battuta, i mattoni e la terra alleggerita. Con queste tecniche costruttive possono configurarsi manufatti, componenti edilizi, aventi diverse caratteristiche che dipendono dalle composizioni del conglomerato di base che può essere pesante o leggero, dal sistema di lavorazione che può essere in opera o prefabbricato, manuale o meccanizzato, dalla caratteristica funzionale del manufatto che può essere portante o portato.

INVOLUCRI IN TERRA

L'elemento di base in progetto è da ritenersi come la cellula modulare compositiva della partizione verticale di confinamento di un ipotetico alloggio transitorio, avente come caratteristica principale la semplicità, intesa nelle sue accezioni formali, compositive, funzionali, tecnologiche, pratiche. Gli involucri realizzabili con elementi di base in terra cruda possono raggrupparsi in tre categorie: ***involucri in muratura***, ovvero pareti in mattoni seccati al sole o più in generale all'aria, fabbricate con un impasto denso e malleabile di terra argillosa, aggregati ed eventuali fibre

[2] Cfr. M.C. Forlani, op. cit. pag. 30

vegetali; ***involucri in conglomerato, monolitici***, ovvero pareti in terra battuta, secondo cui l'impasto di terra è versato in casseforme e successivamente sottoposto a compressione per strati, con attrezzi più o meno avanzati, sia manuali sia meccanici***; involucri alleggeriti***, ovvero pareti in terra alleggerita, secondo cui l'impasto, molto plastico di terra e fibre vegetali, viene gettato in casseforme, amovibili o a perdere, e messa in forma con una leggera opera di compressione.

Fig. 56, case di argilla cruda a Dra Abu el-Naga

Quest'ultima tecnica di costruzione dell'involucro può, oggi essere realizzata, anche con l'ausilio di blocchi alleggeriti in terra e fibre vegetali, realizzati a piè d'opera e successivamente messi in forma in successioni stratificate orizzontali per la formazione della partizione verticale. I primi due, in muratura e monolitici, da impiegarsi anche per usi strutturali, il terzo tipo invece è da utilizzarsi solo per componenti non strutturali di chiusura.

Da queste considerazioni qui sintetizzate, ma analizzate in precedenza, si è proseguito sulla stessa via con tentando un "possibile" contributo alla ricerca con accresciuta consapevolezza. Analizzando la letteratura e i casi studio, interagendo con gli studiosi in materia e con i professionisti che hanno affrontato "sul campo" il tema della terra cruda, si è cercato di scegliere una tecnologia costruttiva, avente come base un elemento tecnico tale da poter essere realizzato con estrema facilità anche da operatori non qualificati, che possa impiegare materiali locali di immediata disponibilità, a basso costo, che possa soddisfare le esigenze di base per il confort abitativo, in condizioni emergenziali e di transitorietà. La

tecnica adottata, impiegando materiali naturali di facile reperibilità sul territorio, prevede un dispendio assai contenuto di risorse energetiche complessive e di conseguenza, considerando i metodi di progettazione ciclici, che prevedono una valutazione globale del ciclo di vita del prodotto, dalla culla alla tomba, può essere classificata tra quelle sostenibili. Dagli studi condotti dalla prof.ssa Maria Cristina Forlani, di cui un breve sunto è descritto nel contribuito al libro curato da E. Galdieri dal titolo Scritti sulla terra, è possibile evincere che l'elemento base pensato possa essere messo a confronto, in termini di costi globali dell'intero processo edilizio, con valori mediani tra quello del mattone crudo di produzione industriale e quello del massone di produzione manuale, considerando che il blocco progettato, i cui dettagli saranno descritti nel paragrafo che segue, può considerarsi in posizione intermedia tra un manufatto realizzato con un processo manuale e uno industriale. Tenendo in considerazione i valori ottenuti dagli studi citati che prevedono per il mattone crudo industrializzato valori di 73,2 Pt/mc[3] e per il massone manuale di 15,2 Pt/mc, per il blocco in questione si può ipotizzare una valutazione intermedia intorno a valori di 30/35 Pt/mc che, confrontati con quelli della produzione dei forati cotti di 174,84 Pt/mc, evidenzia la grande differenza di impatto ambientale che si ha con manufatti che prevedono un processo produttivo industriale di stampo tradizionale.[4]

ENERGIA

Costruire con la terra cruda un componente di base di un alloggio, transitorio, significa in sostanza tentare di produrre architettura cercando di limitare al massimo il consumo di energia e materiali, significa inoltre modificare il paesaggio con esso stesso, ovvero impiegando il materiale principale di cui il paesaggio e formato: la terra.

[3] Pt: eco-indicator point (1 ecoindicator point rappresenta la millesima parte dell'inquinamento annuale prodotto dal cittadino medio europeo)

[4] Secondo degli studi condotti il consumo di energia richiesto per la produzione dei blocchi di terra compressa oscilla intorno ai 100 MJ/t se non stabilizzata e intorno ai 400 MJ/t se stabilizzata con 5% di cemento. I blocchi in calcestruzzo, ottenuti con analogo processo produttivo, richiedono invece 1200 MJ/t, valore comunque contenuto se rapportato a quello dei laterizi (3700-4000 MJ/t). Questi valori si riferiscono a una produzione a livello artigianale, sparsa sul territorio, sulla quale viene a incidere il costo energetico del trasporto, valutabile in 2,8 MJ/t al km. (A. Vado, La produzione di blocchi di terra stabilizzata, sta in Bioarchitettura n.35, Roma, 2004)

## 6.2 PROGETTO DELL'ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA.

L'opportunità di progettare un alloggio per residenza transitoria, da realizzarsi per impieghi in situazioni di emergenza e non, è scaturita dalla necessità di ipotizzare un'applicazione dell'elemento edilizio di base realizzato, un blocco in terra cruda rinforzato con fibre di fogliame di canna comune. In parallelo allo studio progettuale e sperimentale del blocco, al fine di caratterizzare in concreto una sua possibile utilizzazione, è stata condotta un'analisi sul tema delle architetture residenziali transitorie e sulle tecnologie costruttive impiegate. Il modulo abitativo è stato sviluppato pensando ad un impiego del blocco in terra cruda nella formazione delle partizioni verticali esterne dell'alloggio. Le tamponature sono state progettate in un unico strato a tutto spessore, impiegando il blocco in terra cruda come tipo di elemento resistente. Il tamponamento è stato pensato per assolvere alle sole funzioni di chiusura, lasciando alla struttura in legno il compito di assolvere alla funzione resistente.

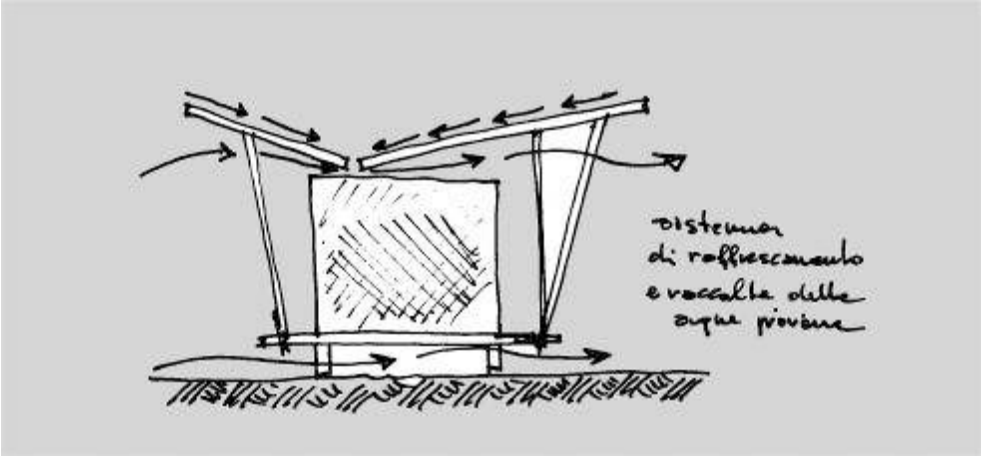



Fig. 57, idea progettuale del modulo abitativo

"La presenza umana, transitoria, dovrebbe essere custode e non proprietaria del terreno e delle sue risorse", professa Glenn Murcutt. Egli riassume il suo approccio progettuale con un'espressione attribuita agli aborigeni del Western Australia, "toccare questa terra leggermente" ovvero sfiorare la terra. Egli, citando questo detto, esprime il rapporto ideale, basato sul rispetto e la delicatezza, vuole riconquistare il territorio e il suo paesaggio con elementi architettonici modificabili, estensibili, le sue case su palafitte dovrebbero essere in grado di essere rimosse, senza provocare distruzioni irreversibili sull'ambiente. Il rifugio, transitorio, deve rispettare il

TOCCARE QUESTA TERRA LEGGERMENTE

paradigma della connessione con il luogo esplorando un legame sottile e mutevole tra interno ed esterno con un approccio che deve spingere verso la simbiosi con il paesaggio e gli elementi naturali. L'alloggio transitorio deve quindi assumere i connotati di una casa leggera, capace di proteggere gli abitanti pur mantenendo il piacere del rapporto con l'ambiente circostante.[5]

PRINCIPI DI SOSTENIBILITÀ

Nel pensare il progetto, si è fatto riferimento ad una serie di principi generali dell'architettura contemporanea legati alla pressante e necessaria condizione della sostenibilità ambientale come la leggerezza, l'inerzia e il confort termico, la semplicità di concezione e la facilità di realizzazione, il controllo del costo complessivo, la durabilità e la reversibilità degli edifici. Ne segue che l'alloggio transitorio è stato progettato tenendo in considerazione che dovrà essere:

-*costruito con materiali locali*: per soddisfare la richiesta dei produttori locali che tentano di valorizzare il loro patrimonio culturale generale e artigianale in particolare. La scelta della terra, del legno e delle canne comuni come materiali principali, è stata dettata per dimostrare una possibile soluzione rispettivamente per il telaio e la massa costruita che coniuga, in equilibrio, pesantezza e leggerezza;

-*economico e minimale*: per la semplicità formale e tecnologica della struttura, dei materiali e della loro messa in opera. Per l'ottimizzazione degli spazi;

-*leggero*: per l'ancoraggio al suolo e la messa in opera;

-*modulare*: con una struttura in legno a sezione costante, definita dalla massime capacità strutturali, al fine di ridurre i costi e facilitare un'eventuale espandibilità, trasformabilità e aggregabilità;

-*modificabile e reversibile*: per garantire possibili estensioni e trasformazioni che possono diventare necessarie nel tempo e per assicurare anche la possibilità di dismissione lasciando le minori tracce sull'ambiente con la realizzazione di piccole fondazioni.

-*adattabile al luogo*: con la flessibilità nella disposizione delle aperture, delle funzioni d'uso e delle possibili aggregazioni del modulo base a secondo del luogo di realizzazione.

### *Concept*

Il modulo edilizio progettato è di piccole dimensioni, compatto, lineare ed essenziale. Questo edificio nasce dal desiderio di ottenere un'espressione architettonica semplice e funzionale, capace di mettersi in relazione con il contesto ambientale grazie alla sua adattabilità, per dare

[5] Cfr. M. Faiferri, Un'architettura rude e raffinata: opere recenti di Glenn Murcutt, sta in Area n.107, Il sole 24 Ore Business Media srl, Milano 2009.

una risposta economica ai problemi legati all'abitazione transitoria senza trascurare la qualità architettonica.

L'idea progettuale è quella di realizzare un struttura leggera con il massimo rispetto per il luogo e il minore impatto sul terreno di costruzione. Un alloggio per le emergenze ha una durata limitata e quindi è ragionevole pensare ad un oggetto edilizio smontabile e reversibile. In questo spirito, l'edificio è stato pensato su fondazioni puntuali di piccole dimensioni, alzato dal suolo in modo da ridurre al minimo l'impatto sul terreno. I materiali utilizzati sono materiali locali, trasformati e non: il legno, la terra, la canna comune.

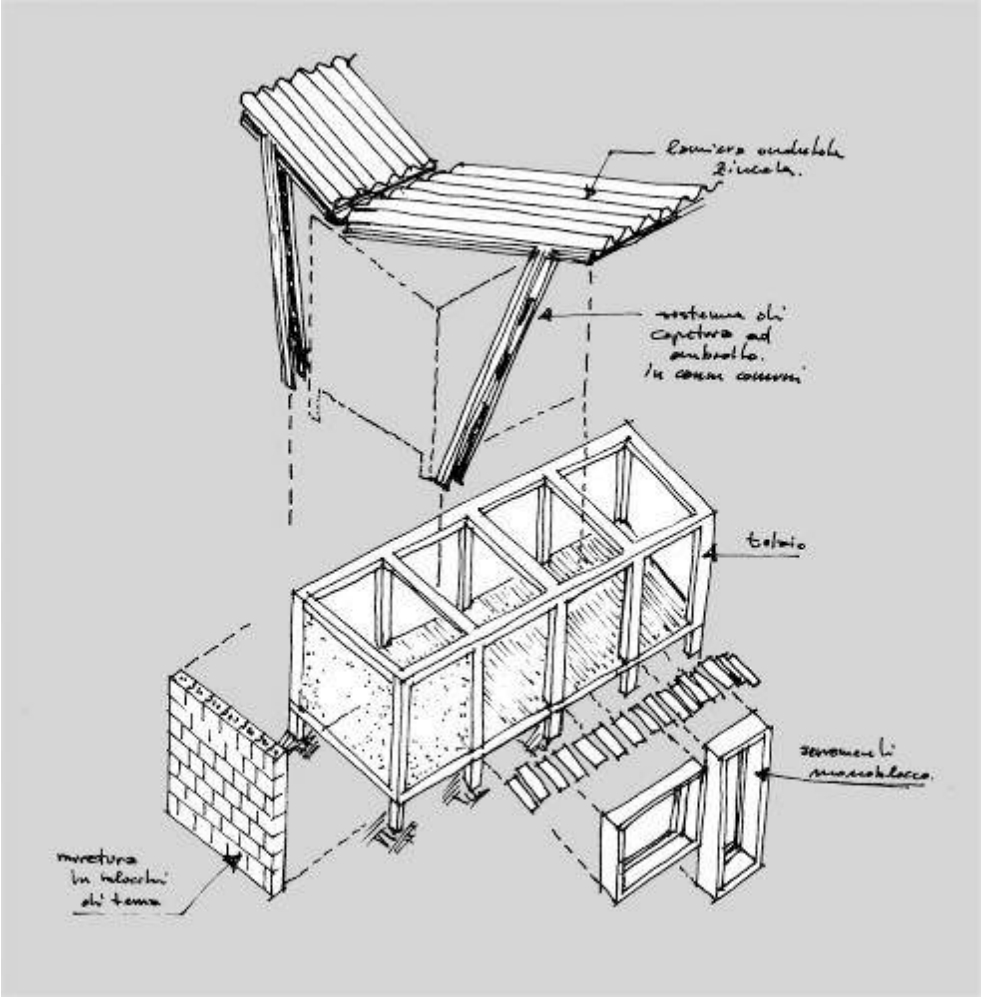



Fig. 58, schizzo progettuale dell'alloggio transitorio.

IL PROGETTO DELL'ALLOGGIO TRANSITORIO

Il progetto è stato concepito partendo dal presupposto basilare della semplicità, che si è tradotto in una forma architettonica essenziale del corpo edilizio principale, un parallelepipedo che combina, massa e scheletro con i tamponamenti in blocchi di terra cruda e il telaio strutturale in legno. L'abitazione viene protetta, da un ombrello, da realizzarsi in canne comuni, legno e lamiera ondulata, dalle azioni dirette degli agenti atmosferici. Questa copertura funge da schermatura alle azioni dirette delle

radiazioni solari, nei climi caldi, favorendo, con il suo riscaldamento, vista la discontinuità con l'elemento edilizio sottostante, un processo di naturale raffrescamento; funge inoltre da elemento di accumulo delle acque piovane che vengono raccolte, dalla particolare conformazione delle falde, verso serbatoio di riserva idrica.

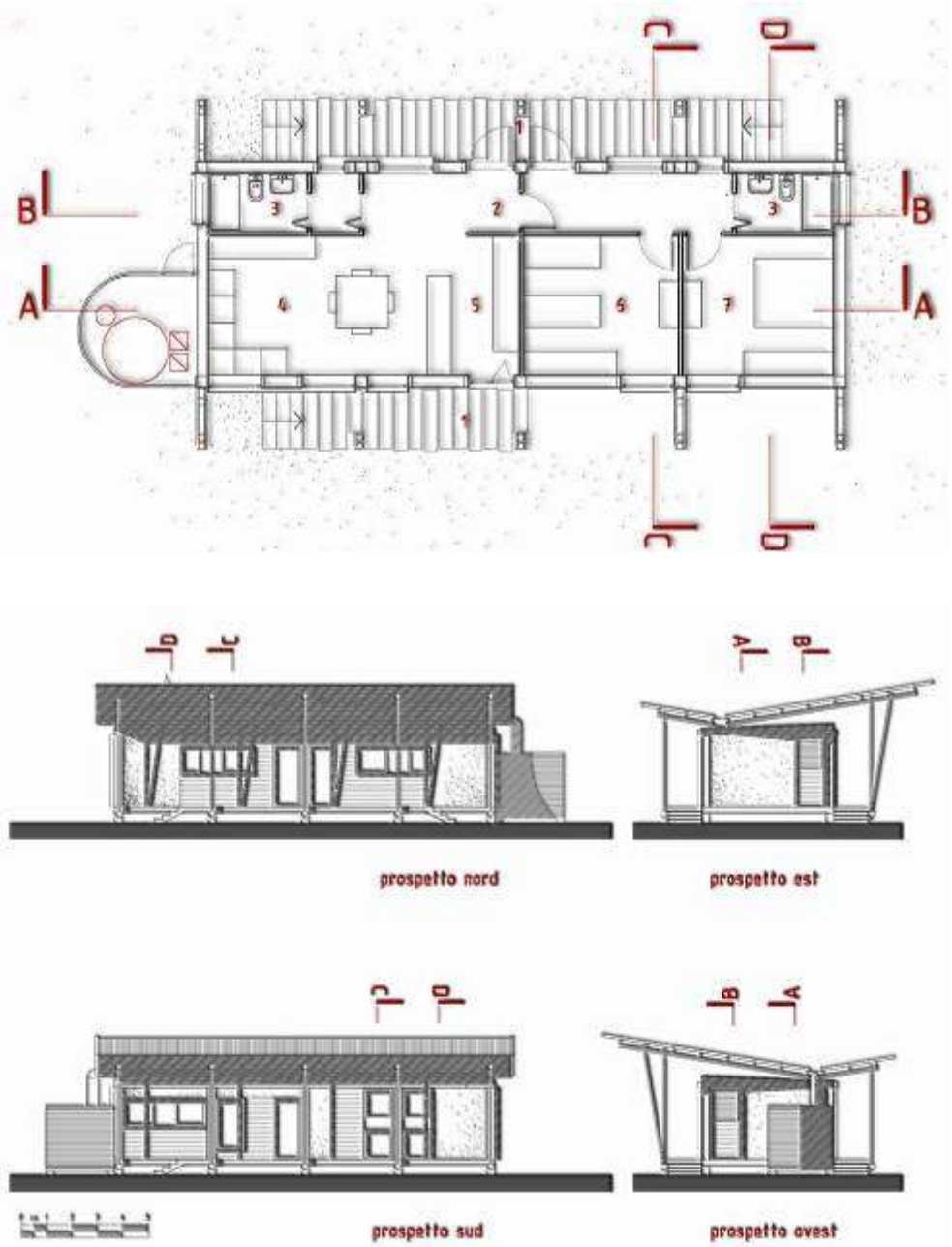



Fig. 59, pianta e prospetti del modulo abitativo

Il corpo edilizio principale è stato concepito con una struttura resistente tipo "platform", con un unico livello fuori terra, a telaio di legno lamellare, con travi e pilastri a sezione quadrata. I due orizzontamenti, pavimento e tetto, sono formati da una chiusura in pannelli tipo sandwich,

formati da due strati in assito di tavole tra cui è interposto un isolante rigido in lana di legno protetto da guaine impermeabilizzanti. I tompagni, da realizzare in opera, sono in un unico strato a tutto spessore in blocchi di terra cruda, formati a mano, rinforzati con fibre di fogliame di canna comune, oggetto di studio della ricerca di dottorato. Le finiture sono state previste in intonaco di terra, alleggerito e rinforzato oppure con pannelli in legno. I tramezzi, sono stati pensati con un sistema modulare in pannelli di legno multistrato posati a secco.

I serramenti e gli infissi sono in legno, di dimensione standard, premontati in telai fissi a rapido assemblaggio.

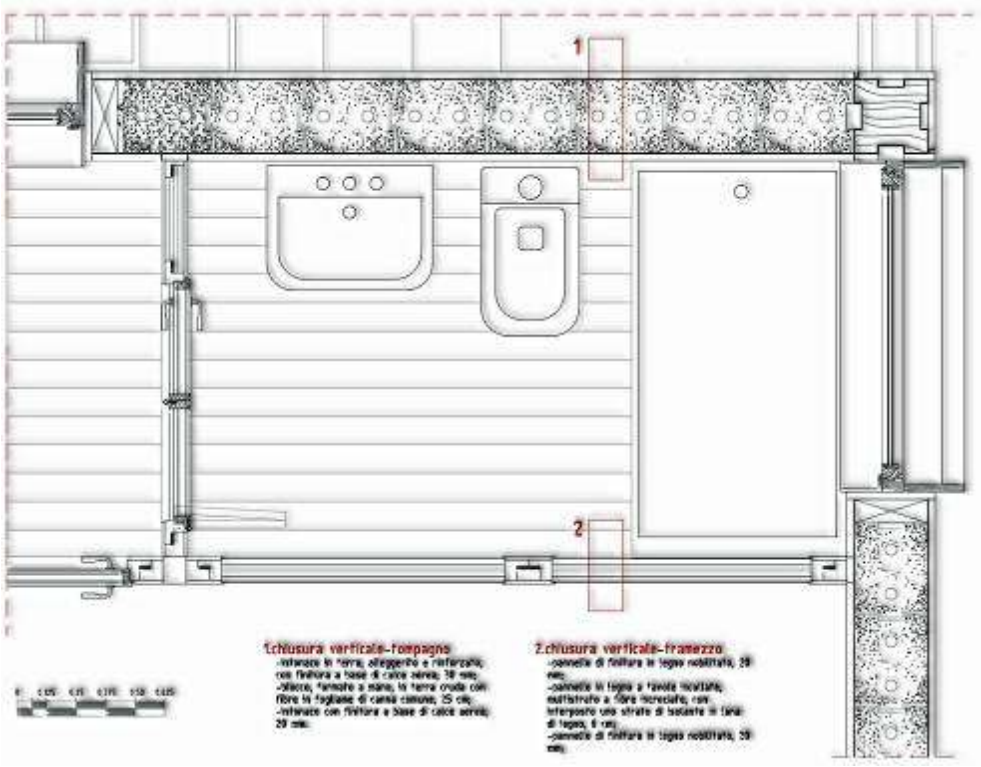



Fig. 60, sezione orizzontale di dettaglio

La copertura ad ombrello è stata pensata con un sistema di montanti e traversi principali da realizzarsi in fasci di canne comuni, opportunamente fissati tra loro e alla corpo edilizio principale con un sistema misto di collegamenti con bulloni in acciaio e nastri di fibre naturali. Un sistema di terzere in legno e lamiere ondulate in acciaio zincato completa la stratificazione di chiusura.

Questo sistema costruttivo offre una grande libertà di trasformazione del progetto: consente la possibilità di aggregare i moduli abitativi in differenti soluzioni, di ingrandire o ridurre lo spazio abitativo e consente molta libertà di poter cambiare tipo di involucro in base alle esigenze o ai vincoli del sito.

La costruzione fa prevalere, sull'involucro, i pieni sui vuoti per ridurre al minimo le superfici ad alto costo, i serramenti, rispetto le tompagnature che sono di basso costo costruttivo. Inoltre questa soluzione garantisce un sufficiente livello di abitabilità in diversi contesti climatici, poiché la massa delle partizioni verticali presenta una buona inerzia termica e una sufficiente capacità isolante.

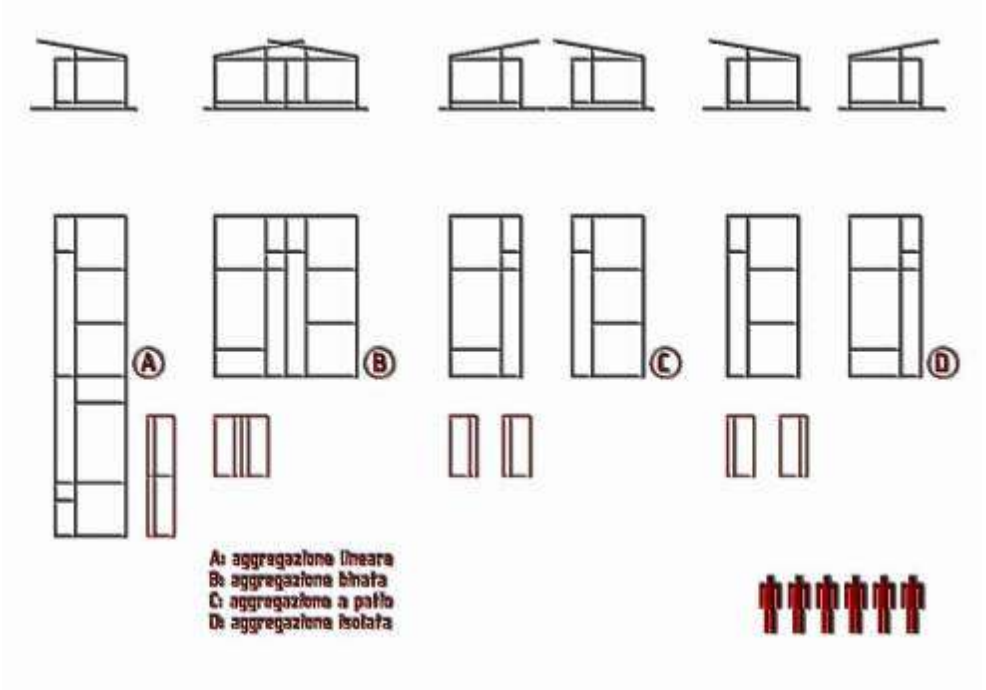



Fig. 61, possibili aggregazioni del modulo abitativo

L'alloggio, con le sue potenzialità di mutazione e diversa aggregazione, è stato pensato per accogliere dalle 4 alle 8 persone. In dettaglio è stato sviluppato il progetto destinato a 4/5 persone con un sistema aggregativo di tipo lineare di cui si rimanda all'appendice n.3 per la descrizione particolareggiata.

## 6.3 FATTORI DI VALUTAZIONE, DESCRIZIONE DEI REQUISITI PRESTAZIONALI E ASPETTI PROGETTUALI DEL BLOCCO IN TERRA CRUDA

Lo studio e quindi la progettazione dell'elemento edilizio di base, un blocco di terra formato a mano, è stato caratterizzato ipotizzandone l'impiego nella costruzione di un alloggio per residenza transitoria da

realizzarsi per impieghi in situazioni di emergenza e non, come descritto nel paragrafo precedente.

***Fattori di valutazione: Tempi e costi.***[6]

I tempi di produzione dei blocchi di terra cruda dipendono da: TEMPI

- *il modello di organizzazione del cantiere* ovvero artigianale, meccanizzato o industrializzato e la logistica della produzione;

- *la stagione,* il *clima* e il *microclima locale,* ossia tutti i fattori che influiscono sui tempi di essiccamento.

I tempi di realizzazione di un edificio in blocchi sono riconducibili ai tempi di realizzazione di un edificio in muratura di laterizio.

I costi di un edificio in blocchi formati a mano dipendono da: COSTI

- il costo *dei materiali.* L'incidenza di questo fattore sul bilancio complessivo dei costi è minima, in quanto la terra è facilmente reperibile e non richiede processi di trattamento particolarmente costosi. Qualora non si trovi direttamente nel sito di realizzazione, è possibile rifornirsi di materiale presso gli scavi di altri cantieri. A questa voce di costo vanno aggiunti i costi per gli aggregati e le fibre, in questo caso la sabbia vulcanica, il fogliame delle canne comuni dosati in base al tipo di terra. Alternativamente è possibile acquistare i blocchi già formati;

- *i costi della mano d'opera* per la realizzazione dei blocchi formati, che sono fortemente influenzati dal tipo di attrezzature per la preparazione dell'impasto, dal tipo di forme utilizzate e dall'organizzazione del processo di produzione;

- *i costi delle attrezzature di cantiere,* che possono essere molto limitati perché ridotti al costo delle forme per l'esecuzione dei blocchi;

- *i costi di trasporto della terra,* dal luogo di estrazione a quello del cantiere;

- *i costi di realizzazione dei manufatti* in blocchi, che possono essere ricondotti ai costi della manodopera e dei mezzi necessari alla produzione di analoghi manufatti in muratura di laterizio.

***Prestazioni dei manufatti***

*Inerzia termica*

I manufatti realizzati con questa tecnica sono caratterizzati da elevata inerzia termica per via dell'elevato peso specifico e dell'utilizzo di terra non alleggerita. Questa tecnica si rivela quindi particolarmente adatta per la realizzazione di murature esterne nelle zone climatiche ad alta escursione termica. Inoltre l'inerzia del materiale fa sì che il calore assorbito dalla parete si distribuisca all'interno con un notevole sfasamento orario: a temperature costanti questo effetto non si nota, ma a climi con elevate

[6] Cfr. AAVV. Costruire con la terra, tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni, Napoli, 2001, pag. 111

escursioni termiche giorno/notte il calore accumulato di giorno è disperso di notte, e alla mattina la parete è di nuovo fresca, permettendo di mantenere all'interno degli ambienti una temperatura costante, specialmente in estate.

*Accumulo di calore*

La presenza di grandi masse di terra non alleggerita consente l'accumulo di calore nelle murature interne ed esterne. Il miglior rendimento di questa proprietà si ottiene con manufatti in blocchi stabilizzati posti a Sud o all'interno di serre.

*Isolamento acustico*

I blocchi formati, essendo dotati di elevata massa, consentono un buon isolamento dai rumori.

*Isolamento termico*

Questa tecnica consente di ottenere apprezzabili livelli di isolamento termico. Poiché anche nel caso di un aumento dello spessore della muratura il livello di isolamento termico non raggiunge valori elevati, in alcuni climi si renderà necessaria l'applicazione di pannelli isolanti alla muratura o l'integrazione con tecniche di terra alleggerita.

*Facilità operativa*

La maggiore specializzazione è richiesta nella realizzazione dell'impasto, mentre la fase di formatura ed essiccamento richiedono grande attenzione, ma non particolari conoscenze.

Questa tecnica non richiede particolari investimenti iniziali, quindi si rivela particolarmente adatta a esperienze di autocostruzione, purché sia garantita la presenza di un esperto per le verifica della qualità degli impasti e dei blocchi.

Inoltre i blocchi sono facilmente modificabili con l'utilizzo di una sega, potendo con facilità ottenere pezzi speciali.

*Manutenibilità*

Nel caso di erosione delle superfici (uno dei danni più frequenti) è relativamente agevole intervenire per risanare tramite inserti realizzati in opera con lo stesso impasto del blocco.

*Affidabilità*

Se ben eseguita e in assenza di eventi esogeni (per esempio infiltrazioni dal tetto, risalita capillare dal basamento o cedimenti differenziali delle fondazioni), la muratura in blocchi presenta nel tempo una bassa probabilità di guasto.

*Durabilità*

Gli edifici realizzati in blocchi formati, se ben protetti, possono avere durate molto lunghe. In Sardegna, interi paesi risalenti al secolo scorso sono ancora in ottime condizioni di conservazione.

*Comportamento al fuoco*

I blocchi compressi sono praticamente incombustibili.

*Salubrità*

Se la terra utilizzata per la realizzazione dei blocchi proviene da una zona controllata, non è radioattiva e non contiene rifiuti tossici, le ricerche effettuate non hanno rilevato emissioni dannose per la salute degli abitanti. Particolare attenzione deve invece essere riservata alla scelta degli eventuali stabilizzanti.

*Benessere*

L'inerzia termica garantisce una condizione climatica interna degli ambienti ottimale, riducendo le escursioni termiche repentine e regolando il tenore di umidità dell'aria.

*Riutilizzabilità e riadattabilità*

I blocchi formati, se assemblati con malta in terra cruda, possono essere facilmente disassemblati, puliti e riutilizzati. La polvere di malta stessa può essere umidificata e riutilizzata sul posto.

Nel caso di dismissione della parete, i blocchi in breve tempo si sciolgono tornando terra coltivabile. Qualora la parete non sia omogenea (finita cioè con intonaci plastici o cementizi e provvista di isolamenti termici) prima della dismissione sarà necessario separare i diversi componenti.

*Impatto ambientale*

Ilgrande quantitativo di terra necessario per le realizzazioni ottenute con questa tecnica, può comportare problemi qualora gli scavi del materiale siano fatti in modo sconsiderato.

D'altra parte però questa tecnica, poiché permette di realizzare murature portanti interamente in terra, riduce notevolmente l'uso di altri materiali naturali (per esempio il legno). Inoltre come scrive Michael Moquin nel suo saggio "Adobe" sul testo di Lynne Elizabeth e Cassandra Adams , Alternative Construction, *la produzione dei mattoni Adobe consuma solo l'1% dell'energia richiesta per produrre mattoni cotti in laterizio o cemento Portland*.

*Resistenza al gelo*

Le murature in blocchi hanno una buona resistenza al gelo. Inoltre la preformazione *e* la pre-essiccazione dei blocchi fanno sì che questi possano essere assemblati in tutte le stagioni senza temere i geli invernali.

*Resistenza agli attacchi biologici*

La resistenza dipende dalla compattezza e dalla omogeneità dei blocchi, nonché dall'assenza di inerti di tipo organico. Per questo è necessaria una grande attenzione nell'esecuzione affinché non siano lasciate cavità. Un ulteriore intervento di protezione è costituito dall'applicazione dell'intonaco.

*Flessibilità.*

La flessibilità delle costruzioni in blocchi formati o colati è paragonabile a quella di una comune muratura in laterizio.

*Aspetti progettuali*

Gli edifici in blocchi formati presentano regole costruttive essenzialmente riconducibili a quelle degli edifici in blocchi compressi, salvo il fatto che questi blocchi sono più leggeri e possono essere facilmente tagliati e sagomati in cantiere. Riguardo alle superfici il blocco formato deve essere preferibilmente protetto con intonaco traspirante a base di terra per interni o a base di calce aerea.

Fig. 62, Muro in mattoni Adobe a giunti sfalsati.

I blocchi di terra cruda sono impiegati nel sistema delle partizioni verticali dell'edificio. Il collegamento reciproco tra gli elementi avviene con un assestamento simile a quello di un normale laterizio sul quale i giunti tra elementi contigui sono sfalsati di mezzo blocco rispetto al filare superiore o inferiore.

La malta di allettamento è sempre in terra cruda ben setacciata per evitare le parti grossolane e per creare un materiale dove la sabbia costituisce l'inerte resistente legato dalla frazione argillosa e il limo completa l'assortimento granulometrico.

"L'umidità costituisce il pericolo principale per i mattoni di fango. Il fango si inumidisce per la pioggia, la rugiada, la capillarità del suolo o anche soltanto per l'umidità dell'aria. Per conservarlo all'asciutto o evitare gli effetti dell'umidità in generale, si può ricorrere a vari rimedi. Bisogna evitare l'infiltrazione dal basso ed è indispensabile rendere il pavimento

impermeabile all'umidità, mentre i mattoni si possono proteggere con un rivestimento impermeabile di terra bitumata stabilizzata. I mattoni ben protetti dall'umido durano in eterno."[7]

Fig. 65, La costruzione della Moschea di Dar al Islam in Abiquiu, New Mexico, progetto di Hassan Fathy, 1981

La progettazione dell'elemento tecnico, in relazione alla sua destinazione d'uso, e la realizzazione dei campioni tipo, da sottoporre ad una primo giudizio di accettabilità, sono state condotte secondo una serie di analisi e studi per fasi che possono essere raggruppati come segue:

a. ***progettazione dell'elemento tecnico***. La scelta della tecnica costruttiva con la quale realizzare la partizione verticale tipo dell'alloggio, è stata dettata dalle analisi condotte sui dati raccolti nelle schede dei casi studio, dagli aspetti legati alle dimensioni del modulo abitativo, dalla capacità di movimentare gli elementi in fase di formazione del blocco e di posa in opera. La scelta della tecnica costruttiva è ricaduta su quella del blocco rinforzato con fibre vegetali, formato a mano con l'ausilio di una cassaforma metallica. Questa tecnica costruttiva è stata preferita alle altre perché *facilmente riproducibile in diversi contesti geografici, utilizzabile in condizioni tecnico-costruttive transitorie e stanziali, facilmente realizzabile con l'ausilio di poche ed essenziali informazioni tecnico-pratiche*. In una prima fase della ricerca sono state previste due soluzioni: Soluzione A di dimensioni (30x25x12,5) cm e Soluzione B di dimensioni (30x25x25) cm. Considerando la massa della terra addizionata con fibre vegetali, che può variare, secondo la letteratura da 1400 a 1900 Kg/mc, il confezionamento dei blocchi, secondo le due soluzioni indicate, porterebbe a valori a secco come indicato dalla tabella:



[7] H. Fathy, Costruire con la gente, Milano, 1985, pag 141.

| descrizione | Tipo A | Tipo B |
|---|---|---|
| volume blocco | (0,30x0,25x0,125)= 0,0094 mc | (0,30x0,25x0,25)= 0,019 mc |
| massa blocco | 0,0094x1400/1900 Kg/mc= 13/18 Kg | 0,019x1400/1900 Kg/mc= 27/36 Kg |

Tabella 14, Determinazione delle masse a secco dei blocchi.

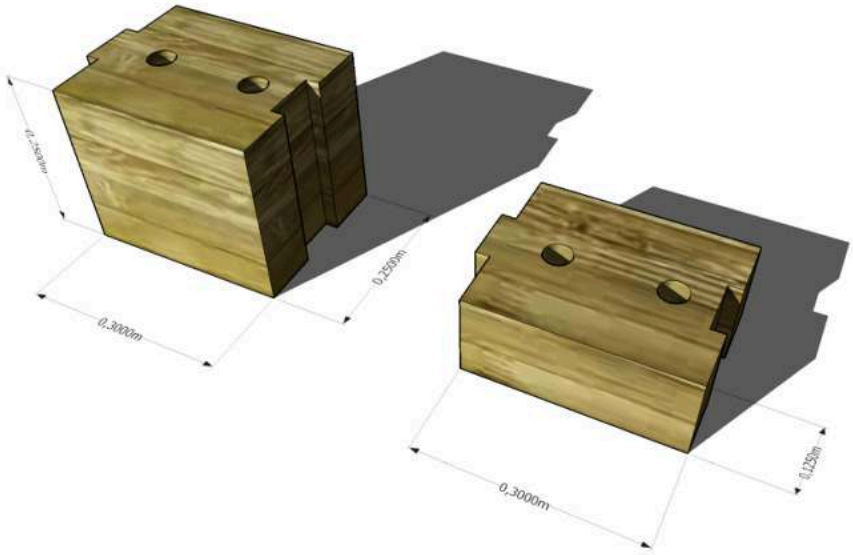



Fig. 66. Rappresentazioni 3D dei Blocchi in terra rinforzata

Si è ritenuto, alla luce di questi valori, generali, che le dimensioni del manufatto, più idonee allo scopo, siano quelle del tipo A, sia per il processo di confezionamento dell'impasto e la posa in opera del blocco, sia per un migliore, è più rapida, processo di stagionatura del manufatto, essendo quella del tipo A di dimensioni inferiori rispetto quella del tipo B. Si è quindi proceduto alla progettazione definitiva, alla realizzazione del prototipo della cassaforma, per la sua formatura, e al confezionamento dei campioni da sottoporre alle prove di accettabilità.

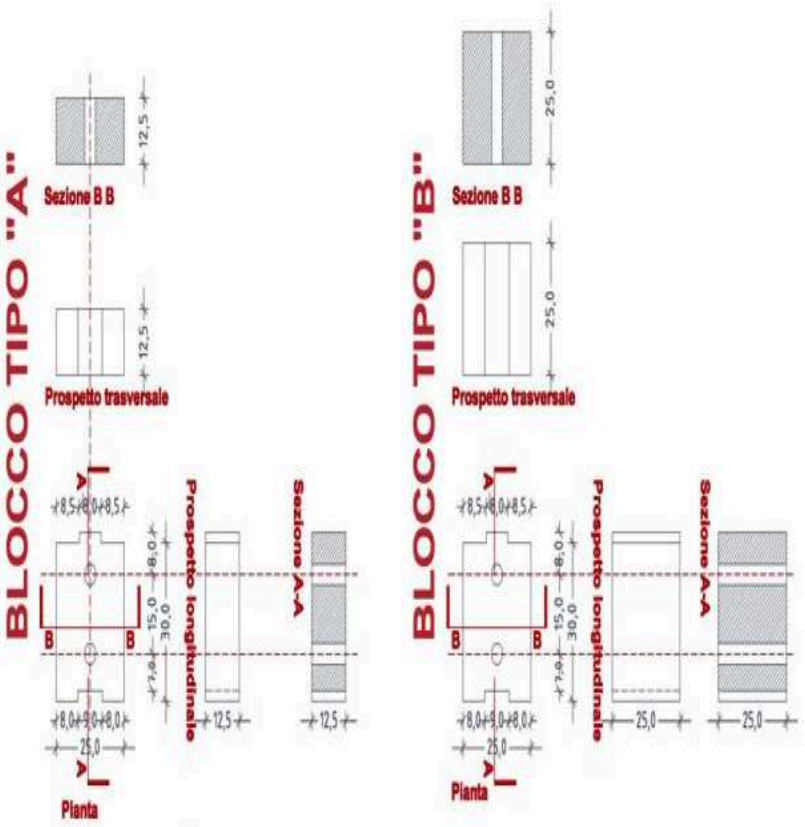



Fig. XX. Progetto del blocco in terra rinforzata, tipo “A”.

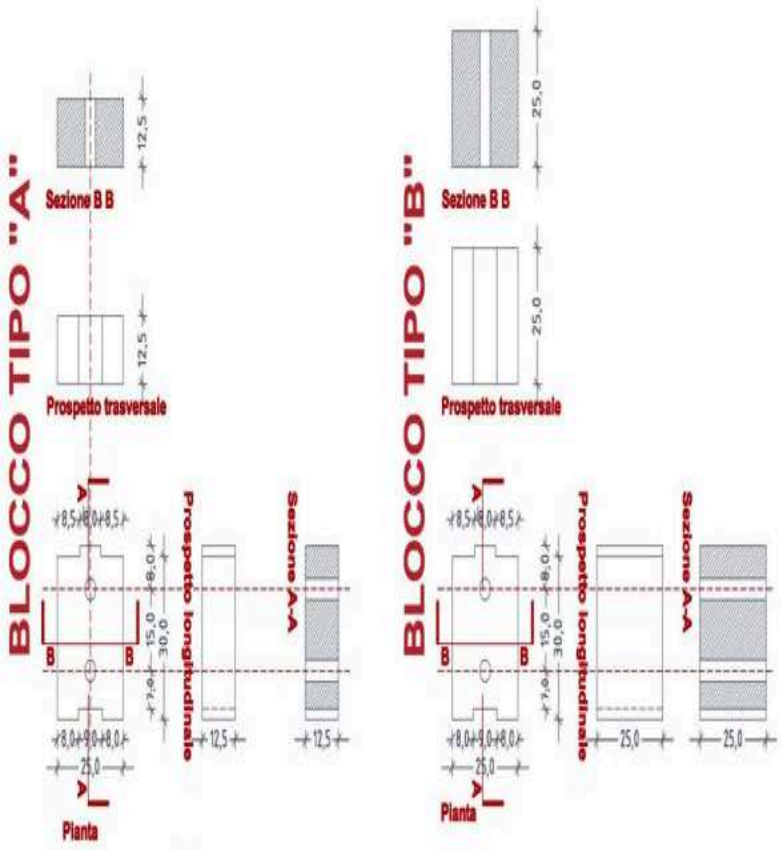



Fig. 67. Progetto del blocco in terra rinforzata, tipo “B”.

b. ***Scelta dei componenti base dell'elemento tipo***. La scelta dei componenti base dell'impasto, per il confezionamento dei blocchi, è stata determinata privilegiando materiali locali. Quindi in relazione all'ipotesi di dover realizzare questi alloggi transitori nel territorio del Comune di Catania, da una analisi condotta, la scelta è ricaduta sull'argilla di Misterbianco come componente primario, già impiegata per alcune produzioni di ceramici della ditta Guglielmino Group[8], sulla sabbia vulcanica, proveniente da una cava situata nel territorio del Comune di Belpasso, nota con il nome di "azolo" come aggregato e sul fogliame di canna comune (arundo donax), come fibra presente in tutto il territorio regionale.

ARGILLA E AZOLO

i. ***La terra d'argilla e l'azolo*** scelti per la realizzazione dei campioni sono stati forniti, già preparati, dalla ditta Guglielmino Group di Misterbianco. L'argilla impiegata proviene dalla cava di Misterbianco e l'azolo dalla cava di Belpasso. I due materiali risultano già caratterizzati da uno studio di F. Ricciardiello del Dip. di Ingegneria Chimica dell'Ambiente e delle Materie Prime dell'Università di Trieste e da G. Polizzotti e G. Rizzo Dip. di Ingegneria Chimica dei Processi e Materiali dell'Università di Palermo,[9] nell'ambito di uno studio della qualificazione di materia prime siciliane per produzioni nel campo delle ceramiche tradizionali. I materiali presi in esame presentano una caratterizzazione come descritta nella seguente tabella:

| Componente | Argilla | Sabbia Vulcanica |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 53,15 | 45,90 |
| $Al_2O_3$ | 14,42 | 20,43 |
| $TiO_2$ | 0,85 | 1,44 |
| $Fe_2O_3$ | 6,09 | 9,99 |
| MnO | 0,10 | 0,15 |
| MgO | 2,13 | 4,71 |
| CaO | 7,21 | 10,22 |
| $Na_2O$ | 1,17 | 4,02 |
| $K_2O$ | 2,08 | 1,35 |
| S | 0,03 | --- |
| $P_2O_5$ | 0,16 | 0,48 |

Tabella 14, Caratterizzazione delle argille e dell'azolo impiegato per la formazione dei blocchi. Scheda fornita dalla ditta Guglielmino Group da uno

[8] La Guglielmino Group, fondata nel 1870, è una delle più antiche fornaci per la produzione di manufatti in cotto della Sicilia. Oggi dispone di laboratori per la ricerca scientifica sui materiali e ha orientato la sua missione aziendale verso l'applicazione in edilizia di manufatti realizzati con materiali locali a basso impatto ambientale.

[9] studio di "F. Ricciardello, G. Polizzotti, G. Rizzo, L'Uso di sabbie dell'Etna come materiali accessori" sta in Ceramica e Informazione 340/94, pag. 407.

Fig. 68 Terra d'argilla e azolo impiegati nell'impasto per il confezionamento dei blocchi.

ARUNDO DONAX

ii. ***Le fibre*** aggiunte all'impasto, per diminuire il ritiro in fase di essicazione e migliorare le prestazioni meccaniche del manufatto, sono state scelte con lo stesso criterio di quello adottato per gli altri componenti, ovvero della reperibilità locale.

Fig. 69 Canne comuni (arundo donax),
stabilimento della ditta "Sicilcanne" di Paternò

La scelta dell'impiego del fogliame delle canne comuni è stata dettata da molteplici aspetti: impiego di una frazione di scarto della lavorazione di un materiale naturale; facile reperibilità locale; innovazione tecnologica in quanto è scarsa l'utilizzazione di questo come fibra negli impasti della terra cruda. La Canna comune (Arundo donax, Linnaeus, 1753) o canna

domestica è una pianta erbacea perenne e dal fusto lungo, cavo e robusto, che cresce in presenza di acque dolci o moderatamente salmastre.

La sua area di origine si estende dal Bacino del Mediterraneo al Medio Oriente fino all'India, ma attualmente la canna si trova, sia naturalizzata sia coltivata, nelle regioni temperate e subtropicali di entrambi gli emisferi. In Europa la pianta raggiunge generalmente i 6 metri di altezza, ma in condizioni ideali può raggiungere e superare i 10 metri, con fusti, detti culmi, cavi del diametro di 2-4 cm. Le foglie sono alternate, di colore grigio verde, lunghe 30 – 60 cm e larghe 2 – 6 cm; hanno forma lanceolata, rastremata in punta e alla base presentano un ciuffo di peli lanosi. La canna comune è presente in tutta la penisola italiana in forma spontanea e coltivata, viene impiegata in agricoltura nella gestione delle coltivazioni, per piccoli recinti e come paravento. La canna è utilizzata in diversi campi della tecnica edilizia tradizionale ad esempio come porta-intonaco in pannelli (tecnica dell'incannucciato) per la realizzazione di volte e tramezzature.

Per la preparazione dei blocchi da testare in laboratorio le fibre di scarto della lavorazione delle canne, il fogliame, è stato fornito dalla ditta "Sicilcanne"[10] di Paternò di Salvatore Sinatra.

c. ***Progettazione dell'apparecchiatura muraria delle partizioni verticali tipo***; Dopo la definizione di forma e dimensioni dell'elemento edilizio di base e dell'alloggio tipo è stata studiata la partizione verticale da realizzare con l'ausilio del blocco in terra cruda. E' stato previsto il suo impiego nelle tamponature dell'alloggio.

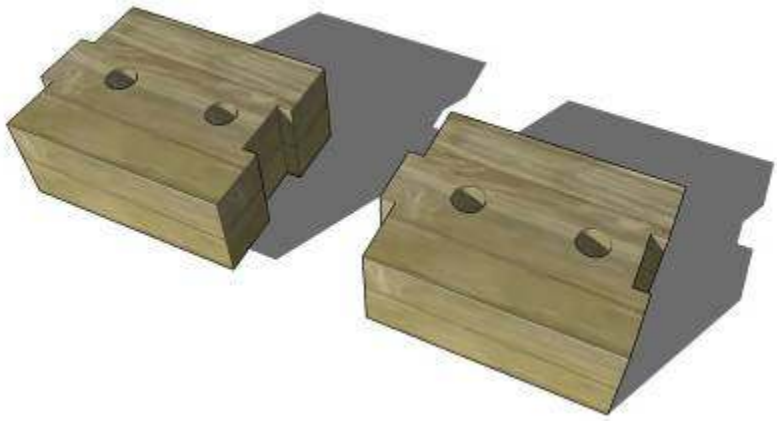


Fig. 70 Rappresentazione tridimensionale dei blocchi,
in evidenza le scanalature maschio femmina per la calibrazione della posa in opera

La messa in opera dei blocchi prevede l'impiego di maestranze comuni e mezzi d'opera elementari, assimilabili a quelli necessari per una comune

[10] La ditta "Sicilcanne" Situata a pochi passi dalla città di Paternò (CT), è un'azienda dedita alla coltivazione e alla lavorazione artigianale delle Canne per produzione di stuoie, arelle, incannucciati e cannicciati .

muratura in componenti modulari in mattoni. La sua realizzazione è stata prevista per filari paralleli con giunti sfalsati.

APPARECCHIATURA MURARIA

La forma del blocco, dalle geometria stereometrica, è caratterizzata da un sistema di semplici scanalature maschio-femmina, sui lati corti, che agevolano le operazioni di posa in opera degli elementi e calibrano la corrispondenza dei fori nei vari ricorsi, che risulta di fondamentale importanza per l'inserimento di un eventuale "armatura" del manufatto, con elementi di irrigidimento naturali quali le canne comuni, il bambù, il legno ecc.

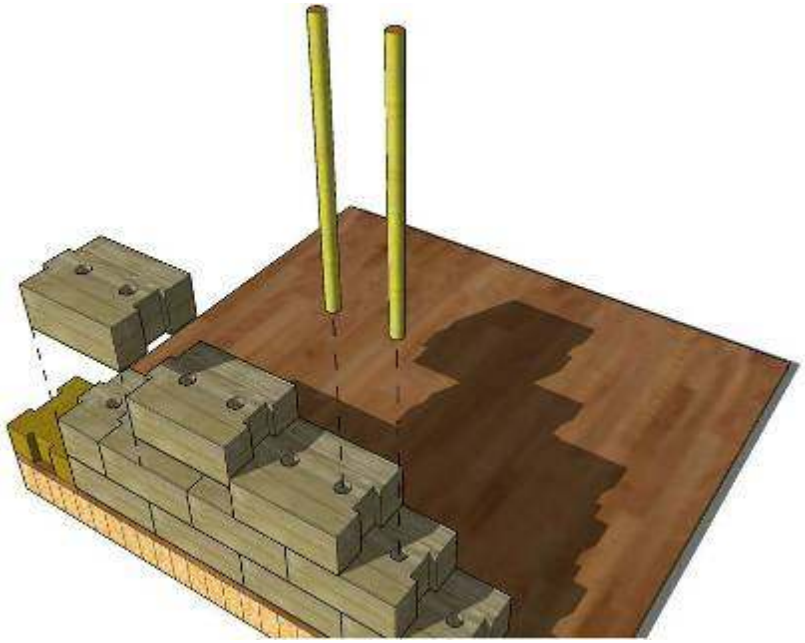


Fig. 71 Rappresentazione tridimensionale della partizione verticale, in evidenza il sistema della stratificazione dei componenti

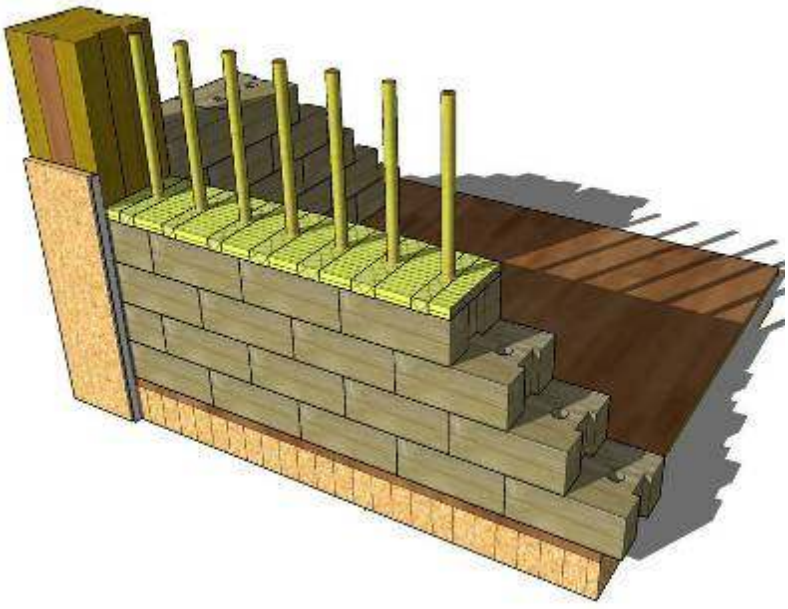


Fig. 72 Rappresentazione tridimensionale della partizione verticale, la soluzione armata per zone sismiche

La muratura in blocchi verrà composta sul tavolato orizzontale per ricorsi sovrapposti, con l'ausilio di malta a base di argilla oppure senza l'apporto di quest'ultima, semplicemente bagnando la superficie di contatto dei singoli elementi tecnici con acqua, nel caso in cui i mattoni presentino una superficie di posa perfettamente piana.

La partizione verticale sarà collegata agli elementi puntuali della struttura a telaio con un sistema di scanalature tali assicurare la continuità tra i due componenti edilizi. Nella soluzione che prevede un'armatura, la muratura, oltre ad essere dotata di rinforzi verticali puntuali, inseriti nei fori passanti dei blocchi e fissati alla base del tavolato, sarà interrotta, ogni 3 o 4 serie di filari orizzontali, da ricorsi realizzati con elementi di canne comuni spaccati, in modo da interrompere la continuità verticale del manufatto e determinare dei piani di scorrimento in caso di eventi sismici.

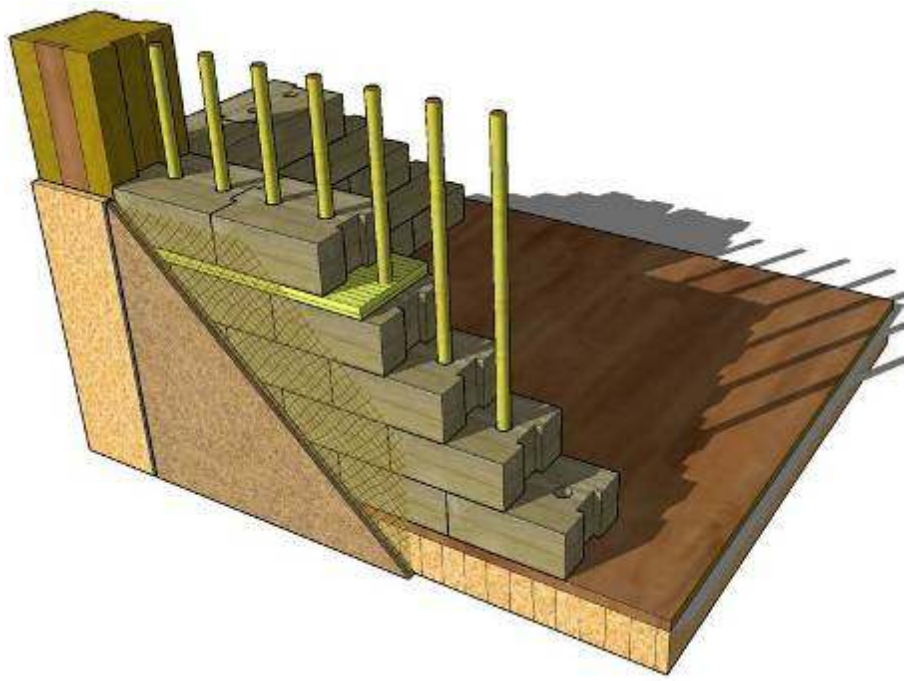


Fig. 73 Rappresentazione tridimensionale della partizione verticale, con le rifiniture esterne e le armature per zone sismiche.

a. ***Progettazione della cassaforma per la formazione del blocco***. Dalle ricerche effettuate è emerso che le casseforme per la produzione dei blocchi in terra cruda formati a mano, sono progettate in funzione delle caratteristiche formali del manufatto e della composizione dell'impasto. La cassaforma per la formatura dell'elemento edilizio progettato è stata pensata e progettata, in funzione di questi dati consolidati. In una prima fase il materiale scelto è stato il legno, prendendo in considerazione di impiegare dei pannelli in legno di abete rivestiti con resina melaminica,

usati di solito per la realizzazione dei casseri impiegati per i manufatti in cemento armato. Impiegando alcuni pannelli riciclati, è stato preparato un prototipo approssimativo della cassaforma e da un'analisi sulla praticità d'uso è emersa la scarsa funzionalità della stessa per gli scopi prefissati, è stato deciso quindi di concerto con i tecnici e gli esperti del laboratorio dei materiale della Guglielmino Group, di abbandonare questa ipotesi e, in relazione ad esperienze già effettuate in altri contesti di ricerca, di preparare un altro prototipo in acciaio.

CASSAFORMA

La cassaforma in metallo, progettata e realizzata in collaborazione con i tecnici del laboratorio, si è rivelata idonea per il confezionamento del blocco, mostrando una buona funzionalità d'uso sia nella fase di formatura del blocco, con le operazioni di introduzione dell'impasto nella forma, sia in fase di sformatura, con le operazioni di sollevamento e rotazione della cassaforma, per l'estrazione del manufatto.

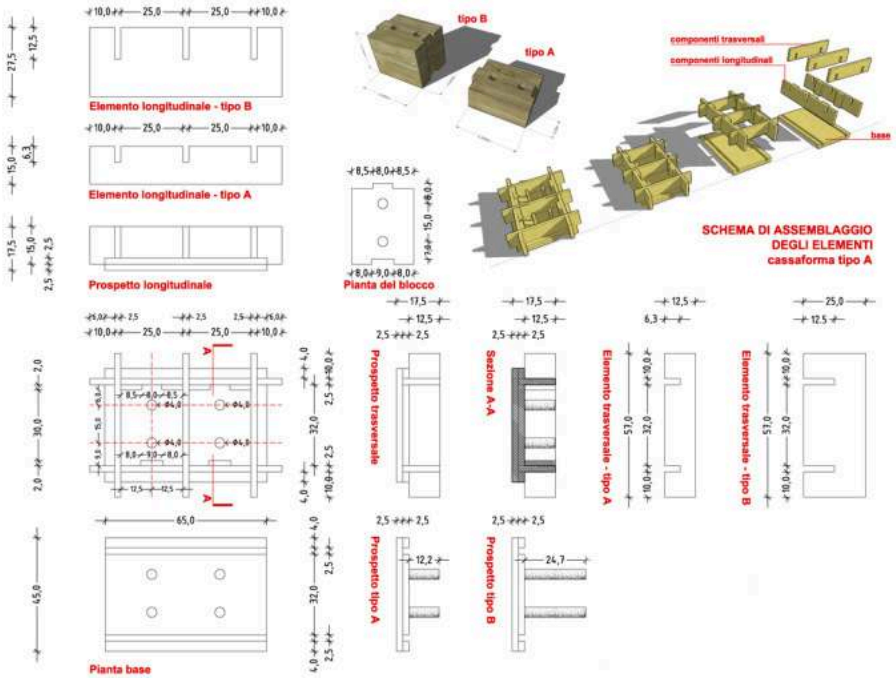



Fig. 74 Progetto della cassaforma per la formatura del blocco in terra del tipo A, in legno di abete. Il progetto, realizzato è stato accantonato per la scarsa praticità d'uso del sistema.

Durante le prime fasi di analisi e prova delle varie miscele di impasto sono stati confezionati una serie di provini a perdere, necessari per stabilire le proporzioni dei materiali. Questa fase preliminare, di importanza fondamentale per la determinazione dei dosaggi delle parti secche e umide, è stata determinante anche per osservare un limite della cassaforma in relazione alla fase di sformatura. In questa fase infatti il blocco ha mostrato alcune difficoltà ad essere sformato integro, limite determinato dal fatto che l'impasto umido, a contatto con le pareti della

cassaforma, dà origine a piccole sacche di vuoti d'aria che non fanno scivolare fuori il manufatto umido.

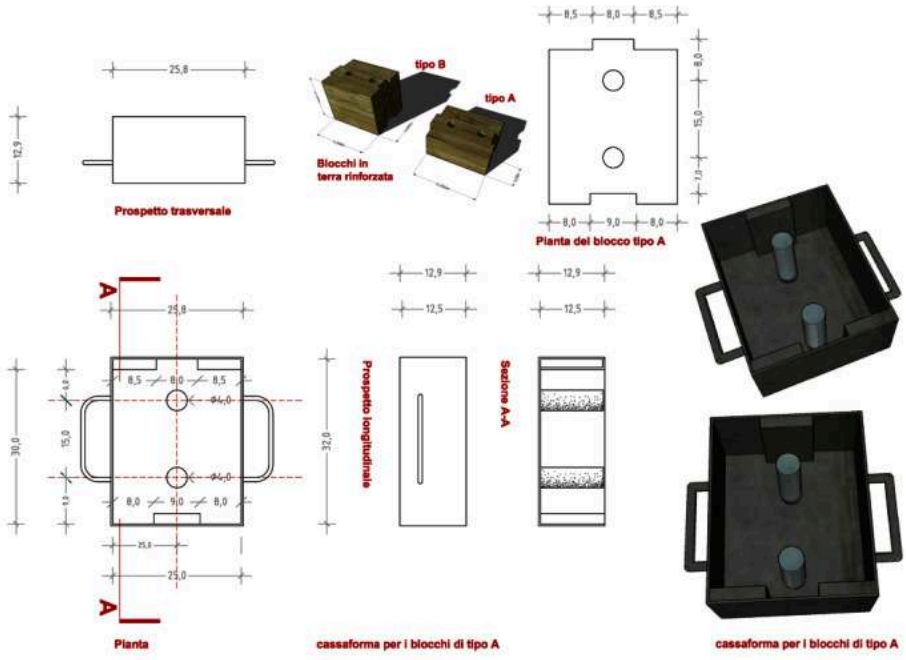



Fig. 75, Progetto della cassaforma per la formatura del blocco in terra del tipo A, alleggerita con fogliame di canna comune (arundo donax), in acciaio. Il progetto realizzato è stato impiegato con successo per la buona praticità d'uso del sistema.

Fig. 76, La cassaforma in acciaio per la formatura del blocco in terra del tipo A.

A seguito di ciò, in corso d'opera è stato deciso di apportare una modifica al cassero, perfezionandolo ulteriormente, dotandolo di fondo rimovibile, ai fini di una migliore e più veloce sformatura del blocco. Le

modifiche apportate hanno determinato un notevole miglioramento prestazionale del processo produttivo (qualità formale del manufatto, precisione dimensionale, velocità di produzione) del blocco in terra cruda.

Fig. 77, La cassaforma in acciaio con il fondo rimovibile

## 6.4 PRODUZIONE IN LABORATORIO DEI BLOCCHI

I prototipi del blocco in terra cruda sono stati realizzati presso il laboratorio tecnologico dello stabilimento della ditta Guglielmino Group di Misterbianco. La collaborazione con i tecnici della ditta è stata di fondamentale importanza per il confezionamento dell'impasto e la formatura dei blocchi, vista la pluriennale esperienza nel settore della produzione di manufatti in argilla.

CONFEZIONAMENTO DELL'ELEMENTO TECNICO

Il confezionamento dell'elemento tecnico di base tipo, secondo i diversi dosaggi dei componenti previsti, da sottoporre ad un primo giudizio di accettabilità, è stato eseguito, tenendo in considerazione le analisi e gli studi condotti, per fasi come indicato di seguito:

a. ***preparazione dei materiali***. La preparazione dei materiali occorrenti per il confezionamento dell'impasto è stata condotta secondo una metodologia consolidata, ampliamente applicata e documentata dalla letteratura esistente. E' stata organizzata secondo una serie fasi di lavoro che è possibile riassumere come segue:

i. *Estrazione e trasporto del materiale terra*; la terra d'argilla che è stata utilizzata proviene direttamente dalla cava di Misterbianco ed è indicativamente grassa, come è stato possibile osservare dalla caratterizzazione fornita dalla ditta stessa (vedi p.36, tab.12). La qualità della terra utilizzata, certificata dallo stabilimento di provenienza, è stata prelevata al di sotto dello strato organico, privandola di sassi e ghiaia. Lo scavo è avvenuto in un periodo umido, quando il terreno e più friabile. Il sito della cava è nelle vicinanze dello stabilimento dove sono stati confezionati i blocchi tipo (circa 600 m).

ii. *Reperimento degli aggregati e delle fibre*; questi due componenti, nel loro complesso servono a conferire un'ossatura resistente al manufatto, ad alleggerire il blocco, a sgrassare la miscela, migliorare la resistenza a trazione e la capacità termica dell'elemento edilizio. La fibra, il fogliame di canna è stato selezionato, escludendone le parti legnose, e tagliato ad una lunghezza variabile tra i 5 e 7 cm circa, l'aggregato, la sabbia vulcanica è stato sottoposto a vagliatura e lavaggio. Per quanto riguarda la fibra, questa è stata stoccata in magazzino coperto e ben areato, protetto dall'umidità del suolo. Per evitare la putrescenza delle fibre è stato scongiurato il ristagno dell'umidità e della condensa.

Fig. 78, Sabbia vulcanica – azolo, impiegato per il confezionamento dell'impasto per la produzione dei blocchi in terra cruda

iii. *Stoccaggio della terra*; La terra stoccata in cumuli, già sottoposta alle fasi di lavorazione di rottura delle zolle, molitura e setacciatura è stata conservata in luogo asciutto e ben areato. L'area di stoccaggio è stata scelta all'interno dello stesso stabilimento dove saranno realizzati i blocchi. L'area è stata predisposta avendo cura che la superficie di appoggio sia

pulita, resa impermeabile con un telo in plastica, che preserva, inoltre, la terra selezionata da eventuali contaminazioni di terreno organico e vegetazione.

iv. *Vaglio della terra*; la terra è stata privata dai sassi e dalla ghiaia. Dalla esperienza in letteratura è buona regola che il componente non presenti parti solide di dimensioni superiori a 1/10 delle dimensioni più piccole dei blocchi che si intende realizzare[11]. (essendo la dimensione più piccola del manufatto da produrre pari a 12,5 cm avremo che le dimensioni massime delle parti solide della terra da impiegare non devono superare 1,25 cm) Quindi le operazioni di vagliatura sono state effettuate con setacci di 12 mm. Prima di riversare la terra nei setacci sono state rotte le zolle di maggiori dimensioni ed eliminati i residui che avrebbero potuto compromettere le prestazioni del manufatto (pietra, ghiaia, residui organici).

Fig. 79, Fogliame di canna comune (Arundo Donax), impiegata come fibra.

v. *Preparazione delle fibre*; La fibra, il fogliame di canna comune, arundo donax, è stata sottoposta al taglio manuale mediante forbici per potatura, vista l'esigua quantità richiesta per il confezionamento dei campioni, altrimenti si sarebbe dovuto ricorrere all'impiego di un trituratore per cascame delle potature.

vi. *Umidificazione della terra*; Mediante un irroratore si è provveduto alla umidificazione della terra arrivando ad una percentuale di circa il 40 % di acqua sul totale dell'impasto, percentuale questa ritenuta idonea per impasti plastici adatti per il confezionamento di mattoni. Sono state fatte

[11] Op.Cit, AAVV, Costruire con la terra, pag.117

alcune prove empiriche, consigliate in letteratura, per verificarne la giusta consistenza: il test di ritiro lineare, l'esame di penetrazione, l'esame del taglio, il test della sfera di terra, di circa 4 cm di diametro, che lanciata da un metro di altezza si è schiacciata sul terreno senza disgregarsi;

vii. *Impasto*; L'esecuzione dell'impasto è avvenuta, vista la modesta quantità di mattoni da realizzare, con modalità manuali. I componenti sono stati mescolati, secondo i vari dosaggi, in grandi contenitori in plastica. In un primo momento su una superficie piana e asciutta sono stati mescolati a secco la terra e la sabbia fino ad ottenere un impasto omogeneo.

Fig. 80, Argilla impiegata per l'impasto dei blocchi.

Quest'ultimo è stato versato in un grande contenitore a cui sono state aggiunte le fibre, successivamente, gradualmente, è stata aggiunta l'acqua necessaria. L'impasto è stato lasciato a maturare per circa 6 ore, prima dell'utilizzo. Alternativamente, l'impasto, per grandi quantità, può essere realizzato con l'ausilio di una betoniera.

b. ***realizzazione dei blocchi***. La realizzazione dei blocchi è stata effettuata, manualmente, con l'ausilio della cassaforma metallica. Il procedimento è stato portato a termine secondo le seguenti fasi:

i. *Formatura;* Con l'ausilio della cassaforma, della staggia e della cazzuola, dopo 6 ore di riposo, l'impasto è stato introdotto nello stampo, ponendo particolare attenzione a riempire completamente lo spazio disponibile e compattare il composto. In una seconda fase, è stata livellata

la superficie libera ed eliminato il materiale eccedente dal limite del bordo della cassaforma.

Fig. 81, Formatura del blocco.

Fig. 82, Blocco sformato.

Successivamente la forma è stata sollevata e ruotata per estrarre il manufatto, che si è presentato integro nella sua geometria in tutti e 5 i casi di diverso dosaggio dei componenti. Questa operazione risulta facilitata rispetto al caso in cui la cassaforma sia del tipo senza il fondo, perché consente all'operatore di lavorare su un tavolo di lavoro, ma può comportare però alcune deformazioni del manufatto nel momento in cui la forma viene capovolta sul ripiano.

ii. *Stoccaggio ed essiccamento.* Per lo stoccaggio e l'essiccamento sono stati impiegati dei bancali, muniti di distanziatori, in legno in modo da evitare il contatto diretto tra gli elementi e consentire un regolare passaggio dell'aria. Il luogo di stoccaggio è stato scelto, all'interno dello stabilimento, in un'area asciutta e ventilata, protetta dalla pioggia.

Gli elementi formati sono stati lasciati per cinque giorni nella posizione di piatto, successivamente sono stati ruotati e poggiati di taglio per completare l'asciugatura. Concluso questo primo fase preliminare di asciugatura, i blocchi sono stati lasciati "stagionare" per 2 mesi in condizioni climatiche ottimali, posti in un locale asciutto, ventilato e protetto dall'azione diretta dei raggi solari e delle acque meteoriche.

Fig. 83, Blocchi stagionati.

Nel processo produttivo esaminato, la manodopera rappresenta una parte marginale nei consumi energetici globali di realizzazione del blocco, anche se di contro può rappresentare una parte importante dei costi. Per abbattere l'incidenza della manodopera, che su produzioni sperimentali è praticamente nulla, ma per un eventuale produzione su grandi numeri incide parecchio sul costo complessivo del manufatto, sarebbe opportuno avvalersi di attrezzature capaci di una maggiore produzione e quindi di impianti dotati di attrezzature meccanizzate. Uno studio in tal senso esula però dallo scopo di questa ricerca.

## 6.5 CONTROLLO DI QUALITA' E CARATTERIZZAZIONE DEI CAMPIONI TIPO

Nell'ambito della ricerca del dottorato, ovvero per esclusivi scopi sperimentali o comunque per un'ipotesi di prima accettazione del prototipo costruttivo, è stato condotto un controllo sommario di qualità del processo produttivo. Il controllo di qualità è di fondamentale importanza per la corretta gestione delle risorse. La buona qualità dei manufatti è legata al grado di informazione e consapevolezza degli operatori e dalla organizzazione e gestione del processo produttivo. Nello specifico sono stati effettuati controlli nelle fasi di produzione:

CONTROLLO IN FASE DI PREPARAZIONE DELLA MISCELA

- in fase della preparazione della miscela dei componenti, verificando il corretto dosaggio dei componenti, la corretta granulometria degli inerti e della terra, l'elevato grado di omogeneizzazione dei vari elementi costituenti l'impasto e l'ottimale grado di umidità raggiunto dalla miscela;

CONTROLLO IN FASE DI FORMATURA E SFORMATURA DELL'IMPASTO

- in fase di formatura e sformatura, verificando la corretta messa in opera, nella cassaforma dell'impasto verificando in particolare il completo riempimento degli spazi e la corretta compattazione dell'impasto mediante pesatura e indagini visive;

CONTROLLO DURANTE LA STAGIONATURA

- durante la stagionatura, verificando che la maturazione dei blocchi sia avvenuta in un ambiente favorevole, ovvero con un giusto tasso di umidità, tale da consentire al legante di sviluppare correttamente la sua efficacia;

CONTROLLO DURANTE LE PROVE DI LABORATORIO

- al termine del processo, con prove di laboratorio, valutando le prestazioni fisico-meccaniche dei blocchi e il loro comportamento in presenza di acqua, per potere delineare una prima accettabilità dei campioni.

Quest'ultima fase del percorso di ricerca, ovvero quella della caratterizzazione fisico-meccanica dei blocchi prodotti, si è basata sul metodo illustrato nel Manuale Tematico della Terra Cruda della Sardegna.[12]

I prototipi del blocco in terra cruda sono stati realizzati con diverse percentuali dei componenti base. Sono state realizzate cinque serie di campioni con le componenti in percentuale descritte nella tabella che segue.

I criteri di composizione della miscela sono stati scelti in base ai dati reperiti dalla ricerca condotta sulla letteratura esistente, alle competenze

[12] M. Achenza, U. Sanna, Manuale Tematico della Cruda in Sardegna, DEI, 2009

acquisite dalle esperienze condotte in prima persona nei laboratori pratici a cui è stato possibile partecipare negli anni di formazione del corso di dottorato e alla capacità professionale e tecnica degli esperti del laboratorio della Guglielmino Group.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Argilla | 38 Kg (68,46%) | 34 Kg (59,3%) | 34 Kg (58,89%) | 34 Kg (58,48%) | 34 Kg (58,07%) |
| Azolo | 17 Kg (30,81%) | 22 Kg (39,4%) | 22 Kg (39,11%) | 22 Kg (38,84%) | 22 Kg (38,57%) |
| Fibre | 0,380 Kg (0,68%) | 0,760 Kg (1,3%) | 1,520 Kg (1,98%) | 3,04 Kg (2,67%) | 6,08 Kg (3,35%) |
| Acqua(*) | 24 Kg | 24 Kg | 24 Kg | 24 Kg | 24 Kg |

Tabella 15. Composizione dell'impasto per la produzione dei blocchi, cinque per ciascuna serie. (*) 43% circa del peso della frazione secca

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Massa elemento tecnico umido | 15,88 Kg | 16,15 Kg | 16,31 Kg | 16,61 Kg | 17,22 Kg |
| Massa elemento tecnico secco | 10,84 Kg | 11,01 Kg | 11,24 Kg | 11,34 Kg | 11,45 Kg |
| Peso specifico impasto (umido) | 1588 Kg/mc | 1615 Kg/mc | 1631 Kg/mc | 1661 Kg/mc | 1722 Kg/mc |
| Peso specifico manufatto stagionato (secco) | 1178 Kg/mc | 1171 Kg/mc | 1171 Kg/mc | 1181 Kg/mc | 1193 Kg/mc |

Tabella 16. Determinazione del peso specifico del materiale. Il volume considerato per la determinazione del peso specifico dell'elemento tecnico umido è pari a:0,01 mc, i volumi per i campioni a secco sono quelli determinati dalla prova di ritiro.

Nella composizione della miscela per l'impasto, nei campioni dal n.2 al n.5, è stata trovata, da subito, la percentuale ideale di terra e aggregati, che è quella indicata per il campione n.2. E' stata variata quella delle fibre, aumentandone il dosaggio in proporzione rispetto alla quantità impiagata nel primo campione. Precisamente nel n.2 la quantità di fibre è stata raddoppiata, nel n.3 è stata triplicata, nel n.4 è stata quadruplicata e nel n.5 è stata quintuplicata. L'aumento delle quantità di fibre è stato apportato fino ad una percentuale che è stata ritenuta idonea per la lavorabilità dell'impasto. Questi incrementi di fibre nell'impasto, che potrebbero

migliorare alcune prestazioni del manufatto, sono stati apportati per analizzare le variazioni delle caratteristiche fisico meccaniche dei blocchi al variare di questo parametro.

Con i prototipi sono stati realizzati i provini, cinque per ogni miscela di impasto, delle dimensioni di 15x25x12,5 (½ blocco), necessari per i test previsti, in osservanza con quanto previsto dai protocolli scelti per le analisi, al fine d determinare alcuni valori sperimentali di analisi quali la resistenza a compressione, il carico di rottura, l'assorbimento, la durabilità, il ritiro, la rottura. Le prove condotte derivano dai procedimenti regolati dalle norme Neozelandesi (NZS 4298: 1998, Material & Workmanship for Earth Buildings) del Marzo 1998, Standard Code of Practise for Rammed Hearth Structures, dello Zimbabwe 2001 (SAZS 724:2001) e Standard Australia 2002, dalle metodologie elaborate dell'ENTE Ecole Nationale des Traveaux Publics del l'Etat di Lione (Francia) adottati dal Laboratorio di prove sui materiali a base di terra cruda del Politecnico di Torino sotto la guida dei proff. Mattone e Pasero e dal Manuale Tematico della Cruda a cura di Maddalena Achenza e Ulrico Sanna.

I test eseguiti sono i seguenti:

i. **Analisi visiva**. Per rilevare la presenza di fessurazioni tali da poter compromettere la funzionalità del componente edilizio nell'esercizio delle sue funzioni d'uso.

ii. **Analisi al tatto**. Con un controllo sensoriale del manufatto, viene sfregata, con il palmo della mano, la superficie del blocco per verificarne la quantità e composizione del materiale asportato.

iii. **Prova di assorbimento.** È una prova che ha come obiettivo stabilire il comportamento del mattone nei confronti dei fenomeni di risalita capillare dell'acqua. Per questo motivo occorrono indicazioni attendibili circa la velocità di risalita dell'acqua, dunque si misurano le altezze di risalita ad intervalli di tempo prestabiliti nell'arco di 12 ore. Per la prova si utilizzano un contenitore per l'acqua, una riga graduata al millimetro.

iv. **Prova di Geelong.** È una prova di durabilità che ha come obiettivo la determinazione della resistenza all'erosione della superficie dei mattoni. In condizioni di esercizio infatti il mattone, in caso di dilavamento dell'intonaco esterno, può trovarsi esposto a pioggia battente.

v. **Prova di Ritiro.** La prova ha come obiettivo la verifica della dimensione dei mattoni prodotti. Un eccessivo ritiro infatti, è quasi sempre causa di alterazioni delle capacità meccaniche dell'elemento in terra cruda.

vi. **Prova di resistenza all'urto.** La prova ha come obiettivo la valutazione qualitativa della resistenza all'urto del mattone, in particolare quella dei suoi spigoli.

vii. **Prova di penetrazione**. La prova è indicativa della resistenza della superficie esterna del blocco. Essa è esclusivamente qualitativa perché

non prevede la valutazione numerica dei risultati bensì un'analisi estimativa dell'operatore che esprime un giudizio sulla resistenza alla penetrazione del materiale.

viii. **Prova di compressione monoassiale.** Per la determinazione della resistenza a compressione, si procede, non esistendo a tutt'oggi raccomandazioni di riferimento in Italia, con una prova di compressione assiale monotona sui campioni opportunamente stagionati in ambiente naturale protetto. Le prove sono state condotte impiegando una pressa Galdabini MT60 con cella di carico da 60KN a velocità minima di incremento di carico di 0,04 mm/min.

Seguono le schede descrittive dei test realizzati:

01. analisi visiva;
02. analisi al tatto;
03. prova di assorbimento;
04. prova di Geelong – erosione
05. analisi del ritiro
06. prova di penetrazione
07. prova di resistenza all'urto
08. prova di compressione[13]

[13] Le prove dalla 1 alla 7 sono state effettuate presso il Laboratorio di Tecnologia della Produzione Edilizia, LaTPrE, del Dipartimento di Architettura della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Catania; La prova n.8, è stata effettuata presso il Laboratorio di Prove sui Materiali della ditta Sidercem di Mistebianco.

# 01 ANALISI VISIVA (*)

| | |
|---|---|
| *scopo* | Rilevare la presenza di fessurazioni tali da poter compromettere la funzionalità del componente edilizio nell'esercizio delle sue funzioni d'uso. |
| *metodo operativo* | Vengono analizzati tutti i blocchi prodotti, le loro superfici e i loro spigoli, per rilevare la presenza di eventuali difetti e fessurazioni. Le fessure devono essere documentate con un rilievo fotografico, contate e misurate con un riga metallica avente una precisione del millimetro. |
| *elaborazione dei dati* | I dati fotografici vengono raccolti in una cartella di archiviazione virtuale mentre le misurazioni sono annotate in un notes per appunti; queste possono essere corredate da schizzi con la rappresentazione dei difetti riscontrati |
| *accettazione dei risultati* | Ciascun blocco non deve presentare più di tre fessurazioni, la cui lunghezza deve essere inferiore a 60mm e la cui larghezza deve essere non superiore a 3mm. |

*apparecchiature*

***riga metallica con precisione al millimetro***

***calibro in metallo***

***notes e fotocamera digitale***

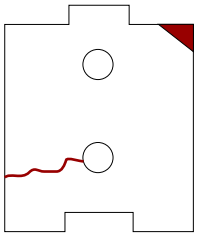
## *criteri di confronto*

***Lunghezza delle fessure < 60 mm***

***Spessore delle fessure < 3 mm***

***Le fessurazioni, se presenti non devono, essere di natura passante***

## *schemi*



***fessurazioni***

***rottura degli spigoli***

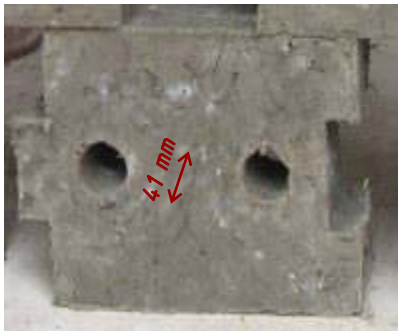
***Schizzo del blocco, sul quale sono state annotate le analisi***

# TEST 01

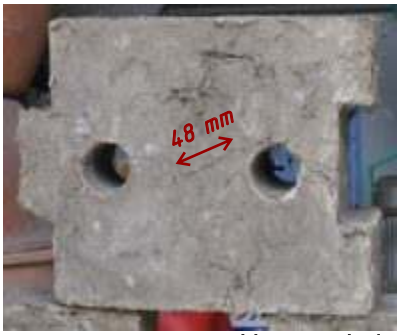
*report*

***blocco serie 1***

***blocco serie 2***




***blocco serie 3***




***blocco serie 4***

***blocco serie 5***

***serie 1:*** *un blocco presenta fessurazioni di 110 mm ed è stato scartato;*

***serie 2:*** *i blocchi non presentano fessurazioni rilevanti;*

***serie 3:*** *due blocchi presentano fessurazioni dell'ordine di 40 mm*

***serie4:*** *un blocco presenta fessurazioni di 48 mm;*

***serie 5:*** *i blocchi non presentano fessurazioni rilevanti.*

*dati rilevati*

## *risultati della prova*

L'analisi condotta sui campioni realizzati in laboratorio ha evidenziato nel complesso una buona qualità dei manufatti. Non sono presenti fessurazioni tali che possano compromettere i test successivi. Solo in un caso è stato riscontrato, e documentato sopra, un fenomeno fessurativo eccessivo, dovuto molto probabilmente alla scarsa presenza di fibra nell'impasto oppure ad un errore in fase di confezionamento.
In nessuno dei campioni prodotti sono stati rilevati difetti agli spigoli.

*(*) Manuale Tematico della terra cruda, M. Achenza, U. Sanna pag 50*

# 02 ANALISI DEL TATTO (*)

*scopo*

Verificare se la superficie del mattone rilascia materiale con un azione di sfregamento condotta da un operatore con il palmo della mano e verificare inoltre l'integrità degli spigoli del manufatto con la pressione delle dita e l'urto provocato con un manico di cacciavite.

*metodo operativo*

Le superfici dei blocchi vengono sottoposte ad energico sfregamento per verificare la quantità e la composizione della terra così asportata al fine di avere una indicazione sulla sua consistenza. Per quanto riguarda l'integrità degli spigoli, nei mattoni di qualità scadente anche una leggera pressione delle dita è sufficiente per determinarne il distacco.

*elaborazione dei dati*

I dati fotografici vengono raccolti in una cartella di archiviazione virtuale mentre le annotazione sono trascritte su un notes per appunti; queste possono essere corredate da schizzi con la rappresentazione dei difetti riscontrati

*accettazione dei risultati*

Ciascun blocco non deve presentare fenomeni di abrasione eccessivi con consistente rilascio di materiale. Gli spigoli dei blocchi devono rimanere integri agli urti.

*apparecchiature*

*palmo della mano*

*cacciavite*

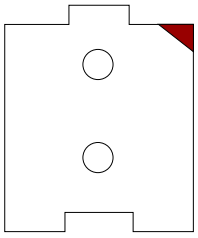
*notes per appunti fotocamera digitale*

## *criteri di confronto*

***La superficie dei blocchi deve rimanere integra alle azioni di sfregamento***

***Gli spigoli dei manufatti non devono cedere sotto le azioni di pressione e l'azione d'urto***

## *schemi*



*rottura degli spigoli*

***Schema del blocco, e localizzazione delle analisi***

# TEST 02

*report*

***blocco serie 2 prima e dopo lo sfregamento*** ***Residui sul palmo della mano***

***spigolo blocco serie 3***

***spigolo blocco serie 2***

***spigolo blocco serie 5***

***Sfregamento:*** *tutti i blocchi presentano una elevata resistenza al rilascio di materiale superficiale.*

***Urto****: gli spigoli di tutti i blocchi si presentano integri anche dopo la prova d'urto.*

*dati rilevati*

## *risultati della prova*

L'analisi condotta sui campioni realizzati in laboratorio ha permesso di avere un'indicazione di massima sulla granulometria del conglomerato. La prova allo sfregamento della superficie ha evidenziato un'estrema compattezza del materiale impiegato, con un rilascio di pochissimo materiale pulviscolare. I test per la verifica degli spigoli, condotti sia sugli angoli sia sui lati del blocco, in più punti, sono risultati positivi in quanto in nessuna parte dei blocchi, di ogni serie, si è riscontato un tendenza al distacco di porzioni del materiale.

*(*) Manuale Tematico della terra cruda, M. Achenza, U. Sanna pag 50*

# 03 PROVA DI ASSORBIMENTO (*)

*scopo*

Stabilire il comportamento del blocco nei confronti dei fenomeni di risalita capillare dell'acqua, con indicazioni attendibili circa la velocità di flusso. Vengono misurate le altezze di risalita ad intervalli di tempo prestabiliti nell'arco di 12 ore.

*metodo operativo*

La prova di assorbimento viene effettuata su 5 campioni interi,per ciascuno dei quali si procede come segue: si dispone il blocco sul fondo di un contenitore nel quale viene versata una quantità d'acqua in modo tale che esso risulti immerso per un'altezza di 3 cm; la faccia a contatto con l'acqua sarà quella più lunga; si misura l'altezza raggiunta dal liquido per risalita capillare ad intervalli di tempo così determinati: ogni 15 minuti per le prime tre ore, ogni 30 minuti per le tre ore successive, ogni ora per le sei ore successive; si misura l'altezza raggiunta dal liquido dopo dodici ore.

*elaborazione dei dati*

I dati fotografici vengono raccolti in una cartella di archiviazione virtuale mentre le misurazioni sono annotate in un notes per appunti;

*accettazione dei risultati*

I mattoni saranno accettati se l'altezza dell'acqua è contenuta nei limiti indicati nella tabella a lato. In ogni caso al termine della prova il blocco deve risultare pressochè integro, con lievi perdite di materiale alla base.

*apparecchiature*

*riga metallica con precisione al millimetro*

*vaschette in plastica*

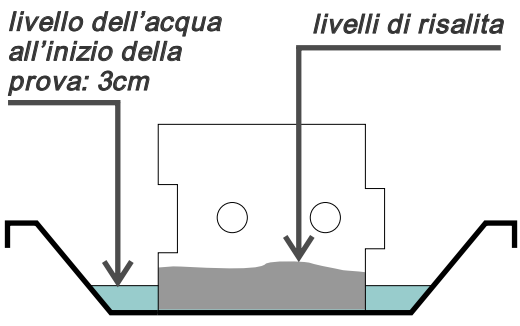
*notes per appunti fotocamera digitale*

## *criteri di confronto*

| Tempi | h max | Tempi | h max |
|---|---|---|---|
| 15' | 7,5 | 3h 30' | 12,0 |
| 30' | 8,5 | 4h | 12,5 |
| 45' | 9,0 | 4h 30' | 12,7 |
| 1h | 9,5 | 5h | 13,0 |
| 1h 15' | 10,0 | 5h 30' | 13,5 |
| 1h 30' | 10,5 | 6h | 13,6 |
| 1h 45' | 10,7 | 7h | 13,7 |
| 2h | 11,0 | 8h | 13,9 |
| 2h 15' | 11,2 | 9h | 14,0 |
| 2h 30' | 11,4 | 10h | 14,3 |
| 2h 45' | 11,6 | 11h | 14,4 |
| 3h | 11,8 | 12h | 14,5 |

*Tabella dei valori massimi accettabili di altezza di risalita capillare*

## *schemi*




*Schizzo del blocco immerso nella vaschetta*

# TEST 03

| Tempi | h serie 1 | h serie 2 | h serie 3 | h serie 4 | h serie 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 15' | 4,9 | 4,2 | 4,1 | 3,9 | 3,9 |
| 30' | 5,0 | 5,5 | 5,3 | 5,5 | 5,4 |
| 45' | 5,6 | 5,8 | 5,7 | 5,8 | 5,9 |
| 1h | 6,1 | 6,0 | 5,8 | 5,9 | 6,1 |
| 1h 15' | 6,1 | 6,1 | 6,2 | 6,1 | 6,1 |
| 1h 30' | 6,1 | 6,2 | 6,4 | 6,2 | 6,2 |
| 1h 45' | 6,2 | 6,2 | 6,5 | 6,3 | 6,3 |
| 2h | 6,2 | 6,2 | 6,5 | 6,4 | 6,3 |
| 2h 15' | 6,2 | 6,3 | 6,6 | 6,5 | 6,5 |
| 2h 30' | 6,4 | 6,4 | 6,6 | 6,6 | 6,5 |
| 2h 45' | 6,4 | 6,4 | 6,7 | 6,7 | 6,7 |
| 3h | 6,4 | 6,5 | 6,7 | 6,8 | 6,8 |
| 3h 30' | 6,4 | 6,7 | 6,8 | 6,8 | 6,8 |
| 4h | 6,6 | 6,8 | 6,8 | 6,9 | 6,8 |
| 4h 30' | 6,6 | 6,8 | 6,8 | 6,9 | 6,9 |
| 5h | 6,7 | 6,8 | 6,8 | 6,9 | 6,9 |
| 5h 30' | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| 6h | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| 7h | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| 8h | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| 9h | 6,7 | 6,8 | 7,0 | 7,0 | 6,9 |
| 10h | 6,8 | 6,8 | 7,0 | 7,1 | 7,0 |
| 11h | 6,8 | 6,8 | 7,0 | 7,1 | 7,0 |
| 12h | 6,8 | 6,8 | 7,0 | 7,1 | 7,0 |

*Tabella dei valori di altezza da risalita capillare registrati su ogni campione di ciascuna serie.*

## *dati rilevati*

L'analisi condotta sui campioni di mattone, è stata sviluppata presso il laboratorio di Tecnologie della Produzione Edilizia del DARC, Facoltà di Ingegneria di Catania. Il test è stato effettuato utilizzando due provini per ogni serie di blocchi realizzati. In tabella compare la media delle misurazioni effettuate sui due campioni.
Le misurazioni sono state effettuate con una riga in acciaio approssimata al millimetro.

# 03 TEST

*report*

*Immagini della prova: provini della serie 1 e della serie 2. Da sinistra in alto: Campioni nelle vaschette immersi in acqua, ad un'altezza di 3 cm; misurazioni intermedie dopo 30 min e dopo 2h; condizioni della base del campione dopo due ore di immersione.*

***Immagini della prova: provini della serie 1 e della serie 2. Da sinistra in alto: misurazioni intermedie dopo 2h; condizioni della base del campione dopo 12 ore di immersione.***

## *risultati della prova*

L'analisi condotta sui campioni realizzati in laboratorio ha evidenziato nel complesso una buona risposta prestazionale dei manufatti. Tutti i blocchi testati, due per ogni serie, possono ritenersi accettati, poiché le misurazioni effettuate rientrano nei limiti indicati nella tabella di riferimento. Le condizioni dei blocchi alla base, così come documentato nelle immagini, risultano anch'esse accettabili, con rigonfiamenti leggermente più accentuati, accompagnati da una maggiore perdita di materiale, nelle serie 1 e 2. Le serie 3, 4 e 5 presentano una condizione finale complessiva migliore con deformazione della geometria molto ridotta e scarsa perdita di materiale, ciò dovuto probabilmente alla maggiore presenza di fibre nell'impasto.

*(*) Manuale Tematico della terra cruda, M. Achenza, U. Sanna pag 51.*

# 04 PROVA DI GEELONG - EROSIONE (*)

*scopo*

È una prova di durabilità che ha come obiettivo la determinazione della resistenza all'erosione della superficie del blocco. In condizioni di esercizio infatti il mattone, in caso di dilavamento dell'intonaco esterno, può trovarsi esposto a pioggia battente.

*metodo operativo*

Si riempie un contenitore da 750 ml, graduato a 50 ml, con 600 ml d'acqua e si immerge un'estremità di un tubo flessibile di diametro 4mm. Si determina un flusso, la cui velocità è imposta con un dispositivo di regolazione, in modo che vengano erogati 100 ml d'acqua in un tempo compreso tra 20 e 60 minuti. Regolati questi parametri si dà inizio alla prova che dev'essere eseguita in un luogo all'aperto riparato dal vento e dall'irraggiamento diretto. Il gocciolamento avviene da un'altezza di 400 mm dalla superficie del blocco, che andrà disposta inclinata come indicato nello schema sotto. La prova termina quando sull'adobe sono sgocciolati 100 ml d'acqua.

*elaborazione dei dati*

Si misura con il calibro la profondità D del foro prodotto; si rompe il campione con un martello e una scure nel senso della lunghezza, attraverso il foro; si ispeziona la superficie di rottura per valutare la penetrazione U dell'umidità. D e U si esprimono in millimetri.

*accettazione dei risultati*

L'accettabilità di un blocco, (ne sono stati testati 3 per ogni serie) è vincolata alla profondità del foro (D, in mm) prodotto dal gocciolamento e si basa sull'attribuzione di un indice di erosione da assegnare seguendo le indicazioni riportate nella tabella che segue.

*apparecchiature*

*riga metallica e calibro con precisione al millimetro*

*Contenitore graduato vaschetta e tubo diam. 4 mm*

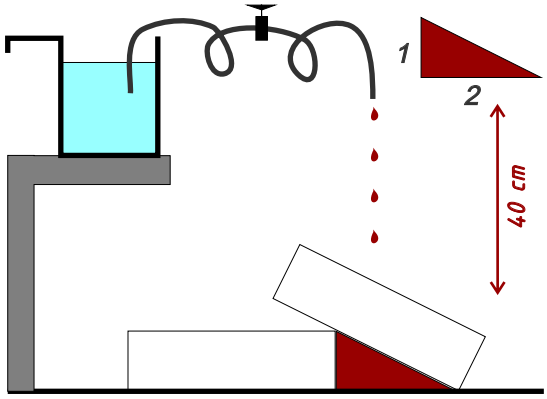
*notes per appunti, scure e fotocamera digitale*

## *criteri di confronto*

| proprietà | criteri | Indice di erosione |
|---|---|---|
| Profondità del foro D (in mm) | 0 < D < 5<br>5 ≤ D < 10<br>10 ≤ D < 15<br>D ≥ 15 | 2<br>3<br>4<br>5( non accettato) |
| Profondità di penetrazione U<br>Se il campione è più spesso di 120 mm | < 120<br>≥ 120 | Accettato<br>Non accettato |

*Tabella dei valori massimi accettabili per l'indice di erosione*

## *schemi*




*Schizzo del blocco immerso nella vaschetta*

| | | Profondità del foro D (mm) | Profondità di penetrazione U (mm) |
|---|---|---|---|
| Serie 1 | a | 3 (2) | 14 |
| | b | 4 (2) | 13 |
| | c | 3,5 (2) | 14,5 |
| Serie 2 | a | 4 (2) | 13 |
| | b | 4,5 (2) | 14 |
| | c | 5 (3) | 13 |
| Serie 3 | a | 4,5 (2) | 14 |
| | b | 4 (2) | 14 |
| | c | 4,5 (2) | 15 |
| Serie 4 | a | 5 (3) | 14 |
| | b | 4,5 (2) | 14 |
| | c | 5 (3) | 14,5 |
| Serie 5 | a | 5 (3) | 15 |
| | b | 5 (3) | 14 |
| | c | 5 (3) | 13,5 |

*Tabella dei valori di profondità del foro D (mm) e di penetrazione dell'umidità U (mm), dei campioni sottoposti alla prova. ( 3 blocchi per ogni serie).*
*In rosso è indicato l'indice di erosione secondo le NZS 4298.*

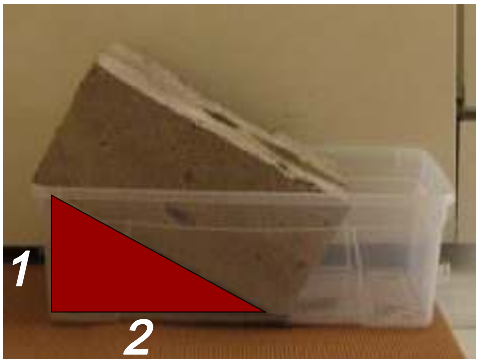
## *dati rilevati*

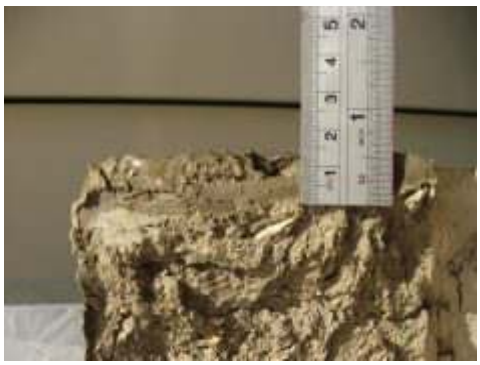
L'analisi condotta sui campioni di mattone, sono stati condotti presso il laboratorio di Tecnologie della Produzione Edilizia del DARC, Facoltà di Ingegneria di Catania. Il test è stato effettuato utilizzando tre provini per ogni serie di blocchi realizzati. In tabella compare il valore delle misurazioni effettuate sui campioni.
Le misurazioni sono state effettuate con una riga e un calibro in acciaio approssimate al mezzo-millimetro.

# 04 TEST

*report*

*Immagini della prova: provini della serie 2 e della serie 3. Da sinistra in alto: Il dispositivo di Geelong, composto dal contenitore graduato, il tubo da 4mm e il campione nella vaschetta, posto ad una distanza di 40 cm; posizione del campione; condizioni del campione dopo lo sgocciolamento dei 100 ml previsti in un ora; particolari del contenitore graduato.*





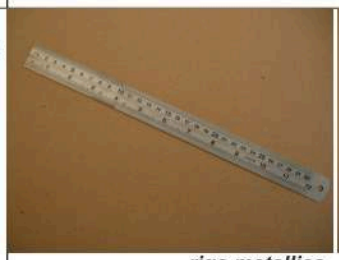
***Immagini della prova: provini della serie 3 e della serie 4. Da sinistra in alto: rottura del campione con la scure; condizioni del campione dopo la prova e la rottura; misurazioni della profondità D e della penetrazione dell'umidità U.***

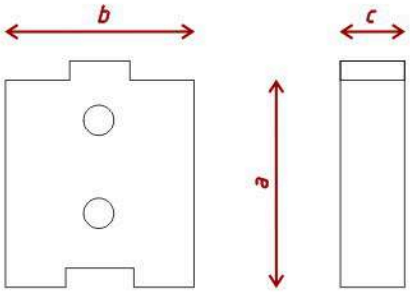
## *risultati della prova*

L'analisi condotta sui campioni realizzati in laboratorio ha evidenziato nel complesso una buona risposta prestazionale dei manufatti. Tutti i blocchi testati, tre per ogni serie, possono ritenersi accettati, poiché le misurazioni effettuate rientrano nei limiti indicati nella tabella di riferimento. I dati ricavati dalla profondità dei fori indicano valori degli indici di erosione compresi tra 2 e 3, mentre per la profondità di penetrazione dell'umidità sono stati rilevati valori compresi tra i 13 e 15 mm, entrambi molto al di sotto dei limiti previsti.

*(*) Standard New Zealand Committee BD/83 Earth. NZS 4298 Materials and workmanship for earth building.*

# 05 ANALISI DEL RITIRO (*)

| | |
|---|---|
| *scopo* | Verifica delle dimensioni dei blocchi. Un eccessivo ritiro infatti, è quasi sempre causa di alterazione delle capacità meccaniche dell'elemento in terra cruda. |
| *metodo operativo* | Si misurano le lunghezze di ogni lato dei campioni del blocco e si annotano le differenze rispetto le dimensioni dello stampo. |
| *elaborazione dei dati* | I dati fotografici vengono raccolti in una cartella di archiviazione virtuale mentre le misurazioni sono annotate in un notes per appunti; queste possono essere corredate da schizzi con la rappresentazione delle caratteristiche riscontrate. |
| *accettazione dei risultati* | Ciascun blocco non deve presentare più di tre fessurazioni, la cui lunghezza deve essere inferiore a 60mm e la cui larghezza deve essere non superiore a 3mm. |
| *apparecchiature* |  ***riga metallica con precisione al millimetro*** ***notes per appunti fotocamera digitale*** |

| ***criteri di confronto*** | ***schemi*** |
|---|---|
| ***0% ≤ ritiro ≤ 3% è considerato normale***<br>***3% ≤ ritiro ≤ 5% è considerato accettabile***<br>***5% ≤ ritiro è considerato inadeguato*** |   ***Schema del blocco, sul quale sono state effettuate le analisi*** |

# TEST 05

*report*

*blocco serie 1*

*blocco serie 1*

*dati rilevati*

| | dimensione "a" (cm) | dimensione "b" (cm) | dimensione "c" (cm) |
|---|---|---|---|
| **cassaforma** | **29,1** | **25,7** | **12,1** |
| **Serie 1** | **26,8** | **23,7** | **11,2** |
| **Serie 2** | **27,3** | **23,9** | **11,4** |
| **Serie 3** | **27,7** | **24,6** | **11,5** |
| **Serie 4** | **27,8** | **24,9** | **11,7** |
| **Serie 5** | **27,9** | **25,0** | **11,8** |

***Tabella dei valori di ritiro registrati su ogni campione di ciascuna serie. I valori rappresentano la media delle misurazioni dei blocchi di ciascuna serie.***

***Serie 1: percentuale di ritiro 7,9 % > 5% - ritiro inadeguato***
***Serie 2: percentuale di ritiro 6,2 % > 5% - ritiro inadeguato***
***Serie 3: percentuale di ritiro 4,8 % = 5% - ritiro accettabile***
***Serie 4: percentuale di ritiro 4,5 % < 5% - ritiro accettabile***
***Serie 5: percentuale di ritiro 4,1 % < 5% - ritiro accettabile***

## *risultati della prova*

L'analisi condotta sui campioni realizzati in laboratorio ha evidenziato una risposta disomogena dei manufatti. I blocchi della serie 1 e 2 presentano un ritiro inadeguato perché superiore al 5% del volume.
I campioni delle serie 3, 4 e 5, dalle misurazioni, hanno evidenziato valori ritiro accettabile, infatti questi risultano comprese tra il 3% e 5%.
Una considerazione che può essere fatta a margine di questa prova è che la maggiore quantità di fibre, presenti nell'impasto, ha determinato in fase di asciugatura un ritiro inferiore, quindi in relazione ai risultati ottenuti dagli altri test, è possibile affermare che i blocchi delle serie 3,4 e 5 presentano delle caratteristiche tali garantire una idonea capacità meccanica degli stessi.

*(*) Manuale Tematico della terra cruda, M. Achenza, U. Sanna*

# 06 PROVA DI PENETRAZIONE (*)

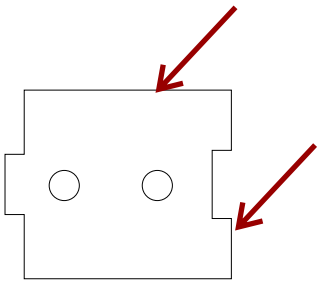
| | |
|---|---|
| *scopo* | Rilevare la resistenza della superficie esterna del blocco. |
| *metodo operativo* | Vengono testati tutti i blocchi prodotti sulle loro superfici, per rilevare qualitativamente la resistenza della stesse. Viene fatta penetrare nella superficie da testare la punta del cacciavite, partendo da una distanza di 5-10 cm circa. |
| *elaborazione dei dati* | I dati fotografici vengono raccolti in una cartella di archiviazione virtuale mentre le analisi sono annotate in un notes per appunti; queste possono essere corredate da schizzi con la rappresentazione dei difetti riscontrati |
| *accettazione dei risultati* | Ciascun blocco deve presentare un'adeguata resistenza alla penetrazione della punta del cacciavite che non deve penetrare per più di pochi millimetri (1-3 mm). |

*apparecchiature*

*riga metallica con precisione al millimetro*

*cacciavite*

*notes per appunti fotocamera digitale*

| *criteri di confronto* | *schemi* |
|---|---|
| *Le resistenza alla penetrazione è stata valutata qualitativamente, adottando come criterio una penetrazione accettabile di 1-3 mm* |  *Schizzo del blocco, sul quale sono state effettuate le analisi* |

# TEST 06

*report*

*blocco serie 1*

*blocco serie 2*

*blocco serie 3*

*blocco serie 4*

*blocco serie 5*

*dati rilevati*

***serie 1:*** *resistenza alla penetrazione inferiore al millimetro;*

***serie 2:*** *resistenza alla penetrazione inferiore al millimetro;*

***serie 3:*** *resistenza alla penetrazione al millimetro;*

***serie4:*** *resistenza alla penetrazione compresa tra 1 e 2 millimetri;*

***serie 5:*** *resistenza alla penetrazione compresa tra 1 e 2 millimetri;*

## *risultati della prova*

L'analisi condotta sui campioni realizzati in laboratorio ha evidenziato nel complesso una buona qualità dei manufatti. Le scalfitture, impresse con la punta di un cacciavite, imprimendo una forza manuale mediante urto esercitato da una distanza di 5 cm dalla superficie del mattone, presentano profondità massime apprezzabili tra 1 e 2 millimetri, nella serie di blocchi con maggiore percentuale di fibre nell'impasto, mentre nelle altre, la 1, 2 e 3, la penetrazione è appena misurabile ed è dell'ordine del millimetro.

*(*) Manuale Tematico della terra cruda, M. Achenza, U. Sanna pag 51.*

# 07 PROVA DI RESISTENZA ALL'URTO (*)

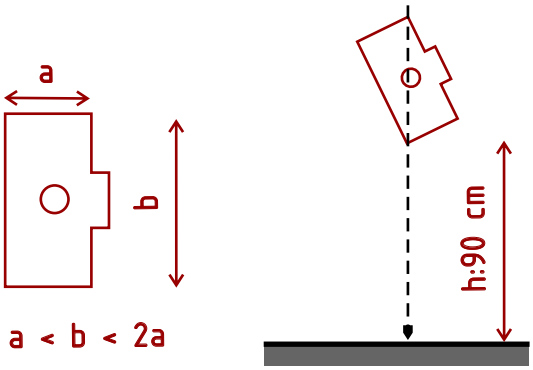
| | |
|---|---|
| *scopo* | Valutazione qualitativa della resistenza all'urto del blocco. In particolare quella dei suoi spigoli. |
| *metodo operativo* | La prova, che si esegue su due campioni per ogni serie, ha inizio con la misurazione delle dimensioni: se a è la larghezza e b la lunghezza, occorre che a < b < 2a. Il provino, disposto come da schema sotto, viene fatto cadere da un'altezza di 90 cm dalla superficie d'impatto, che deve essere di terra dura e orizzontale. |
| *elaborazione dei dati* | I dati, qualitativi, documentati con un rilievo fotografico, vengono raccolti in una cartella di archiviazione virtuale mentre le misurazioni sono annotate in un notes per appunti; queste possono essere corredate da schizzi con la rappresentazione dei difetti riscontrati |
| *accettazione dei risultati* | I requisiti di accettazione sono i seguenti: il blocco non deve rompersi in pezzi di dimensioni approssimativamente uguali; gli spigoli delle parte restante dopo l'urto non devono presentare perdite superiori ai 10 cm. |

*apparecchiature*

*riga metallica con precisione al millimetro*

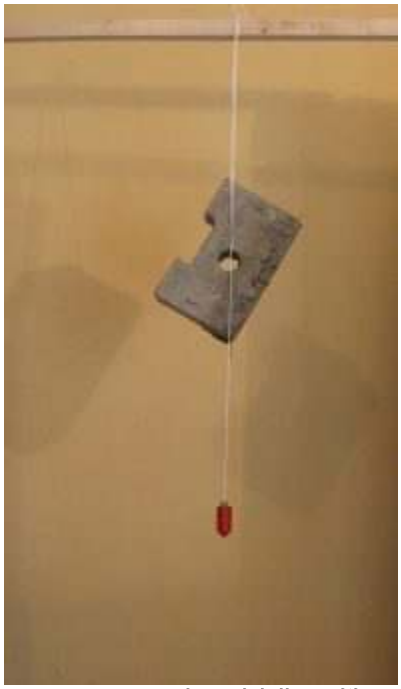
*filo a piombo*

*notes per appunti fotocamera digitale*

| *criteri di confronto* | *schemi* |
|---|---|
| *Frammenti di dimensioni diverse*<br><br>*Dimensioni delle mancanze sugli spigoli < 10 cm* |  *Schema del blocco, con le parti da analizzare, e disposizione del provino* |

# TEST 07

report



preparazione del dispositivo

blocco serie 2

blocco serie 1

blocco serie 5

dati rilevati

***serie 1:*** *I blocchi presentano rotture con frammenti di dimensioni diverse e perdite inferiori ai 10 cm;*

***serie 2:*** *I blocchi presentano rotture con frammenti di dimensioni diverse e perdite inferiori ai 10 cm;*

***serie 3:*** *I blocchi presentano rotture con frammenti di dimensioni diverse e perdite inferiori ai 10 cm;*

***serie 4:*** *I blocchi presentano rotture con frammenti di dimensioni diverse e perdite inferiori ai 10 cm;*

***serie 5:*** *I blocchi presentano rotture con frammenti di dimensioni diverse e perdite inferiori ai 10 cm;*

## *risultati della prova*

L'analisi condotta sui campioni realizzati in laboratorio ha evidenziato nel complesso una buona rispondenza dei manufatti ai requisiti richiesti dalla prova. Non sono state registrate perdite superiori ai limiti imposti dalla normativa Neozelandese (NZS 4289) e i frammenti presentano dimensioni diverse tra loro per ciascun test eseguito.

*(*) Standard New Zealand Committee BD/83 Earth. NZS 4298 Materials and workmanship for earth building.*

# 08 PROVA DI COMPRESSIONE (*)

*scopo*

Stabilire il comportamento del blocco nei confronti della resistenza a compressione.

*metodo operativo*

La prova di compressione è stata effettuata su 5 campioni, per ogni serie prodotta. La prova è stata effettuata con una pressa Galdabini Mt60, con cella di carico di 60 KN a bassa velocità di carico iniziale, 0,40 mm/min. I campioni sono stati preparati per il test, rettificandone i lati, mediante una sega circolare da banco, le due facce sono state ricoperte di inerte lavico, al fine di renderle lisce o orizzontali. Il posizionamento nella pressa è stato effettuato inserendo su ogni faccia un foglio di teflon da 1,5 mm ed uno di neoprene da 4mm, per evitare risultati falsati da disomogeneità e attriti.(*)

*elaborazione dei dati*

I dati fotografici vengono raccolti in una cartella di archiviazione virtuale mentre le misurazioni sono annotate in un notes per appunti e certificati dal laboratorio Sidercem di Misterbianco;

*accettazione dei risultati*

I mattoni saranno accettati se la resistenza a compressione è confrontabile con i dati presenti in letteratura, di cui un sintetica rappresentazione è indicata nella tabella sotto, dove sono riportati i valori di resistenza a compressione delle classi di materiali da costruzione più comuni, in scala logaritmica.(valori dettagliati in Appendice 2)

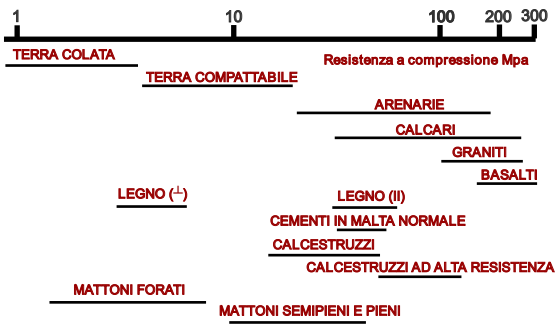
*apparecchiature*

*riga metallica con precisione al millimetro*

*Pressa GALDABINI MT60*

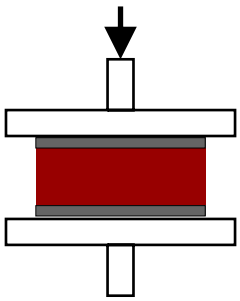
*notes per appunti fotocamera digitale*

## *criteri di confronto*




*Resistenza a compressione delle classi di materiali da costruzione più comuni. (**)*

## *schemi*



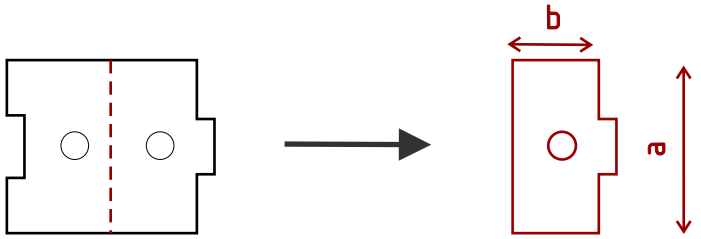
*pressa*

*teflon e neoprene*

***blocco rettificato***

*teflon e neoprene*

*Schema del test di compressione*




*Schema del blocco con le dimensioni del provino impiegato per il test di compressione.*

| Provini | Carico di rottura (N) | dimensione "a" (mm) | dimensione "b" (mm) | Area (mmq) |
|---|---|---|---|---|
| 1 a | 70089 | 237 | 122 | 28914 |
| 1 b | 84744 | 236 | 124 | 29264 |
| 1 c | 83555 | 235 | 121 | 28435 |
| 1 d | 84537 | 238 | 121 | 28798 |
| 1 e | 76854 | 236 | 122 | 28792 |
| media | 79956 | | | 27585 (1) |

| Provini | Carico di rottura (N) | dimensione "a" (mm) | dimensione "b" (mm) | Area (mmq) |
|---|---|---|---|---|
| 2 a | 78333 | 239 | 123 | 29397 |
| 2 b | 77056 | 237 | 124 | 29388 |
| 2 c | 80122 | 238 | 122 | 29036 |
| 2 d | 79966 | 241 | 123 | 29643 |
| 2 e | 81345 | 240 | 122 | 29280 |
| media | 79364 | | | 28093 (1) |

| Provini | Carico di rottura (N) | dimensione "a" (mm) | dimensione "b" (mm) | Area (mmq) |
|---|---|---|---|---|
| 3 a | 79777 | 247 | 124 | 30628 |
| 3 b | 78075 | 244 | 122 | 29768 |
| 3 c | 79344 | 246 | 121 | 29766 |
| 3 d | 83544 | 248 | 122 | 30256 |
| 3 e | 82566 | 247 | 122 | 30134 |
| media | 80661 | | | 28854 (1) |

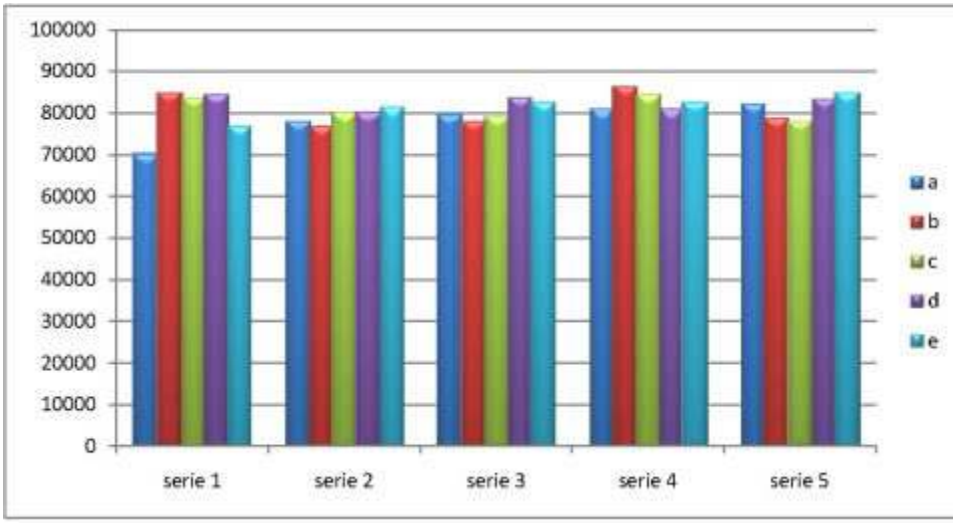
*(1) valore al netto del foro presente nel provino.*

# 08 TEST

*report*

| Provini | Carico di rottura (N) | dimensione "a" (mm) | dimensione "b" (mm) | Area (mmq) |
|---|---|---|---|---|
| 4 a | 81001 | 251 | 123 | 30873 |
| 4 b | 86500 | 247 | 121 | 29887 |
| 4 c | 84522 | 250 | 122 | 30500 |
| 4 d | 80999 | 248 | 124 | 30752 |
| 4 e | 82455 | 249 | 123 | 30627 |
| media | 83095 | | | 29272 (1) |

| Provini | Carico di rottura (N) | dimensione "a" (mm) | dimensione "b" (mm) | Area (mmq) |
|---|---|---|---|---|
| 5 a | 82122 | 252 | 125 | 31500 |
| 5 b | 78999 | 248 | 123 | 30504 |
| 5 c | 78222 | 249 | 124 | 30876 |
| 5 d | 83500 | 251 | 122 | 30622 |
| 5 e | 84788 | 249 | 123 | 30627 |
| media | 81526 | | | 29570 (1) |

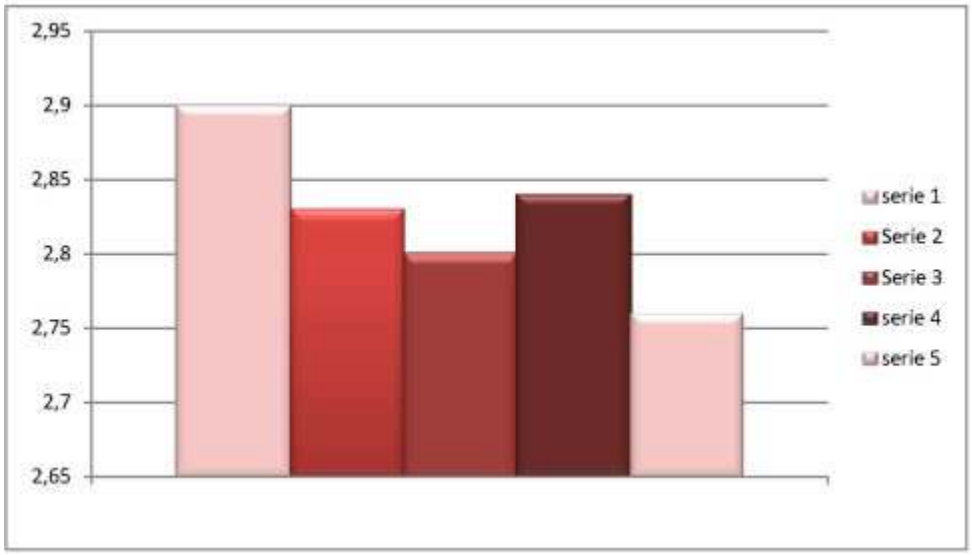



***Confronto tra i risultati del carico di rottura (misurato in newton) delle prove effettuate con i provini delle diverse serie prodotti in laboratorio.***

*(1) valori al netto del foro, presente nel provino*

| Serie | Carico di rottura (N) | Area (mmq) | Tensione di rottura (N/mmq) | Tensione di rottura (Kg/cmq) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 79956 | 27585 | 2,90 | 29,6 |
| 2 | 79364 | 28093 | 2,83 | 28,8 |
| 3 | 80661 | 28854 | 2,80 | 28,6 |
| 4 | 83095 | 29272 | 2,84 | 29,0 |
| 5 | 81526 | 29570 | 2,76 | 28,2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **media** | **80920** | | **2,83** | **28,8** |




*Confronto dei valori medi della resistenza a compressione (misurata in Mpa), dei provini.*

## *dati rilevati*

I test sui campioni di mattone, sono stati condotti presso il laboratorio di Tecnologie dei Materiali della ditta Sidercem di Misterbianco (CT). Le prove sono state effettuate utilizzando una pressa idraulica, Galdabini mod.MT60, con cella di carico da 60KN e velocità minima di incremento di carico di 0,40 mm/min su cinque provini per ogni serie di blocchi realizzati. Nelle tabelle sono indicati i valori di rottura a compressione di ogni campione per ciascuna serie e le medie delle misurazioni effettuate sui cinque campioni. Nell'ultima tabella sono stati riportati i valori medi del carico di rottura e di resistenza a compressione dei provini.

# 08 TEST

*report*

*Immagini della prova, provini della serie 1 e della serie 2. Da sinistra in alto: Prove sui campioni, alternativamente, prima e dopo il test di compressione; campioni dopo la prova.*

***Immagini dei campioni dopo la prova, provini della serie 3 e della serie 4. Interfaccia del software di gestione della pressa***

## *risultati della prova*

L'analisi condotta sui campioni realizzati in laboratorio ha evidenziato nel complesso una buona risposta prestazionale dei manufatti. Tutti i blocchi testati, cinque per ogni serie, hanno risposto al test con esisto positivo in quanto i valori di resistenza a compressione rientrano nella media dei risultati ottenuti in letteratura per questo tipo di manufatto, con valori compresi tra 2,76 e 2,90 Mpa. I valori più alti sono stati ottenuti per i campioni delle serie1,con minore tenore di fibre nell'impasto. I test sugli altri campioni, delle serie 2,3,4 e 5, hanno registrato caratteristiche di resistenza a compressione leggermente inferiori, con scostamenti, rispetto la serie 1, di piccola entità.

*(*) metodologia suggerita dall'ENTPE Ecole Nationale des Traveaux Publics de L'Etat di Lione (Francia)*
*(**) Sanna, Atzeni, Massidda, Proprietà tecnogiche di materiali a base di terra cruda, in Habitat e architetture di terra, Roma, 1996, pag. 163*

## 6.6 I RISULTATI DELLE INDAGINI E IL CONFRONTO CON I DATI DI LETTERATURA

A fronte dei test condotti in laboratorio i risultati consentono una analisi preliminare di accettazione del manufatto in terra cruda che è possibile dedurre dai valori ottenuti. L'elemento tecnico ha risposto in maniera positiva alla sollecitazioni imposte, facendo registrare nel complesso buoni caratteristiche prestazionali.

*L'analisi visiva* ha evidenziato nell'insieme una buona qualità dei manufatti, non sono presenti fessurazioni tali che possano compromettere l'impiego in opera degli elementi tecnici. Alcune eccezioni riscontrate, in soli due campioni sul totale, presentano fenomeni fessurativi eccessivi da imputare probabilmente a difetti localizzati di omogeneità di impasto occorsi in fase di confezionamento.

*L'analisi al tatto*, che consente in linea di massima di avere indicazioni sulla granulometria del conglomerato, ha evidenziato un'estrema compattezza del materiale. Lo sfregamento della superficie dei campioni, con il palmo della mano, non ha prodotto rilascio di parti fini del conglomerato, se non in quantità trascurabile. I test condotti per la verifica degli spigoli, sugli angoli e sui lati del blocco, hanno anch'essi dato risultati accettabili in quanto in nessuna parte sono stati rilevati fenomeni di distacchi o cedimenti del materiale.

*La prova di assorbimento*, condotta su due provini per ciascuna serie di elementi tecnici prodotti, può ritenersi accettata poiché le misurazioni effettuate rientrano nei limiti indicati dai valori riportati nella tabella di confronto. Le condizioni dei blocchi alla base, immersi per tutta la durata dell'esperimento, 12 ore, in acqua, risultano anch'esse accettabili, con fenomeni di rigonfiamento leggermente più consistenti nelle serie 1 e 2, mentre le serie 3, 4 e 5 presentano una condizione complessiva migliore, con minore deformazione della geometria e scarsa perdita di materiale, ciò dovuto probabilmente alla presenza di un maggiore tenore di fibre nell'impasto.

| Tempi | h riferim. | h serie 1 | h serie 2 | h serie 3 | h serie 4 | h serie 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15' | 7,5 | 4,9 | 4,2 | 4,1 | 3,9 | 3,9 |
| 30' | 8,5 | 5,0 | 5,5 | 5,3 | 5,5 | 5,4 |
| 45' | 9,0 | 5,6 | 5,8 | 5,7 | 5,8 | 5,9 |
| 1h | 9,5 | 6,1 | 6,0 | 5,8 | 5,9 | 6,1 |
| 1h 15' | 10,0 | 6,1 | 6,1 | 6,2 | 6,1 | 6,1 |
| 1h 30' | 10,5 | 6,1 | 6,2 | 6,4 | 6,2 | 6,2 |
| 1h 45' | 10,7 | 6,2 | 6,2 | 6,5 | 6,3 | 6,3 |
| 2h | 11,0 | 6,2 | 6,2 | 6,5 | 6,4 | 6,3 |
| 2h 15' | 11,2 | 6,2 | 6,3 | 6,6 | 6,5 | 6,5 |
| 2h 30' | 11,4 | 6,4 | 6,4 | 6,6 | 6,6 | 6,5 |
| 2h 45' | 11,6 | 6,4 | 6,4 | 6,7 | 6,7 | 6,7 |
| 3h | 11,8 | 6,4 | 6,5 | 6,7 | 6,8 | 6,8 |
| 3h 30' | 12,0 | 6,4 | 6,7 | 6,8 | 6,8 | 6,8 |
| 4h | 12,5 | 6,6 | 6,8 | 6,8 | 6,9 | 6,8 |
| 4h 30' | 12,7 | 6,6 | 6,8 | 6,8 | 6,9 | 6,9 |
| 5h | 13,0 | 6,7 | 6,8 | 6,8 | 6,9 | 6,9 |
| 5h 30' | 13,5 | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| 6h | 13,6 | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| 7h | 13,7 | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| 8h | 13,9 | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| 9h | 14,0 | 6,7 | 6,8 | 7,0 | 7,0 | 6,9 |
| 10h | 14,3 | 6,8 | 6,8 | 7,0 | 7,1 | 7,0 |
| 11h | 14,4 | 6,8 | 6,8 | 7,0 | 7,1 | 7,0 |
| 12h | 14,5 | 6,8 | 6,8 | 7,0 | 7,1 | 7,0 |

Tabella 17. Confronto dei valori di assorbimento rilevati con quelli massimi ammessi dal Manuale Tematico della Terra Cruda, Achenza-Sanna.

*La prova di erosione*, condotta con il test di Geelong, prova di durabilità che ha come obiettivo la determinazione della resistenza all'erosione della superficie del blocco, ha evidenziato una buona risposta prestazionale dei manufatti. Tutti gli elementi tecnici testati, 3 per ogni serie, possono ritenersi accettati, poiché i dati rilavati rientrano nei parametri di tolleranza dettati dalla tabella di riferimento.

| proprietà | criteri | Indice di erosione |
|---|---|---|
| Profondità del foro D (in mm) | **0 < D < 5**<br>**5 ≤ D < 10**<br>**10 ≤ D < 15**<br>**D ≥ 15** | 2<br>3<br>4<br>5 (non accettato) |
| Profondità di penetrazione U (in mm)<br>Se il campione è più spesso di 120 mm | **< 120**<br>**≥ 120** | Accettato<br>Non accettato |

Tabella 18. Valori di erosione ammessi dalla normativa Neozelandese NZS code 4298

| | | Profondità del foro D (mm) | Indice di erosione | confronto | Profondità di penetrazione U (mm) | confronto |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Serie 1 | a | 3 | 2 | Valori tutti accettabili perché inferiori a 5 | 14 | Valori tutti accettabili perché inferiori a 120 mm |
| | b | 4 | 2 | | 13 | |
| | c | 3,5 | 2 | | 14,5 | |
| Serie 2 | a | 4 | 2 | | 13 | |
| | b | 4,5 | 2 | | 14 | |
| | c | 5 | 3 | | 13 | |
| Serie 3 | a | 4,5 | 2 | | 14 | |
| | b | 4 | 2 | | 14 | |
| | c | 4,5 | 2 | | 15 | |
| Serie 4 | a | 5 | 3 | | 14 | |
| | b | 4,5 | 2 | | 14 | |
| | c | 5 | 3 | | 14,5 | |
| Serie 5 | a | 5 | 3 | | 15 | |
| | b | 5 | 3 | | 14 | |
| | c | 5 | 3 | | 13,5 | |

Tabella 19. Confronto dei valori di erosione rilevati con quelli massimi ammessi dalla normativa Neozelandese.

Dai dati ricavati dalla analisi della profondità dei fori prodotti dal gocciolamento controllato, risultano valori che determinano, per il materiale testato, un indice di erosione compreso tra 2 e 3, mentre per i valori di profondità di penetrazione dell'acqua, si sono registrati valori compresi tra 13 e 15 mm, di molto inferiori rispetto quelli previsti dai limiti prefissati.

*L'analisi del ritiro*, è l'unico test condotto che per due serie di blocchi testati, quelli della serie 1 e quelli della serie 2, ha restituito valori in media insufficienti rispetto a quelli di riferimento.

| proprietà | criteri | Indice di erosione |
|---|---|---|
| Ritiro, misurato come differenza percentuale tra le dimensioni della cassaforma e gli elementi tecnici prodotti | **0% ≤ ritiro ≤ 3%**<br>**3% ≤ ritiro ≤ 5%**<br>**5% ≤** | normale<br>accettabile<br>inadeguato |

Tabella 18. valori di ritiro dal Manuale Tematico della Terra Cruda, Achenza-Sanna

| | dimensione | | | Percentuale di ritiro media | confronto |
|---|---|---|---|---|---|
| | "a" (cm) | "b" (cm) | "c" (cm) | | |
| Dimensioni Cassaforma | 29,1 | 25,7 | 12,1 | | |
| Serie 1 | 26,8 | 23,7 | 11,2 | 7,9 % | > 5% inadeguato |
| Serie 2 | 27,3 | 23,9 | 11,4 | 6,2 % | > 5% inadeguato |
| Serie 3 | 27,7 | 24,6 | 11,5 | 4,8 % | < 5%; >3 % accettabile |
| Serie 4 | 27,8 | 24,9 | 11,7 | 4,5 % | < 5%; >3 % accettabile |
| Serie 5 | 27,9 | 25,0 | 11,8 | 4,1 % | < 5%; >3 % accettabile |

Tabella 19 . Confronto dei valori di ritiro rilevati con quelli massimi ammessi dal Manuale Tematico della Terra Cruda, Achenza-Sanna.

I campioni di queste due famiglie, infatti, presentano valori di ritiro superiori al 5%, ritenuto inadeguato per garantire, con elevata percentuale di sicurezza, il mantenimento delle caratteristiche meccaniche, richieste dai manufatti, dopo la stagionatura. I campioni delle serie 3, 4 e 5 presentano valori di ritiro accettabili, tra il 3 e il 5 %.

*La prova di penetrazione*, necessaria per rilevare qualitativamente, la resistenza della superficie esterna del blocco ha evidenziato, nel complesso, una buona risposta prestazionale dei manufatti. Le scalfitture impresse con la punta di un cacciavite presentano profondità massime apprezzabili tra 1 e 2 mm, nelle serie 4 e 5, e dell'ordine del millimetro nelle restanti 1, 2 e 3.

*La resistenza all'urto*, condotta sui campioni realizzati in laboratorio, ha evidenziato una buona caratteristica prestazionale dei manufatti. Tutti i valori ottenuti dai campioni analizzati mostrano la rispondenza ai requisiti richiesti dalla prova, con distacchi di porzioni di materiale inferiori al limiti e alle misure imposte dalla normativa Neozelandese presa come riferimento per il test.

*La prova di compressione*, monoassiale monotona, condotta sui blocchi, impiegando una pressa Galdabini MT60, con cella di carico da 60 KN e

velocità minima di incremento di carico di 0,40 mm/min, ha evidenziato nel complesso una buona risposta prestazionale dei manufatti.

| Caratteristiche tecniche | Unità di misura | PISE' | TERRA ALLEGERITA | ADOBE | BLOCCHI ESTRUSI | BLOCCHI COMPRESSI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Peso specifico | *Kg/mc* | 1800-2100 | 300-1200 terra paglia 700-1000 terra argilla 500-1200 terra legno | 1400-1900 | 1900 700-1200 alleggeriti | 1800 -2000 1700-2200 |
| Resistenza a compressione | *N/mmq* | 2-5 terra secca 0-5 terra umida 3 per 1900 kg/mc 4 per 2200 kg/mc 8 per pisè addiz. con cemento | 1,74 per terra paglia con impasto a 800 kg/mc | 2 per blocco crudo 2-5 per blocco stabilizzato con bitume | 3,9 (EIWA) 1,7 (TON) 4,5 (TON pesante) | 4,12 (ALTEK GEO 50) 2,0 CTRATerre 3,0-4,0 DIN |

Tabella 20. Valori di resistenza a compressione dei principali manufatti in terra cruda pubblicati in letteratura (Costruire con la Terra, Scudo-Narici-Talamo)

| Serie | Carico di rottura (N) | Area (mmq) | Tensione di rottura (N/mmq) | Tensione di rottura (Kg/cmq) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 79956 | 27585 | 2,90 | 29,6 |
| 2 | 79364 | 28093 | 2,83 | 28,8 |
| 3 | 80661 | 28854 | 2,80 | 28,6 |
| 4 | 83095 | 29272 | 2,84 | 29,0 |
| 5 | 81526 | 29570 | 2,76 | 28,2 |
| media | 80920 | | 2,83 | 28,8 |

Tabella 21. Valori di resistenza a compressione ottenuti per gli elementi tecnici prodotti

Tutti i blocchi testati, cinque per ogni serie, hanno risposto al test con esisto positivo in quanto i valori di resistenza a compressione ottenuti, con valori compresi tra 2,76 e 2,90 Mpa, rientrano nella media dei risultati ottenuti in letteratura per questo tipo di manufatto. I valori più alti sono stati ottenuti

per i campioni delle serie 1,con minore tenore di fibre nell'impasto. I test sugli altri campioni, delle serie 2,3,4 e 5, hanno registrato caratteristiche di resistenza a compressione leggermente inferiori, con scostamenti, rispetto la serie 1, di piccola entità.[14]

Dal confronto dei dati ricavati dalle analisi di laboratorio, consigliate nel Manuale Tematico della Terra Cruda di M. Achenza e U. Sanna, per una valutazione di massima di manufatti in terra cruda realizzati a mano con procedimenti di autocostruzione, è possibile dedurre una prima idoneità degli elementi tecnici realizzati. I valori restituiscono una caratterizzazione dei blocchi in terra cruda confrontabile con quella dei comuni Adobe realizzati in varie parti del mondo e anche in Italia. L'impiego del tipo fibra, ricavata dal fogliame delle canne comuni, innovativo in quanto non ancora praticato, si è rivelato quindi idoneo allo scopo prefissato rivolto a rinforzare il manufatto, dotandolo di un corpo strutturale, che non ha inficiato le prestazioni attese. In alcuni casi, come nella prova di Geelong, la presenza del fogliame triturato delle canne comuni, ha palesemente migliorato le caratteristiche del componente tecnico, in quanto per procedere alla rottura dei campioni, prevista dalla prova, con l'ausilio di una scure è stato registrato un notevole incremento della resistenza nei campioni con più alto tenore di componente vegetale.

[14] Tutte le analisi effettuate sono state condotte in linea con quanto previsto dal Manuale Tematico della Terra Cruda di M. Achenza e U. Sanna, che adotta test previsti dalla normativa neozelandese NZS 4298 Materials and Workmanship for earth building.

CAPITOLO 7

# CONCLUSIONI

## 7.1 ANALISI CONCLUSIVE

La sfera culturale su cui si basa la ricerca è individuabile in quel dialogo intrapreso negli ultimi anni tra sostenibilità e innovazione tecnologica. Questo rapporto nasce dalla interazione, talvolta conflittuale, tra due distinti ambiti di ricerca: il primo riconducibile al tema della sostenibilità dello sviluppo, alla conservazione della biodiversità, alla tutela del paesaggio, al risparmio delle risorse; il secondo riconducibile all'area del progresso tecnologico, che indaga sulle prestazioni e l'utilizzo dei materiali, sullo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili, sulla conoscenza dei saperi tradizionali reinterpretati dalle tecniche contemporanee. "Le interazioni tra questi due diversi ambiti di ricerca, l'uno legato a un'esigenza di tutela e valorizzazione del patrimonio ambientale e della condizione umana, l'altro sostenuto da una forte spinta all'innovazione, hanno investito direttamente il tema della progettazione edilizia, e in particolare il rapporto tra organismo edilizio e contesto ambientale. Il risultato di questo rapporto interattivo è l'acquisizione nel mondo culturale, politico e sociale della necessità imprescindibile di un profondo dialogo tra la questione del ruolo dell'innovazione tecnologica quale strumento fondamentale per realizzare i nuovi obiettivi di qualità edilizia, intesa nel suo più ampio e nuovo significato di qualità funzionale, tecnica, tecnologica, ambientale, operativa manutentiva e utile"[1]

SOSTENIBLITÀ E INNOVAZIONE TECNOLOGICA

La ricerca, ha delineato un quadro conoscitivo sul materiale terra e i suoi manufatti, sulle tecniche costruttive che impiegano questo materiale e sulle realizzazioni architettoniche contemporanee realizzate con esso. L'indagine ha avuto come scopo quello di dare supporto alle motivazioni progettuali rivolte ad una diffusione sempre più capillare delle tecniche costruttive basate sull'impiego di materiali naturali, riciclabili e locali.

[1] M. Casini, op. cit. pag. 13

# 7.2 DEDUZIONI

SOSTENIBILITÀ E REQUISITI

"Il concetto di sviluppo sostenibile è fortemente legato alla riduzione della quantità di risorse (materia e energia) impiegate durante il ciclo di vita di ogni manufatto, dalla sua produzione alla dismissione finale, e al contenimento dei materiali ad alto impatto ambientale, non riciclabili, ad elevato consumo di energia primaria e non idonei alla salubrità degli spazi confinati. In merito alla qualità dei materiali da utilizzare, oltre al controllo delle capacità di prestazione legate alle esigenze di isolamento termico e acustico e di comportamento igrometrico, bisognerà valutare attentamente la loro eco-compatibilità privilegiando, ove possibile, quelli tradizionalmente adoperati nelle diverse culture costruttive locali; essi infatti risultano facilmente reperibili e lavorabili, permettono una semplice posa in opera, e generalmente sono a basso impatto ambientale e quasi sempre riciclabili alla fine della loro utilizzazione.

In generale i requisiti che i materiali dovranno garantire per assicurare una riduzione degli impatti ambientali possono essere sintetizzati come segue: provenienza da risorse rinnovabili o riciclate; biodegradabilità e/o riciclabilità; provenienza da processi produttivi il più possibile esenti da rischi per i lavoratori e di ridotto impatto ambientale; igroscopicità e traspirabilità; assenza di emissioni nocive; buona resistenza al fuoco e assenza di fumi tossici in caso di incendio; antistaticità e ridotta conducibilità elettrica; assenza di radioattività."[2]

IL MATERIALE TERRA CRUDA

Prendendo come riferimento questi requisiti, il materiale terra cruda, nel suo utilizzo come componente per la produzione di elementi tecnici destinati all'edilizia risponde sicuramente in modo positivo alle richieste.

E' stata condotta una disamina sulle caratteristiche tecniche della terra cruda e dei suoi principali manufatti, sono stati analizzati una serie di casi studio esaminandone i caratteri formali, tecnologici e morfologici, in particolare studiandone il sistema tecnologico, le classi e le sottoclassi esigenziali, i requisiti tecnologici che consentono di definire il grado di rispondenza delle prestazioni e gli aspetti bioclimatici. Infine è stato affrontato il tema progettuale e la sperimentazione in laboratorio, di un elemento tecnico in terra cruda rinforzata con fibre vegetali: un blocco in terra cruda, formato a mano, confezionato con un impasto di argilla, sabbia vulcanica e fibre vegetali ricavate dagli scarti di lavorazione della canna comune. Il blocco in terra cruda progettato è stato pensato per un utilizzo nella formazione di partizioni verticali per edifici.

[2] G. Sciuto, op cit. pag.26

La ricerca ha affrontato le analisi preliminari alla base della progettazione dell'elemento costruttivo e le sue potenzialità, le caratteristiche tecniche e prestazionali previste per un utilizzo in autocostruzione.

A supporto dello studio di ricerca sull'elemento tecnico è stato progettato un alloggio per residenza transitoria, da realizzarsi per impieghi in situazioni di emergenza e non, per ipotizzare una sua possibile applicazione e utilizzazione.

Fig. 83, Blocchi in terra cruda realizzati.

CARATERIZZAZIONE ACCETTAZIONE DEI CAMPIONI E INDICAZIONI PROGETTUALI

In conclusione è stata condotta un'indagine, con una serie di test in laboratorio" per la caratterizzazione dei campioni tipo realizzati, per una prima accettazione dell'elemento tecnico. I risultati hanno dimostrato una buona risposta del blocco ai test di base suggeriti dalla letteratura per un uso in autocostruzione, con valori di caratterizzazione che rientrano nella media dei dati consolidati. L'utilizzo delle fibre di fogliame di canna comune, introdotto in via sperimentale nell'impasto del conglomerato per il confezionamento del blocco, è quindi da ritenersi accettabile poiché non ha inficiato le prestazioni dell'elemento tecnico testato, come indicato nei dati ricavati, in relazione ad altri dati sperimentali ottenuti, in altri contesti di ricerca e applicazione, utilizzando altre fibre.

FIBRE DI CANNA COMUNE

L'esperienza sperimentale effettuata, di prima e generale analisi, rappresenta un primo passo verso una più completa e approfondita ricerca nel campo dell'utilizzo delle fibre di scarto della canna comune come additivo nei manufatti in terra cruda, auspicabile al fine di contribuire ad allargare il percorso intrapreso, ormai con una più cosciente consapevolezza, verso l'ideazione e la produzione di elementi tecnici di

architettura sempre più sostenibili e a basso costo necessari per la diffusione di una nuova cultura responsabile nel fare architettura.

MATERIALI LOCALI

Lo studio ha inoltre esplorato la possibilità di dimostrare l'applicazione del metodo e del procedimento costruttivo dell'elemento tecnico in contesti con condizioni similari, con un processo ripetibile, attraverso materiali assimilabili a quelli impiegati nei campioni testati nel percorso di studio, aventi caratteristiche di sostenibilità come la naturalità, la riutilizzabilità e la disponibilità locale: l'argilla di Misterbianco, la sabbia vulcanica e le fibre di canna di Paternò, reperiti entro un raggio di 10 km dal sito di produzione.

Fig. 84, test di Geelong, in evidenza la composizione dell'impasto con le fibre ricavate dal fogliame delle canne comuni.

La ricerca, delineando un quadro conoscitivo sul materiale terra, sui suoi manufatti, sulle tecniche costruttive e sulle realizzazioni architettoniche contemporanee, nell'ambito delle tipologie residenziali, ha voluto porre l'attenzione sulle nuove possibilità di impiego di questo materiale naturale per eccellenza, associato ad aggregati e fibre locali, anch'esse di origine naturale di facile reperibilità. Rispondendo positivamente alle classi esigenziali dell'utenza, della committenza e della collettività,[3] che si rifanno ad una concezione sostenibile della trasformazione dell'ambiente naturale, faccio proprie le parole di Eugenio Galdieri e con lui affermare che per le costruzioni in crudo esiste un presente, reale, sentito e vissuto come forza

[3] M. Casini nel descrivere il quadro di riferimento esigenziale nel percorso progettuale sostenibile, distingue le analisi in: esigenze dell'utenza, ovvero salute e sicurezza, igiene e benessere, gestione, fruibilità, uso razionale delle risorse; esigenze della committenza, ovvero uso razionale delle risorse, economicità di gestione, durabilità e manutenibilità dell'intervento; esigenze della collettività, ovvero salvaguardia dell'ambiente, uso razionale delle risorse, salvaguardia dei beni culturali (intesi come bisogni sociali, ambientale, modalità di erogazione dei servizi ecc. opportunità economico-produttive. (M. casini, op. cit. pag. 49)

espressiva e norma di vita; esiste un futuro, perché la tecnica del fango asciugato al sole, vicino o lontano dai grandi fiumi, è in grado di rigenerarsi, e come una ostinata fenice, risorge dalle proprie ceneri, dopo ogni uso.[4]

[4] E.Galdieri, Le meraviglie delle architetture di terra, Bari, 1982, pag. 275.

Fig. 85, casa di terra a Casalincontrada

APPENDICE 1

# ATTIVITA' TEORICO-PRATICHE, INTERAZIONI E SCAMBI CULTURALI A MARGINE

## 1.1 CONOSCENZA E TRASMISSIONE DELLA CULTURA DELLA "TERRA CRUDA"

HASSAN FATHY

"*Costruire è un'attività creativa il cui momento decisivo coincide con l'istante del concepimento, quello in cui l'idea prende forma e vengono definiti, anche se in modo virtuale, tutti gli aspetti della nuova creazione. Mentre le caratteristiche di un essere vivente vengono fissate in modo irrevocabile al momento della fecondazione, quelle di una costruzione sono determinate dall'insieme delle decisioni prese da tutti coloro che hanno qualcosa da dire in proposito, in ciascuna fase del lavoro. E' così che l'istante del concepimento da cui dipende la forma finale di un essere vivente, nel caso di una costruzione si moltiplica in un'infinità di istanti, ciascuno dei quali ha un ruolo fondamentale nell'insieme del processo creativo.*"[1] Queste parole di Hassan Fathy possono bene sintetizzare la filosofia che accompagna il processo costruttivo degli edifici in terra, ovvero quella di un processo creativo legato a fattori locali di conoscenza, di vicinanza, di esperienza. Un processo costruttivo diverso, basato sulla tradizione tramandata per generazioni, dove conoscenza e esperienza giocano un ruolo fondamentale nella riuscita dell'impresa. Oggi questo processo necessita di un sostegno teorico-tecnologico, come il tutore per la giovane pianta che ne assicura una vita migliore nel futuro, una guida che sia di sostegno alla pratica del costruire e di semplice supporto, altrimenti si rischia di snaturare questa tecnica che è e deve rimanere legata, alle radici, al fenomeno dell'autocostruzione.

"*L'Architettura di Terra è una disciplina complessa che si colloca come interfaccia delle scienze umane e dell'ingegneria. A seconda dell'approccio si occupa delle scienze dell'architettura e dell'organizzazione degli spazi, degli elementi strutturali e delle prestazioni meccaniche, delle scienze umane e della percezione degli spazi e dell'ambiente,*

[1] H. Fathy, Costruire con la gente, Milano, 1985, p.57

*dell'estetica*."[2] Ciononostante vi è una forte resistenza a considerare la terra cruda un materiale per l'architettura al pari degli altri; Ciò ha comportato nel tempo l'abbandono delle pratiche costruttive ad essa legate e il confinamento dei saperi tradizionali ad una cultura di nicchia limitata all'area dell'architettura bioecologica.

TERRA DENIGRATA

La terra cruda, soggetta per anni ad una vera e propria campagna di denigrazione, ad opera delle lobbie formate dai produttori degli altri materiali edilizi, primi fra tutti quelle del cemento armato, ha continuato a vivere in quasi tutti i luoghi del mondo grazie a quella che potremmo definire architettura di necessità, ovvero legata al bisogno di avere un alloggio a costi ridotti, auto costruito, facile da realizzare, immediato. La conoscenza diretta, tramandata per secoli, ha giocato un ruolo importante, forse determinante, per la sopravvivenza di questa tecnica costruttiva. La conoscenza pratica, diretta, acquisita sul campo, trasmessa dai mastri muratori, che per anni hanno affinato le tecniche del costruire con la terra, ha permesso alla terra cruda di sopravvivere nel novero delle tecniche costruttive tradizionali.

DIVULGAZIONE E CONOSCENZA

La trasmissione diretta, oggi, rimane ancora il mezzo più diffuso per divulgare le tecniche costruttive che impiegano la terra cruda, infatti "*vi è ancora una certa riluttanza a considerare l'insegnamento di questo materiale con l'approfondimento e la completezza che esso e le culture collegate meritano*"[3]. In Italia, come nel resto dei paesi dove è diffusa la pratica costruttiva della terra cruda, si sta diffondendo la cultura dei laboratori permanenti, diffusi sul territorio, nei paesi dove è ancora forte la presenza di manufatti realizzati con questa tecnica costruttiva. L'organizzazione di una serie di workshop condotti direttamente nei cantieri di recupero hanno originato successive azioni di formazione professionale ed accademica, qui è possibile ricordare i primi e più organizzati: Casa Porcella (Samassi, CA) a cura dell'arch. Ignazio Garau, Borgo Capo (Casalincotrada, CH) a cura dell'arch. Gianfranco Conti, Borgo Villa Ficana (Macerata) a cura dell'arch. Anna Paola Conti, Casa Fenu (Villamassargia) a cura dell'arch. Ignazio Garau; e tra gli utlimi: La casa di Teresa (Casalincontrada, CH) a cura dell'arch. Gianfranco Conti. In questi cantieri, basati sulla metodologia didattica anglosassone del *learning by doing*, da noi poco diffuso, ovvero quella dell'imparare facendo, è stata condotta una interessante esperienza di diffusione delle conoscenze teorico-pratiche e di sperimentazione, sia sulla possibilità di meccanizzazione anche parziale di alcune di alcune delle fasi di produzione e messa in opera, che di accostamento della terra con altri materiali "innovativi" che potrebbero migliorare le prestazioni più carenti. Questi cantieri hanno rappresentato

[2] M. Achenza, Trasmissione delle conoscenze ed insegnamento del know how, sta in Scritti sulla terra, E. Galdieri a cura di, Saonara, 2010, p.128
[3] M. Achenza, Op.Cit., p.128

quindi un'occasione per diffondere questa tecnica costruttiva e per ricercare nuove soluzioni tecnologiche per migliorare le caratteristiche prestazionali del materiale terra.

Accanto alle esperienze dirette dei cantieri permanenti, è da registrare una crescita dei corsi di specializzazione nel settore della conservazione e del restauro, offerti nelle scuole tecniche e nelle Università. Sono stati proposti moduli di studio dedicati alla terra cruda in alcuni corsi accademici istituzionali (Università di Firenze – Facoltà di Architettura, Corso di Laurea in Architettura A.A. 2005-2006, Laboratorio di sintesi, Architettura in terra cruda, progettazione e conservazione, 5° anno; Università di Chieti-Pescara – Facoltà di Architettura diversi moduli coordinati da M. Cristina Forlani, Professore ordinario in Tecnologia dell'Architettura; Università degli Studi di Cagliari, Facoltà di Architettura, insegnamento di Culture costruttive dell'architettura in terra – Cattedra Unesco, titolare prof. Maddalena Achenza), negli enti professionali e nelle più importanti associazioni di Bioarchitettura che operano nel settore.

La conoscenza della tradizione, tramandata per secoli, affiancata dalla ricerca scientifica, rivolta al miglioramento delle prestazioni dei manufatti in terra cruda, rappresentano una metodologia che può garantire un futuro ad un materiale edilizio così complesso come questo, esplorando nuovi sentieri di applicazione per potere sfruttare al meglio tutte le potenzialità e per conoscere fino in fondo i suoi limiti.

Nell'ambito del corso di studio del dottorato in "Materiali e Innovazione Tecnologica per l'Ingegneria e l'Architettura", XXIV ciclo è stato possibile partecipare ad una serie di iniziative teorico-pratiche sul tema delle tecniche costruttive in terra, basate sul metodo *learning by doing*, al fine di poter prendere coscienza diretta di questa realtà costruttiva.

## 1.2 WORKSHOP "REALIZZARE CON LA TERRA", SETTEMBRE 2010, CASALINCONTRADA (CH)

Nel mese di settembre, precisamente dal giorno 13 al giorno 19, è stato possibile partecipare ad un workshop sull'impiego della "terra cruda" nel settore delle costruzioni, nell'ambito della manifestazione denominata "Festa della Terra", organizzato dall'associazione ONLUS "Terrae" di Casalincontrada in provincia di Chieti in Abruzzo, durante il quale tecnici del settore, specializzati nell'impiego della cruda nelle costruzioni, hanno illustrato, con lezioni teoriche e pratiche in cantiere, l'impiego della tecnica

del massone o bauge, un impasto di terra, sabbia, paglia e acqua, nel restauro di edifici esistenti e nella costruzione di nuovi. Il Workshop, denominato "*Realizzare con la terra*" ha avuto luogo nella sede del Laboratorio di Educazione Ambientale del Comune di Casalincontrada (CH), per la parte teorica, e nel sito del cantiere denominato "la Casa di Teresa", per la parte tecnico-pratica, sempre nel territorio dello stesso Comune.

WORKSHOP REALIZZARE CON LA TERRA

I lavori del Workshop si sono svolti, così come da programma, come segue:

- *lunedì 13 settembre;* nella mattina, è stato presentato il progetto di restauro in corso e sono state descritte le metodologie costruttive con la tecnica del "massone" a cura degli architetti Gianfranco Conti e Stefania Giardinelli. Sempre nella mattinata l'incontro è proseguito con le relazioni dell'Ingegnere Caterina Buccione sul tema "*Il riuso degli edifici esistenti e la progettazione del nuovo*" e dell'Architetto Lucia Secondo sul tema "*La casa di Teresa – analisi e tipologie di intervento*". Il pomeriggio del lunedì è stato dedicato al modulo di prima manipolazione del massone, alla visita e analisi critica della "Casa di Teresa" e alla preparazione dei materiali per la realizzazione del massone.

Figg. Il laboratorio dell'associazione Terrae Onlus: preparazione dei componenti del "massone", la paglia. Foto di Elena Bignamini

Figg. Il laboratorio dell'associazione Terrae Onlus: preparazione dei componenti del "massone", prima lavorazione dell'impasto. Foto di Elena Bignamini

Figg. Il laboratorio dell'associazione Terrae Onlus: prove rudimentali per il riconoscimento della terra. Foto di Elena Bignamini

Figg. Il laboratorio dell'associazione Terrae Onlus: prove rudimentali per il riconoscimento della terra. Foto di Elena Bignamini e Elisabetta Campisi

- *martedì 14 settembre*; la seconda giornata è stata interamente dedicata ad attività di laboratorio con il modulo di approccio al restauro, primi intereventi di risarcimento e recupero delle murature della casa di terra e la posa in opera del massone. Nel pomeriggio le attività del laboratorio sono state rivolte alla conoscenza del materiale con una serie di prove semplificate delle terre in cantiere.

Figg. Il cantiere della "casa di Teresa" del Comune di Casalincontrada: immagine del cantiere e frantumazione della terra. Foto dell'autore

Figg. Il cantiere della "casa di Teresa" del Comune di Casalincontrada: preparazione del fondo del muro esistente con la barbottina in terra cruda. Foto dell'autore e di Elena Bignamini

Figg. Il cantiere della "casa di Teresa" del Comune di Casalincontrada: preparazione del l'impasto con la terra cruda e impasto pronto per le sarciture delle lesioni. Foto dell'autore e di Elena Bignamini

Figg. Il cantiere della "casa di Teresa" del Comune di Casalincontrada: posa in opera dell'impasto con la terra cruda e parete ripristinata pronta per l'intonaco. Foto di Elisabetta Campisi e di Elena Bignamini

- *mercoledì 15 settembre;* nella mattina, i lavori del workshop si sono tenuti presso l'Ente Scuola Edile di Chieti con una serie di relazioni che hanno affrontato i seguenti temi: uso della terra oggi nel cantiere, la terra come materiale da costruzione, la contemporaneità dell'uso della terra, l'industrializzazione e l'innovazione tecnologica, recupero e nuova costruzione, con l'arch. Gianfranco Conti, l'arch. Gaia Bollini, l'arch. Matteo Brioni, l'arch. Jilani Khaldi, l'arch. Isabella Breda. Nel pomeriggio i lavori del workshop sono proseguiti in cantiere, presso la "casa di Teresa" nel

Comune di Casalincontrada, con le attività di laboratorio mirate alla manipolazione conoscitiva di primo approccio alla terra (terra grassa, terra magra, setacciatura, molazzatura, ecc), presentazione di lavorazione di base a piè d'opera: adobe, massone, pisè, malte e intonaci. Presentazione e analisi di prodotti di provenienza industriale, prove dei materiali.

Figg. Ente Scuola Edile di Chieti: Dimostrazione pratica della realizzazione di un mattone in terra pressata, arch. Jilani Khaldi.

Figg. Il cantiere della "casa di Teresa" del Comune di Casalincontrada: dimostrazione con applicazione degli intonaci di finitura a base di terra della ditta Brioni, arch. Matteo Brioni. Foto dell'autore

Figg. Il cantiere della "casa di Teresa" del Comune di Casalincontrada: dimostrazione con applicazione degli intonaci di finitura a base di terra della ditta Brioni, preparazione dei provini e interpretazioni libere. Foto dell'autore

Figg. Il cantiere della "casa di Teresa" del Comune di Casalincontrada: il muro in fase di ripristino: Foto dell'autore

- *giovedì 16 settembre 2010*; è stata la giornata conclusiva dei lavori, con un incontro, presso la sede dell'associazione "Terrae Onlus" sui temi: disamina della situazione normativa sulla terra cruda in Italia e negli paesi, con l'arch. Gaia Bollini e gli aspetti geologici delle terre da costruzione con il dott. geologo Silvano Agostini.

CONVEGNO TERRA CRUDA IL PAESAGGIO SOSTENIBILE

Sempre nell'ambito della manifestazione della "Festa della Terra", nei giorni dal 17 al 19 settembre si è tenuto il convegno "*Terra Cruda il Paesaggio Sostenibile*". Tra gli interventi previsti, tutti relativi al tema della terra cruda come materiale da costruzione, se ne riporta un elenco di quelli che hanno suscitato un interesse particolare: "*Efficienza energetica e sostenibilità dell'architettura in terra cruda*" con Gaia Bollini dell'Università degli studi di Udine; "*Verso Terra 2012 – La conferenza di Lima in Perù*" con Maddalena Achenza dell'Università degli Studi di Cagliari; "*Casa in adobe per una scuola steineriana*" con Laura Marini; "*Scoprire le terre… pedagogia, arte e artigianato legati alla terra cruda*", esperienze e attività negli ultimi 3 anni dell'ecoistituto di Cesena con Andrea Magnolini; "*Cappella funebre a Mandrogne*" con Gian Luigi Prati; "*UIA at COP 15 follow up – rassegna di progetti sostenibili*" con Mauro Latini; "*Tecniche costruttive in terra cruda nella valle del Draa, Marocco*" con Eliana Baglioni, Università degli Studi di Firenze; "*Chefchaouen – architettura e cultura costruttiva*" con Vittoria Volpi, Università degli Studi di Firenze; "*Studio delle caratteristiche architettonico – strutturali di un edificio in terra cruda in Sardegna*" con Michelangelo Iadarola, Università degli studi di Roma; "*Semiotica della progettazione architettonica: il Progetto Eco Villaggio Autocostruito a Pescomaggiore (AQ)* " con Federica Iannacci, Università degli Studi di Teramo; "*Sperimentazioni con additivi eco-compatibili per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche e di durabilità di costruzioni in terra cruda*" con Silvia Briccoli Bati e Elena Cinquina, Università degli Studi di Firenze.

Figg. Immagini del convegno "Terra cruda e paesaggio sostenibile" nel Comune di Casalincontrada. Foto dell'autore.

La partecipazione all'evento, ha segnato un momento di svolta nel percorso di ricerca perché si è passati da una conoscenza esclusivamente indiretta di questa tecnica costruttiva, basata su analisi e studi di letteratura, ad una vera e propria consapevolezza ricevuta dalla sensazione di toccare con mano queste antiche abitazioni realizzate con la terra madre, feconda, che fa vivere un territorio con i prodotti dell'agricoltura e della pastorizia e che accoglie i suoi figli al proprio interno, in un rapporto di perenne rigenerazione.

## 1.3 WORKSHOP "D'ARGILLA – LA CASA DI TOTI", APRILE 2011, MILO (CT)

Nel mese di aprile, precisamente dal giorno 18 al giorno 21, è stato possibile assistere ad alcune lezioni di un corso teorico e pratico sull'impiego della terra nella produzione di intonaci e finiture murali, in occasione del completamento delle finiture interne della "Casa ToTi", un'abitazione unifamiliare con struttura portante in legno e tamponamenti in balle di paglia, organizzato da studio DEDA, uno studio di architettura di Linguaglossa (CT). Durante il corso, tecnici del settore, specializzati nell'impiego della terra nelle costruzioni, hanno illustrato attraverso lezioni teoriche e pratiche, la preparazione in cantiere di intonaco crudo con argille del Simeto, sabbie laviche e paglia. Il Workshop, denominato "*D'Argilla*" ha avuto luogo nella sede del cantiere dell'abitazione unifamiliare nel Comune di Milo (CT).

WORKSHOP D'ARGILLA

I lavori del Workshop si sono svolti, così come da programma, come segue:

- *lunedì 18 aprile;* nella mattina è stato presentato il progetto di intervento e sono stati descritti i principi generali sull'uso della terra nella produzione di intonaci e finiture murali, con riferimenti alla tecnologia del crudo in generale, a cura dell'architetto Giuseppe Palanga e della biologa Saviana Parodi. Sempre nella mattinata l'incontro è proseguito con la preparazione dei materiali per gli intonaci, quali argille del Simeto, sabbie laviche e paglia, e la preparazione delle superfici da trattare con l'intonaco. Il pomeriggio del lunedì è stato dedicato alle finiture di argilla su pannelli di gesso fibra a cura dell'architetto Matteo Brioni.

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: preparazione dei componenti degli intonaci, la sabbia lavica e l'argilla del Simeto. Foto di Elisabetta Campisi

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: preparazione delle miscele per gli intonaci, la paglia. Foto di Elisabetta Campisi

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: preparazione delle superfici da trattare. Foto di Elisabetta Campisi

- *martedì 19 aprile*; la giornata è stata interamente dedicata alla realizzazione delle pareti interne dell'abitazione in terra paglia con cassaforma a perdere in incannucciato. Nel pomeriggio le attività del corso sono state rivolte al completamento dell'applicazione di intonaco sulle murature in balle di paglia.

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: realizzazione delle pareti in terra paglia, taglio delle stuoie di incannucciato e mescola della paglia con biacca d'argilla. Foto di Elisabetta Campisi

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: realizzazione delle pareti in terra paglia, posa in opera della terra paglia. Foto di Elisabetta Campisi

- *mercoledì 20 aprile;* nella mattina, i lavori sono proseguiti con l'applicazione degli intonaci sulle pareti interne dell'abitazione, anche con l'utilizzo di reti porta intonaco in fibra di vetro rivestita in PVC, nelle zone che presentavano una disomogeneità di materiali (struttura portante in legno, piastre in OSB, pareti in balle di paglia); nel pomeriggio i lavori del workshop sono stati rivolti all'ascolto delle relazioni su varie esperienze di utilizzo della terra come materiale da costruzione a cura dell'arch. Barbara Narici e della biologa Saviana Parodi.

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: posa in opera dell'intonaco su pareti in balle di paglia e terra paglia. Foto dell'autore

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: posa in opera dell'intonaco sulle pareti che presentano disomogeneità dei materiali, impiego di reti porta intonaco. Foto dell'autore

- *giovedì 21 aprile;* nella mattinata, è stata completata la posatura dell'intonaco e preparata la base per la realizzazione di bassorilievi ed inserti artistici; nel pomeriggio è stato realizzato il prototipo di una porzione di pavimento in terra cruda.

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: realizzazione di inserti artistici. Foto dell'autore

Figg. Il cantiere scuola della Casa di ToTi: prototipo di pavimento in terra cruda. Foto dell'autore

La partecipazione alle fasi di messa in opera e alle lezioni teoriche di questo laboratorio, ha segnato un ulteriore momento di crescita nel percorso di ricerca perché si è avuta l'opportunità di ampliare il panorama conoscitivo delle tecniche legate all'impiego della terra cruda. In particolare è stato possibile osservare le tecniche di realizzazione degli intonaci naturali in terra e la loro posa in opera, su supporti realizzati con componenti naturali, la balle di paglia e i pannelli in canne.

## 1.4 LA "FESTA DELLA TERRA" E IL CONVEGNO "VIVERE SANO E ABITARE SANO", SETTEMBRE 2011 CASALINCONTRADA (CH)

CONVEGNO VIVERE SANO ABITARE SANO

Nei giorni dal *16 al 18 settembre* si è tenuto il convegno "vivere sano – abitare sano" a cui è stato possibile partecipare nell'ambito del corso di

studio del dottorato di ricerca. Tra gli interventi in programma, tutti relativi al tema della terra cruda come materiale da costruzione, se ne riporta un elenco di quelli che hanno suscitato un interesse particolare: "Esempio di restauro di una casa di terra a Massa Fermana (FM) nelle Marche" con Anna Paola Conti e Alessandro Zucconi; "il laboratorio della Casa di Teresa" c.da Fellonice Casalincontrada (CH), con Gianfranco Conti dell'associazione CedTerra; "Pisè: ristrutturazione di una casa colonica a Novi Ligure (AL) con Gaia Bollini – INBAR Piemonte; "Terra Cruda - costruire identità" con Eike Rosweg; "LANAturale edilizia" con Daniela Ducato di Ediliana; "Far le farchie a Fara Filorum Petri – l'uso delle canne nella costruzione" con Francesco Poli e Roberto Dell'Orco; "Scuole di terra: uno strumento attuativo del programma Terre di Terra" a cura di Panta Rei – centro di esperienze per l'educazione allo sviluppo sostenibile; "Sostenibilità ambientale e materiali per l'architettura. Progetto e sperimentazione produttiva di componenti edilizi in terra cruda" con Laura Antosa, Facoltà di Architettura Università di Chieti – Pescara; "Filosofia per il montaggio di un progetto d'abitazione in Ruanda. Tra e con la gente" con Davide Pedemonte, Scuola di Architettura di Grenoble – Laboratorio CRATerre 2010; "Tecnologie sostenibili nella progettazione di alloggi transitori per lavoratori stagionali – il caso di studio al borgo Santo Pietro di Caltagirone" con Sirio D'Aleo, Tesi di laurea in Ingegneria Edile – Architettura, Università di Catania; "Apporti italiani alle problematiche di conservazione promosse dall'Unesco in conseguenza di calamità naturali – fortificazioni, sistemi difensivi ed eventi bellici a Bam: fonti storiche e archeologia" con Michael Jung e Vincenzo Torrieri; "In plane numerical analysis o fan adobe wall" con Nicole Tarque, Rose school – Istituto di Studi Superiori di Pavia, IUSS; "realizzazione di una modulo abitativo auto costruito con la tecnica delle quinchas" con Stefan Pollack e Ranieri Valli, master Università Roma III sull'Housing Sociale.

Figg. Immagini del convegno "Vivere sano – abitare sano" nel Comune di Casalincontrada. Foto dell'autore.

Questa iniziativa, alla sua XIV edizione, rappresenta ormai un appuntamento fisso dei cultori della terra cruda italiani e internazionali.

Nata nel 1997 da un idea di un amministratore locale, la Festa della Terra di Casalincontrada, è un momento di riflessione e partecipazione intorno all'architettura di terra, che tenta di uscire dagli schemi rigidi del convegno classico, gettando un ponte culturale tra gli studiosi della materia e la popolazione che ha, nel corso del tempo, abbandonato le case, sinonimo di povertà e disagio. Le iniziative che ruotano attorno alla manifestazione sono molteplici, ma gli incontri con gli studiosi, i professionisti, i ricercatori e gli operatori che si interessano alle costruzioni in terra rappresentano un momento di grande contaminazione culturale che è necessaria alla diffusione delle informazioni, vecchie e nuove, tra partecipanti e soprattutto mette in relazione diretta esperienze diverse, provenienti da tutte le parti del mondo, ma rivolte verso uno scopo comune che è quello della diffusione di un modo "altro" di interpretare l'architettura rivolto al risparmio delle risorse primarie del pianeta.

## 1.5 INTERAZIONI

Come in tutte le attività di ricerca, le interazioni e gli scambi culturali con coloro che hanno tracciato la direzione del percorso di studi che si è intrapreso, è di fondamentale importanza per adottare una corretta metodologia di analisi e indagine. Queste interazioni possono essere indirette, se avvengono attraverso il patrimonio scientifico di letteratura, oppure dirette se si ha l'opportunità e la possibilità di avere incontri in prima persona con chi ci ha preceduto nello studio. Nell'ambito del percorso di studio del dottorato, si è cercato di interagire con lo stato dell'arte in materia, sia con uno studio della letteratura esistente e reperibile sia ricercando delle interazioni dirette mediante contatti virtuali e diretti. La seconda delle opzioni, quella delle interazioni dirette, è stata intrapresa sia alla possibilità data oggi dai mezzi di comunicazione web, capaci di riscontri immediati di informazione, sia attraverso incontri in prima persona con studiosi in materia, conosciuti principalmente in occasione della Festa della Terra, nelle due edizioni cui è stato possibile partecipare.

INTERAZIONI DIRETTE E INDIRETTE

Sono stati avviati rapporti con studiosi e professionisti nel campo delle costruzioni con la terra cruda, per poter ottenere informazioni precise e dati sulla metodologia, sulle tecnologie applicate nelle realizzazioni e sugli studi condotti nel campo di questo materiale da costruzione. Precisamente si è avuta l'opportunità di interloquire con:

-*Maddalena Achenza*, Architetto, laureata alla Facoltà di Architettura di Firenze con la tesi *Architetture di terra. Tra tradizione, conservazione e*

MADDALENA ACHENZA

*innovazione*, Dal 1997 partecipa alle attività didattiche e di ricerca del Dipartimento di Architettura della Facoltà di Ingegneria di Cagliari nell'ambito della *Cattedra UNESCO – Architetture di Terra, culture costruttive, sviluppo sostenibile*, coordinata dal prof. Antonello Sanna. Coordina, sempre nello stesso Dipartimento il LabTerra-Centro di Ricerca sulle architetture Regionali in Terra Cruda.

DAVID BARRAGAN
PASCUAL GANGOTENA

-*David Barragan e Pascual Gangotena*, architetti, fondatori dello studio AlBorde di Quito in Ecuador. Entrambe sono stati docenti di Disegno presso l'Università Cattolica, Facoltà di Architettura negli anni 2007 e 2008. Vincitori di numerosi premi di architettura nell'America Latina sul tema della sostenibilità e del Low Cost. Lo studio, AlBorde si occupa prevalentemente di studiare nuove strategie progettuali, rivolte all'architettura, per il risparmio delle risorse energetiche. Il loro lavoro è rivolto alla ricerca di nuovi equilibri tra economia, risorse ambientali e stato sociale. Esplorazioni che hanno portato a collaborazioni con musicisti, attori, artisti, disegnatori e pubblicitari.

GAIA BOLLINI

-*Gaia Bollini*, Architetto e PhD in Ingegneria Civile (Università degli Studi di Udine). Laureata allo IUAV con la tesi *Un Contributo alla realizzazione di una normativa tecnica regionale per la costruzione in terra cruda: il caso della Sardegna,* nell'ambito del dottorato ha proseguito nello studio delle normative della tecnologie e delle prestazioni fisico-meccaniche della terra cruda. Collabora attualmente presso il dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Udine e collabora con l'Associazione Nazionale Città della Terra Cruda.

QUENTIN BRANCH

-*Quentin Branch*, maestro costruttore in terra battuta, fondatore della Rammed Earth Solar Homes inc., Arizona Usa. L'impresa da lui fondata e diretta si occupa di costruzioni in terra battuta, case passive solari, realizzazioni di muri in terra battuta per costruzioni ecocompatibili.

MATTEO BRIONI

-*Matteo Brioni*, *architetto*, fondatore nel 2010 della Matteo Brioniequilibri in terra, azienda produttrice di mattoni, intonaci, finiture e pitture in argilla. Attività nata dalla ricerca nell'uso della terra cruda, estesa alle sue combinazioni tra istanze ambientali e del mercato.

GIANFRANCO CONTI

-*Gianfranco Conti*, Architetto, si occupa dai primi anni '80 di costruzioni in terra con particolare riguardo alla realtà dell'Abruzzo. Ha promosso la nascita del CedTerra del Comune di Casalincontrada (Ch). E' presidente dell'Associazione Terrae Onlus. E' Componente del Compitato Scientifico dell'Associazione Nazionale Città della Terra Cruda. Ha pubblicato numero articoli su pubblicazioni nazionali sul tema delle costruzioni in terra cruda.

DAVID EASTON

-*David Easton*, Architetto, Napa, California, fondatore con Cynthia Wright, dello studio Rammed Earth Works (REW associates), con il quale

hanno realizzato, negli ultimo trent'anni più di duecento edifici, residenziali e commerciali con strttura in terra battuta in tutto il mondo.

EUGENIO GALDIERI

-*Eugenio Galdieri*, Architetto, già docente di Storia dell'Architettura dei Paesi Islamici nella Facoltà di Architettura di Roma e in quella di Conservazione dei Beni Culturali di Ravenna. Socio e per quattro anni membro dell'ICOMOS, International Committee for the Study and Conservation of mud Bricks. Fondatore dell'AICAT (associazione Italiana Cultori della Terra Cruda). E' stato consulente scientifico per interventi di consolidamento di numerose strutture storiche e monumentali in terra cruda in Israele (Tell-Dam), Tajikistan (Pianjikent), Iran (Choga Zanbil), Italia (Gela, punta di Capo Soprano).

IGNAZIO GARAU

-*Ignazio Garau*, Architetto e Urbanista, svolge la propria attività professionale nella progettazione dello spazio pubblico, nel restauro degli edifici storici nella riabilitazione delle architetture minori e popolari in cui prevale l'uso dei materiali naturali: terra, pietra, legno. Ha promosso, attraverso l'Associazione ARCHTERRA, la formazione della Rete dei Comuni della terra cruda, fa parte del Comitato Scientifico della stessa Associazione Nazionale della Terra Cruda.

STEFANIA GIARDINELLI

-*Stefania Giardinelli*, Architetto, si interessa di architetture in terra cruda e ha esperienza di recupero di edifici tradizionali e di progettazione e realizzazione di nuove costruzioni. Ha fondato la società ITeA s.r.l. che commercializza prodotti legati alla terra.

ANNA HERINGER

-*Anna Heringer*, Architetto, PhD presso l'Università di Monaco. Nata a Rosenheim, Germania, vive a Salisburgo in Austria, laureata presso l'Università di Linz in Austria con la tesi "School–handmade in Bangladesh", ha conseguito in dottorato presso il Politecnico di Monaco sul tema "Homemade: Practical strategies for sustainable building in the rural regions of northern Bangladesh making use of endogenous potential". Vincitrice di numerosi premi internazionali sul tema dell'architettura sostenibile e delle emergenze.

RICK JOY

-*Rick Joy*, Architetto, nasce a Maine USA nel 1958. Si laurea in Architettura presso l'Università dell'Arizona nel 1990 ed inizia la sua attività professionale nel 1993. Il suo impegno progettuale è rivolto principalmente alle abitazioni private nelle regioni desertiche degli Stati Uniti dove impiega frequentemente la terra cruda come materiale da costruzione. Nel 2002 riceve il premio d'Architettura dell'American Accademy of Arts and Letters.

GERNOT MINKE

-*Gernot Minke*, nasce nel 1934 a Rostock in Germania, si laurea nel 1964. Divenuto assistente ricercatore del Prof. Frei Otto nel 1967 presso l'Istituto di Strutture Leggere dell'università di Stoccarda, discute per il suo dottorato sull'analisi dell'efficienza delle strutture. Dall'Agosto 1971 sino al Settembre 1972 assume il ruolo di Direttore dell'*Istituto per Umweltplanung* (Istituto di Pianificazione Territoriale). A partire dal 1974 come docente

universitario presso l'Università di Kassel e direttore dell'Istituto per Ricerca delle Costruzioni al dipartimento di Architettura, svolge Progetti di Ricerca, riguardanti il potenziale utilizzo delle piante per abitazioni di basso costo e tecniche progettuali per edifici resistenti con argilla, pomice e bambù. Sviluppa tecniche di costruzione con terra innovative ed estremamente raffinate e tecniche per la costruzione di cupole e volte di *adobe.* Nel 1979 fonda uno Studio Privato di Architettura Ecologica e Sostenibile a Kassel tramite il quale continua a progettare edifici in numerosi paesi del mondo spaziando dall'Europa al Sud America, dall'Africa all'Asia.

BARBARA NARICI

-*Barbara Narici*, *architetto*, fondatrice del CED (Centro di Documentazione dell'Architettura in Terra). Si occupa di divulgazione e conservazione delle architetture di terra con il Politecnico di Milano, e ha realizzato vari interventi di recupero e nuova costruzione con intonaci, pavimenti e muri in terra paglia, mattoni crudi e terra battuta in Europa.

STEFAN POLLACK

-*Stefan Pollack*, Nato nel 1973 a Schwäbisch-Gmünd (Germania); architetto con dieci anni di esperienza internazionale su progetti a differenti scale. Dal 2007 è dottore di ricerca in Progetto Urbano Sostenibile. E' membro fondatore dello studio professionale s.e.l.f. – officina di architettura, che fornisce servizi di progettazione e consulenze a clienti pubblici e privati in Italia e all'estero, e di AkØ (Architettura a kilometro zero), un gruppo di lavoro che svolge attività sperimentale a cavallo tra ricerca, didattica e pratica professionale. Con s.e.l.f. – officina di architettura ha progettato edifici residenziali, sistemazioni paesaggistiche, impianti industriali ed edifici per la formazione. Tra il 1999 ed il 2005 ha svolto incarichi di progettazione e realizzato diversi edifici di utilità sociale in Costa d'Avorio, Niger e Brasile. Contemporaneamente ha svolto attività didattica e di ricerca presso l'Università degli Studi di Roma Tre. Le sue ricerche sono focalizzate soprattutto su metodi di progettazione collettiva e sistemi costruttivi a basso impatto ambientale.

FRANCESCO POLI

-*Francesco Poli*, Architetto impegnato nella sperimentazione di architetture naturali con materiali vegetali. Sostenibilità ambientale, utilizzo di materiali naturali a km 0, cooperazione e autocostruzione sono gli elementi fondanti del suo lavoro. Si sposta sul territorio italiano ed estero tra collaborazioni e realizzazioni di strutture naturali utilizzando i materiali disponibili in loco. Ha collaborato con l'architetto Jonathan Cory Wright ed il Grupo Canyaviva apprendendo la tecnica di lavorazione delle canne per la realizzazione di strutture ad archi. Ha partecipato a numerosi Workshop di costruzione con materiali naturali quali terra cruda, paglia, bambù. Organizza laboratori di costruzione attraverso il gruppo LAN – Laboratorio di Architetture Naturali.

EIKE ROSWAG

-*Eike Roswag*, architetto, nasce a Gieben Germania nel 1969. Tra il 1992 e il 2000 studia Architettura al TU di Berlino e consegue la laurea in

Architettura, dopo un percorso di studi mirato nel settore delle tecnologie a basso impatto ambientale e un tirocinio come coordinatore presso cinque siti di costruzioni in Oxaca, Messico. Dal 1994 al 2006 svolge attività di libero professionista. Tra il 2006 e il 2007 è membro dello staff del TU Berlino, cattedra di Progettazione e Tecniche Costruttive tenuta dal prof. Claus Steffan. Dal 2003 fonda lo studio ZRS Architecten Ingenieure associati. Nel 2007 vince, in collaborazione con Anna Heringer il premio Aga Khan Architecture per il progetto e la realizzazione della scuola a Rudrapur in Bangladesh.

MARTIN STOPPEL

-*Martin Stoppel*, *fumista*, ha frequentato i corsi IBN Institut für Baubiologie+Oekologie in Germania ed é un tecnico Bioedile specializzato nel calcolo degli impianti di riscaldamento che utilizzano stufe in muratura anche conosciute con il nome di "Kachelofen".

Lo scambio di informazioni, ha permesso di stabilire un interessante scenario di confronto tra le varie esperienze. In particolare è stato possibile interloquire con gli architetti ecuadoregni Barragan e Gagotena, che hanno fornito materiale tecnico ed illustrativo in merito al progetto denominato “Casa entre Muros”, un edificio destinato ad abitazione realizzato a Tumbaco, Quito, Ecuador con una tecnologia costruttiva a setti murari portanti in terra battuta e tamponature in torchis. Gli architetti Hanna Heringer e Rick Joy hanno messo a disposizione materiale tecnico, disegni, dettagli e schizzi relativamente ad alcune loro realizzazioni in campo residenziale. Con gli architetti, Bollini, Conti, Garau, Giardinelli e Achenza, oltre alle informazioni acquisite in occasione dei convegni alla Festa della Terra a Casalincontrada, nel settembre dello scorso anno e in quello di questo anno corrente, è stato possibile intrattenere colloqui in merito alle tecnologie della terra cruda, alla normativa di riferimento, che tarda ad essere discussa in Parlamento, alle esperienze dirette di restauro e nuove costruzioni che dovrebbero essere realizzate a breve. In occasione della Festa delle Terra dello scorso anno è stato inoltre possibile avere un colloquio con Eugenio Galdieri, padre della diffusione della cultura della terra cruda in Italia. Gli sono state poste numerose questioni ed è stato possibile discutere anche sulle possibilità che questo materiale conosca una nuova diffusione. Durante la Festa della Terra 2011, oltre ad approfondire le conoscenze sul tema della costruzioni in terra e delle sue tecniche costruttive con chi già conosciuto nell’anno precedente è stato possibile confrontarsi anche con le argomentazioni sottoposte da Stefan Pollack, Eike Rosweg e Francesco Poli in occasione del convegno a Casalincontrada. Inoltre ulteriori occasioni di confronto sono state possibili assistendo ad alcune fasi dei lavori organizzati in occasione del workshop “la casa di Toti” tenutosi in aprile del 2011 presso il cantiere della ditta

Domina nel Comune di Milo (CT) con la partecipazione di Matteo Brioni e Barbara Narici.

Queste interazioni dirette, con alcuni protagonisti del settore delle costruzioni in terra, si sono rivelate fondamentali nell'ambito del percorso di ricerca, perché sia con la corrispondenza via web sia con i colloqui personali o le relazioni seminariali, si è generato un percorso finalizzato al raggiungimento di una consapevolezza ragionata sulle qualità di questo antico materiale da costruzione e sulle sue reali ed infinite possibilità d'impiego nell'architettura.

**Thanks to**: Gianfranco Conti, Quentin Branch, Martin Stoppel, Rick Joy, Adriano Spadoni, Anna Heringer, Gernot Minke, David Heaston, David Barragan, Isabella Breda, Pasqual Gagotena, Maddalena Achenza, Lucia Secondo, Eike Roswag, Elisabetta Campisi, Valentina Innocente, Eugenio Galdieri, Stefan Pollack, Rocco Di Ciero, Ferdinando Renzetti, Gaia Bollini, Roberto dell'Orco, Matteo Brioni, Jilani Kaldi, Stefania Giardinelli, Davide Pedemonte, Ignazio Garau, Vittoria Volpi, Francesco Poli, Elena Bignamini

APPENDICE 2

# SCHEDE DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA TERRA CRUDA E DEI SUOI PRINCIPALI MANUFATTI

| 1 Caratteristiche tecniche | Unità di misura | PISE' | TERRA ALLEGERITA | ADOBE | BLOCCHI ESTRUSI | BLOCCHI COMPRESSI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peso specifico** | *Kg/mc* | 1800-2100 | 300-1200 terra paglia<br>700-1000 terra argilla<br>500-1200 terra legno | 1400-1900 | 1900<br>700-1200<br>alleggeriti | 1800 -2000<br>1700-2200 |
| **Calore specifico** | *kJ/kgK* | 1 | 1,0 - 1,5 | 0,85 | - | 0,65 -1,0 |
| **Capacità di accumulo** | *kJ/mcK* | 1800-2100 | - | - | - | 1700-2200 |
| **Conduttività termica** | *W/mK* | 0.95 | 0.09 - 0,47 | 0,47 - 0,81 | 0,91 – 0,25 | 0,81 - 1,13 |
| **Coeff. di sfasamento** | *h* | 10 – 12 | - | - | - | - |
| **Coeff. di abbattim. Acustico** | *dB* | 50-60 | 44 | 50-55 | - | 50-60 |
| **Permeabilità al vapore** | *Adim* | 10-11 | 2-5 | 5-10 | - | 10-11 |
| **Diffusività del vapore** | *Mf/m h Pa* | 0,07-0,06 | 8-10 | - | - | 0,07-0,06 |
| **Resistenza al fuoco** | *REI* | 90 -180 | 30-60 | 90-180 | Incomb. | 90-120 |
| **Resistenza a compressione** | *N/mmq* | 2-5 terra secca<br>0-5 terra umida<br>3 per 1900 kg/mc<br>4 per 2200 kg/mc<br>8 per pisè addiz. con cemento | 1,74 per terra paglia con impasto a 800 kg/mc | 2 per blocco crudo<br>2-5 per blocco stabilizzato con bitume | 3,9 (EIWA)<br>1,7 (TON)<br>4,5 (TON pesante) | 4,12 (ALTEK GEO 50)<br>2,0 CTRATerre<br>3,0-4,0 DIN |
| **Resistenza a trazione** | *N/mmq* | 0,5-1 pisè compresso<br>1,0-2,0 terra secca su prova brasiliana | - | - | - | 0,5 1,0<br>1,0 – 2,0 Terra secca su prova brasiliana |
| **Resistenza a flessione** | *N/mmq* | 0,5 – 1,0 per terra secca | - | - | - | 0,5 – 1 terra secca |
| **Modulo di elasticità** | *N/mmq* | | | | | 5000 - 7000 |

Tabella 1. Caratteristiche tecniche

| 2 Prestazioni | PISE' | TERRA ALLEGERITA | ADOBE | BLOCCHI ESTRUSI | BLOCCHI COMPRESSI |
|---|---|---|---|---|---|
| **Inerzia termica** | OTTIMA( in presenza di elevate escursioni termiche) | SCARSA | BUONA | BUONA (per quelli pesanti) | OTTIMA (per quelli pesanti) |
| **Accumulo di calore** | OTTIMO | SCARSO | BUONO | BUONO | OTTIMO |
| **Isolamento acustico** | BUONO (con fibre vegetali) | BUONO (con inerti pesanti) | BUONO | BUONO (con inerti pesanti) | OTTIMO |
| **Isolamento termico** | SCARSO ( necessita di pannelli esterni ) | OTTIMO | MEDIOCRE ( necessita di pannelli esterni ) | BUONO | SUFFICIENTE ( necessita di pannelli esterni ) |
| **Manutenibilità** | SCARSA (perché monlitico) | BUONA (purché a blocchi) | BUONA | SCARSA | BUONA |
| **Durabilità** | BUONA | BUONA | BUONA | Non ci sono dati attendibili per la recente introduzione sul mercato | BUONA |
| **Regolazione igrometrica** | BUONA ( se a faccia vista) | BUONA (se intonacata con la terra cruda) | BUONA | BUONA (soprattutto nei manufatti interni) | BUONA |
| **Salubrità** | Dipende dalla provenienza della terra | Dipende dalla provenienza della terra | Dipende dalla provenienza della terra | Dipende dalla provenienza della terra | Dipende dalla provenienza della terra |
| **Benessere** | OTTIMA (Stabilizza il microclima) | BUONA (se intonacata) | BUONA ( stabilizza il microclima) | Dipende dall'impasto: quelli leggeri hanno una buona inerzia termica; quelli pesanti una buona regolazione igrometrica | OTTIMA (Stabilizza il microclima) |
| **Riutilizzabilità** | OTTIMA (purché non additivato) | DISCRETA ( dipende dal tipo di inerte) | OTTIMA (purché non additivato) | OTTIMA (purché non additivato) | OTTIMA ( per il riutilizzo deve essere lavorata) |
| **Impatto ambientale** | SCARSO (1% rispetto ai mattoni cotti e al cemento) | SCARSO | SCARSO | MEDIOCRE (risparmio energetico pari al 70% rispetto i mattoni cotti) | SCARSO (risparmio energetico dal 30% al 70% rispetto i mattoni cotti) |
| **Resistenza al gelo** | BUONA (se il clima non è molto umido) | BUONA ( se adeguatamente essiccata e protetta dalle intemperie) | BUONA | BUONA | DISCRETA (se il clima non è molto umido) |
| **Resistenza agli attacchi biologici** | BUONA ( il materiale è compatto) | BUONA ( se non vi sono ristagni d'acqua e umidità) | BUONA ( se non sono presenti cavità ) | OTTIMA ( perchè prodotto per estrusione) | OTTIMA |
| **Flessibilità** | SUFFICIENTE ( perché limitata nella possibilità di realizzare aperture) | BUONA ( come una normale muratura) | BUONA ( come una normale muratura) | BUONA ( come una normale muratura) | BUONA ( come una normale muratura) |

Tabella 2. Prestazioni
(indicatori di giudizio: scarso, mediocre, sufficiente, buono, ottimo)

| 3 Caratteristiche progettuali | PISE' | TERRA ALLEGERITA | ADOBE | BLOCCHI ESTRUSI | BLOCCHI COMPRESSI |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sistema costruttivo** | Masse portanti modulari | Struttura portante reticolare | Struttura portante reticolare o masse portanti | Murature con caratteristiche modulari | Configurazione scatolare dei blocchi e murature con caratteristiche modulari |
| **Limitazioni** | Pareti senza sporgenze | Aggetti modesti | Aggetti modesti | Aggetti modesti | Pareti senza sporgenze |
| **Dimensionamento** | > 20-30 cm per un piano<br>> 30-45 cm per due piani | 15-50 cm per esterni ( lo spessore dipende dal tipo di inerte: < 30 per la paglia) | > 38 cm per esterno<br>> 25 cm per interni<br>> 10 cm per tramezzi | > 38 cm per esterno<br>> 25 cm per interni<br>> 10 cm per tramezzi | > 30 cm. Per murature portanti |
| **Modularità** | Dipende dai casseri e dalle modalità esecutive | Assimilabile ad una muratura | Assimilabile ad una muratura | Assimilabile ad una muratura | Assimilabile ad una muratura |
| **Morfologia** | Casseri piccoli offrono alta flessibilità operativa | Dipende dal telaio | Dipende dal telaio | Dipende dal telaio | Dipende dal telaio o dalla morfologia |
| **Orientamento** | Ottimale per le zone esposte al sole, sul lato nord necessita di un isolante esterno | Indicati per il nord perché molto isolanti | Ottimale per le zone esposte al sole, sul lato nord necessita di un isolante esterno | Ottimale per le zone esposte al sole, sul lato nord necessita di un isolante esterno | Ottimale per le zone esposte al sole, sul lato nord necessita di un isolante esterno |
| **Aperture** | Allineate come per le murature portanti e provviste di un architrave che si aggancia alla muratura di almeno 20 cm.<br>Dagli spigoli > 1,00 m<br>Tra due aperture > 0,65 m | Dipendono dalla trama del telaio | Allineate come per le murature portanti e provviste di un architrave che si aggancia alla muratura di almeno 20 cm.<br>Dagli spigoli > 1,00 m<br>Tra due aperture > 0,65 m | Allineate come per le murature portanti e provviste di un architrave che si aggancia alla muratura di almeno 20 cm.<br>Dagli spigoli > 1,00 m<br>Tra due aperture > 0,65 m | Rapporto pieni vuoti deve essere > di 1/3; non bisogna superare il 30% di vuoti rispetto la lunghezza |
| **Protezioni** | Basamento<br>Tetto sporgente<br>Gocciolatoi sotto le architravi<br>Intonaci a base di calce | Basamento<br>Tetto sporgente<br>Gocciolatoi sotto le architravi<br>Intonaci a base di calce | Basamento<br>Tetto sporgente<br>Gocciolatoi sotto le architravi<br>Intonaci a base di calce | Basamento<br>Tetto sporgente<br>Gocciolatoi sotto le architravi<br>Intonaci a base di calce | Basamento<br>Tetto sporgente<br>Gocciolatoi sotto le architravi<br>Intonaci a base di calce |
| **Tessitura superficiale** | Per strati | A grana grossa e impone un trattamento superficiale | Intonacato | Intonacato | A vista, con la grana dei blocchi. |
| **Colore** | Dipende dal tipo di terra | Dipende dal tipo di terra | Dipende dal tipo di terra | Dipende dal tipo di terra | Dipende dal tipo di terra |

Tabella 3. Caratteristiche progettuali

| 4 | ADOBE | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Diffusione nel mondo** | Europa ( Germania, Francia, Gran Bretagna, Spagna), Africa settentrionale e centrale (Mauritania, Marocco, Egitto, Libia, Tunisia, Etiopia, Mali, ), Medio Oriente (Yemen), Asia (Cina), America (USA, Messico, Perù, Bolivia, Ecuador), Oceania (Australia) | | | |
| **Diffusione in Italia** | Basilicata, Calabria, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lazio, Lombardia, Marche, Toscana, Piemonte, Trentino Alto Adige, Umbria, Veneto, | | | |
| **Campi di utilizzo** | **Modalità di utilizzo** | **Unità tecnologiche** | **Elementi tecnici** | **Funzione** |
| | Interventi sull'esistente in adobe | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale | Portante; Accumulo; Controventamento; Regolazione del microclima interno |
| | | | Solai su terra | Portante |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Accumulo; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | | Copertura | Portante; Isolamento acustico; Isolamento termico |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Divisione degli spazi interni; Regolazione del microclima interno; Isolamento acustico; accumulo |
| | | | Solai | Regolazione del microclima interno; Isolamento acustico; Accumulo |
| | Interventi sull'esistente in terra | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale | Portante; Accumulo |
| | | | Solai su terra | Portante |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Accumulo; Regolazione del microclima interno; Isolamento acustico |
| | | | Copertura | Protezione |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Accumulo; Divisione degli spazi interni; Isolamento acustico |
| | | | Solai | Portante |
| | Nuove realizzazioni | Struttura portante | Strutture di elevazione verticali | Portante; Accumulo; Regolazione del microclima interno; Isolamento acustico; Controventamento; |
| | | | Strutture orizzontali | Accumulo; Portante |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Accumulo; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | | Copertura | Portante; Regolazione del microclima interno |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Controventamento; Divisione degli spazi interni; Isolamento acustico; accumulo; Regolazione del microclima interno |
| | | | Solai | Isolamento acustico; Accumulo |
| **Modalità di messa in opera** | Produzione e confezionamento | La terra cavata si frantuma con la molazza e si passa al setaccio per separarla da sassi e ghiaia. La terra setacciata viene mescolata con acqua e sabbia fino a quando l'impasto non ha raggiunto una consistenza plastica. Si lascia maturare l'impasto per alcune prima di procedere alla formatura. Vengono preparate le forme, singole o multiple, in legno o altro materiale bagnandole con oli o cospargendole di sabbia, al fine di facilitarne la sformatura. Il composto viene introdotto nella forma, ponendo particolare attenzione a riempire tutto lo spazio provvedendo ad un energico compattamento. Successivamente si procede al livellamento della superficie con l'eliminazione del materiale eccedente. Infine si procede alla rotazione della forma per l'estrazione del mattone che può essere rifinito con una cazzuola. Una volta formati, i mattoni, vengono lasciato di piatto su una superficie piana, in ambiente riparato e asciutto, per circa quattro o cinque giorni, successivamente, raggiunta una buona consistenza solida, vengono ruotati e poggiati di taglio per completarne l'essicazione (15-40 giorni). | | | |
| | Periodo di produzione | Il periodo migliore per la produzione di mattoni di crudo, se non si dispone di ambienti controllati, è quello autunnale prima delle gelate invernali. Il muro di adobe può essere confezionato in qualsiasi periodo dell'anno. | | |
| **Caratteristiche** | Il vantaggio principale di questa tecnica è la flessibilità nelle modalità di produzione e la facilità di messa in opera. I manufatti realizzati con questa tecnica sono caratterizzati da elevata inerzia termica, che determina alti valori di sfasamento, accumulo termico e isolamento acustico, visto l'elevato peso specifico. Questa tecnica è particolarmente adatta alla realizzazione di murature portanti esterne in zone climatiche ad alta escursione termica. Con l'adobe non si ottiene, di contro, un buon livello di isolamento acustico. Se ben eseguita e in assenza di eventi esogeni, la muratura in mattoni pieni presenta nel tempo una bassa probabilità di guasto. | | | |

Tabella 4. adobe

| 5 | TERRA BATTUTA | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Diffusione nel mondo** | Europa ( Spagna, Francia, Portogallo, Germania, Svizzera), Africa settentrionale e centrale (Magreb ), Medio Oriente (Yemen, Iran), Asia (Cina centrale, India del nord, Pakistan, Afghanistan), America (USA, Messico, Perù, Bolivia, Ecuador), Oceania (Australia) | | | |
| **Diffusione in Italia** | Abruzzo, Lazio, Toscana, Piemonte, Umbria, | | | |
| **Campi di utilizzo** | **Modalità di utilizzo** | **Unità tecnologiche** | **Elementi tecnici** | **Funzione** |
| | Interventi sull'esistente in terra battuta | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale | Portante |
| | | | Solai su terra | Accumulo; Regolazione del microclima interno; Finitura |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Accumulo; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | | Copertura | Portante; Isolamento acustico; Isolamento termico |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Divisione degli spazi interni; Regolazione del microclima Controventatura; |
| | | | Solai | Livellamento; Isolamento acustico; Accumulo |
| | Interventi sull'esistente in terra | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale | Portante; Accumulo |
| | | | Solai su terra | Accumulo; Livellamento; Finitura |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Accumulo; Regolazione del microclima interno; Isolamento acustico |
| | | | Copertura | Protezione |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Accumulo; Divisione degli spazi interni; Controventatura; Regolazione del microclima interno |
| | | | Solai | Accumulo; Livellamento; Isolamento acustico |
| | Nuove realizzazioni | Struttura portante | Strutture di elevazione verticali | Portante; Accumulo; Regolazione del microclima interno; Isolamento acustico; Finitura |
| | | | Solai su terra | Accumulo; Livellamento; Finitura |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Accumulo; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | | Copertura | Portante; Regolazione del microclima interno |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Controventamento; Divisione degli spazi interni; Isolamento acustico; accumulo; Regolazione del microclima interno; Finitura |
| | | | Solai | Isolamento acustico; Accumulo; Livellamento |
| **Modalità di messa in opera** | Produzione e confezionamento | La terra cavata, sempre al di sotto dello strato organico, viene stoccata in cumuli e esposta alle intemperie invernali in modo che le ghiacciate rompano le zolle di argilla. Questo trattamento serve anche a fare acquisire alla terra il giusto grado di umidità necessario. Successivamente si procede ad un vaglio grossolano della terra, vanno rimossi i sassi con granulometria superiore a 5 cm, quelli di pezzatura inferiore, che vanno mantenuti, servono a creare uno scheletro inerte. La terra argillosa deve essere umidificata con percentuali d'acqua comprese sempre tra il 4 e il 18 %, valori inferiori caratterizzano terre troppo secche dove non avviene la coesione, valori maggiori caratterizzano terre troppo plastiche che non mantengono la forma durante la compattazione. Il passaggio successivo è la preparazione dei casseri che devono essere leggermente permeabili e ruvide. Inserite le assi che costituiscono le pareti di contenimento e quelle di fissaggio si opera il riversamento della terra che deve essere effettuato per strati di modesto spessore, (4-20 cm), facendo in modo da garantire una compattazione uniforme e una maggiore concentrazione di materiale in corrispondenza delle pareti del cassero. Infine si provvede alla rimozione del cassero, distaccando le assi e sfilando i distanziatori. La progressione orizzontale per strati successivi, formerà la muratura in terra battuta, con la realizzazione delle aperture necessarie e di tutti i presidi tecnologici previsti. | | | |
| | Periodo di produzione | Tutti i periodi dell'anno tranne quello delle gelate invernali. Il materiale deve arrivare già maturo, cioè posato , compattato e asciutto, prima dell'inverno. | | |
| **Caratteristiche** | La terra battuta è una tecnica che consente di realizzare murature continue portanti compattando, strato dopo strato, terra umida versata tra assi parallele che fungono da casseri. I manufatti realizzati con questa tecnica sono caratterizzati da elevata inerzia termica, visto il notevole spessore della terra messa in opera, ciò porta ad un notevole accumulo di calore e conseguente elevato valore di sfasamento interno degli ambienti. Questa massa elevata consente un buon isolamento dai rumori aerei e da calpestio. L'isolamento termico, di contro, non raggiunge valori apprezzabili, ma allo stesso tempo essendo, questa muratura, capace di trattenere grandi quantità di umidità si può comportare da volano termico quando la superficie, colpita dalle radiazioni solari determina un fenomeno di evaporazione che comporta l'abbassamento della temperatura della parete. | | | |

Tabella 5. Terra battuta

| 6 | TERRA ALLEGGERITA- TORCHIS (terra paglia, terra legno, terra minerale) | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Diffusione nel mondo** | Europa (Germania), Africa settentrionale e meridionale (Marocco, Sudafrica ), Medio Oriente , Asia (Cina , Giappone, Afghanistan), America (USA, Brasile) | | | |
| **Diffusione in Italia** | Trentino Alto Adige, Veneto, Marche | | | |
| **Campi di utilizzo** | **Modalità di utilizzo** | **Unità tecnologiche** | **Elementi tecnici** | **Funzione** |
| | Interventi sull'esistente in terra allegerita | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale | Non presenti |
| | | | Solai su terra | Non presenti |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Isolamento termico; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | | Copertura | Isolamento termico; Regolazione del microclima interno |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Divisione degli spazi interni; Regolazione del microclima; Isolamento termico; Isolamento acustico |
| | | | Solai | Divisione degli spazi interni; Isolamento termico; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | Nuove realizzazioni | Struttura portante | Strutture di elevazione verticali | Non presente |
| | | | Solai su terra | Non presente |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Isolamento termico; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | | Copertura | Isolamento termico; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Divisione degli spazi interni; Isolamento acustico; Isolamento termico; Regolazione del microclima interno; |
| | | | Solai | Divisione degli spazi interni; Isolamento acustico; Isolamento termico; regolazione del microclima interno |
| **Modalità di messa in opera** | Produzione e confezionamento (terra e paglia) | La terra cavata, sempre al di sotto dello strato organico, viene stoccata in cumuli e esposta alle intemperie invernali in modo che le ghiacciate rompano le zolle di argilla. Il reperimento degli inerti, in questo caso la paglia, va effettuato almeno un anno prima, in modo da utilizzare un elemento già secco. La paglia è preferibile che sia a fibre lunghe, d'orzo, e che sia stoccata in balle rotonde perché in questo modo mantiene inalterata la struttura originaria tubolare capace di migliorare la resistenza a trazione del manufatto e la capacità di isolamento del muro. La terra, precedentemente stoccata, viene frantumata con la molazza, vagliata e setacciata per privarla di sassi e ghiaia, successivamente si procede ala sua fluidificazione con una percentuale di acqua superiore al 35%. Di seguito si procede alla miscelazione con la paglia, questa può essere inserita direttamente nella molazza, dopo aver confezionato la barbottina, con proporzioni di circa 70 kg per 600 kg di terra. L'impasto così confezionato viene stoccato al riparo dalle intemperie, per un tempo che va dalle 6 ore ad un massimo di una settimana, a secondo delle condizioni ambientali del sito. L'impasto maturato viene versato nelle strutture già predisposte, di solito in legno tipo ballon frame o platform frame, dotate di apposite casseformi amovibili che servono a contenere l'impasto. Il riversamento della terra nei casseri deve essere effettuato per strati, con uno altezza massima di 10 cm, in modo da garantire una distribuzione omogenea per tutto spessore. Successivamente deve essere effettuata una compattazione leggera, avendo cura di spingere l'impasto negli angoli e nei punti meno accessibili. La progressione orizzontale per strati successivi, formerà la muratura in terra paglia. | | |
| | Periodo di produzione | Tutti i periodi dell'anno tranne quello delle gelate invernali | | |
| **Caratteristiche** | Questa tecnica consente di realizzare manufatti leggeri caratterizzati da buone prestazioni di isolamento termico per elementi di tamponamento esterno, di partizione interna oltre che per l'isolamento di sottotetti e solai. Questi manufatti non possiedono una massa significativa ai fini della regolazione termica e dell'accumulo di calore. L'isolamento acustico è garantito se l'impasto è particolarmente denso, con tenori di argilla più alti, quello termico invece con impasti di bassa densità; ne segue che la terra alleggerita è particolarmente adatta alla realizzazione di murature esterne. I muri in terra alleggerita, se finiti con intonaci a base di terra, presentano un'azione di regolazione del tasso di umidità interna che si effettua soprattutto nei primi centimetri di spessore dello strato di muratura. | | | |

Tabella 5. Terra allegerita

| 7 | MASSONE - BAUGE | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Diffusione nel mondo** | Europa ( Inghilterra, Germania, Francia), Medio Oriente (Yemen) . | | | |
| **Diffusione in Italia** | Abruzzo, Marche | | | |
| **Campi di utilizzo** | **Modalità di utilizzo** | **Unità tecnologiche** | **Elementi tecnici** | **Funzione** |
| | Interventi sull'esistente in massone | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale | Portante;Regolazione del microclima; Isolamento termico; Isolamento acustico |
| | | | Solai su terra | Non presenti |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Portante; Isolamento termico; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | | Copertura | Isolamento termico; Regolazione del microclima interno |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Divisione degli spazi interni; Regolazione del microclima; Isolamento termico; Isolamento acustico |
| | | | Solai | Non presente |
| | Nuove realizzazioni | Struttura portante | Strutture di elevazione verticali | Portante;Regolazione del microclima; Isolamento termico; Isolamento acustico |
| | | | Solai su terra | Non presente |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Portante;Isolamento termico; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | | Copertura | Isolamento termico; Isolamento acustico; Regolazione del microclima interno |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Divisione degli spazi interni; Isolamento acustico; Isolamento termico; Regolazione del microclima interno; |
| | | | Solai | Non presente |
| **Modalità di messa in opera** | Produzione e confezionamento | La terra cavata, sempre al di sotto dello strato organico, viene stoccata in cumuli e esposta alle intemperie invernali in modo che le ghiacciate rompano le zolle di argilla. Il reperimento degli inerti, in questo caso la paglia, va effettuato almeno un anno prima, in modo da utilizzare un elemento già secco. La paglia è preferibile che sia a fibre lunghe, d'orzo, e che sia stoccata in balle rotonde perché in questo modo mantiene inalterata la struttura originaria tubolare capace di migliorare la resistenza a trazione del manufatto e la capacità di isolamento del muro. La terra, precedentemente stoccata, viene frantumata con la molazza, vagliata e setacciata per privarla di sassi e ghiaia; successivamente si procede ala al confezionamento dell'impasto, sempre con la molazza, nelle proporzioni di 3 vol di terra, 2 vol di sabbia e 2/3 di vol di acqua. L'impasto così ottenuto, il maltone nella tradizione abruzzese e marchigiana, viene stoccato temporaneamente a piè d'opera nell'attesa della preparazione manuale del massone. Il massone viene confezionato impastando ulteriormente il maltone fino a dargli una forma, pressappoco troncoconica, delle dimensioni longitudinali di circa 30-35 cm e del peso variabile tra i 2 e i 7 kg. Di seguito si procede alla loro in opera, per strati orizzontali, al fine di assicurare una asciugatura parziale prima di procedere con gli strati successivi. Gli strati orizzontali, vengono ulteriormente trattati, con la pestonatura a mezzo di bastoni battitori, per migliorare l'aderenza dei massoni tra loro, fino a formare una massa semimonolitica del muro. Il muro in massoni, che di solito presenta una rastrema tura verso l'alto è spesso alla base almeno 80 cm. | | | |
| | Periodo di produzione | Tutti i periodi dell'anno tranne quello delle gelate invernali | | |
| **Caratteristiche** | Questa tecnica consente di realizzare manufatti aventi massa muraria intermedia tra quelli in adobe e quelli in terra alleggerita, essendo realizzati con un impasto ad alta densità di terra ma con la presenza della paglia quindi i manufatti sono caratterizzati da buone prestazioni di isolamento termico per elementi di tamponamento esterno e di partizione interna. Questi manufatti possiedono una massa significativa ai fini della regolazione termica e dell'accumulo di calore. L'isolamento acustico e quello termico sono garantiti dall'impasto mediamente denso, che la tecnica del massone è quindi particolarmente adatta alla realizzazione di murature esterne. I muri in terra alleggerita, se finiti con intonaci a base di terra, presentano un'azione di regolazione del tasso di umidità interna notevole poiché lo scambio si effettua sia nei primi centimetri di spessore dello strato di muratura, sia nella parte più interna. | | | |

Tabella 6. Massone - Bauge

| 8 | BLOCCHI ESTRUSI O TRAFILATI | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Diffusione nel mondo** | Europa (Germania, Gran Bretagna), Medio Oriente , Asia (India, Cina , Giappone), America (USA, Brasile) | | | |
| **Diffusione in Italia** | Trentino Alto Adige, Sardegna, Abruzzo | | | |
| **Campi di utilizzo** | **Modalità di utilizzo** | **Unità tecnologiche** | **Elementi tecnici** | **Funzione** |
| | Interventi sull'esistente | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale | Non presenti |
| | | | Solai su terra | Non presenti |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Divisione degli spazi interni; Finitura; Isolamento acustico; Isolamento termico; Regolazione termo igrometrica |
| | | | Copertura | Non presenti |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Divisione degli spazi interni; Finitura; Isolamento acustico; Isolamento termico; Regolazione termo igrometrica |
| | | | Solai | Non presenti |
| | Nuove realizzazioni | Struttura portante | Strutture di elevazione verticali | Non presente |
| | | | Strutture orizzontali | Non presente |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Divisione degli spazi interni; Finitura; Isolamento acustico; Isolamento termico; Regolazione termo igrometrica |
| | | | Copertura | Non presente |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Controventatura; Divisione degli spazi interni; Isolamento acustico; Accumulo Regolazione del microclima interno; |
| | | | Solai | Isolamento acustico |
| **Modalità di messa in opera** | Produzione e confezionamento (terra e paglia) | La terra cavata, sempre al di sotto dello strato organico, preferibilmente con una composizione di argilla 8-30%, limo circa 10-25%, sabbia 25-805, ghiaia 0-40%, è preferibile estrarre la terra in un periodo umido, quando il terreno è più friabile. Il materiale impiegato espressamente per il crudo utilizzano terre più magre rispetto a quelli destinati alla cottura, e inoltre si mescolano a una cospicua parte di inerti minerali o vegetali. Per quanto riguarda le lavorazioni di estrusione e stoccaggio per l'essiccamento vengono adottate le stesse procedure e i macchinari per la produzione dei laterizi tradizionali. Per alleggerire il blocco è possibile eseguire blocchi forati, evitando spessori inferiori a 1,5 cm e preferibilmente non superando un rapporto di pieno/vuoto di 1/7. Per le lavorazioni di assemblaggio dei blocchi, per la costituzione di una muratura, le procedure sono le stesse di una muratura in adobe, con l'accortezza di ricordare che per i blocchi semipieni deve necessariamente prevedersi un basamento in laterizi a causa della maggiore sensibilità all'acqua di questi mattoni. | | | |
| | Periodo di produzione | Tutti i periodi dell'anno tranne quello delle gelate invernali | | | |
| **Caratteristiche** | I blocchi estrusi sono essenzialmente mattoni non cotti, di dimensioni variabili, prodotti industrialmente per estrusione, tagliati ed essiccati senza cottura. L'impasto dei blocchi può essere lo stesso del blocco cotto (molto argilloso) o migliorato e definito, nei dosaggi, espressamente per l'uso crudo, smagrendo l'impasto con inerti in modo da rendere il manufatto più stabile all'umidità. I blocchi estrusi pesanti (dal peso specifico superiore a 1000 Kg/mc) o costituiti da sola terra presentano buone prestazioni di inerzia termica. Inoltre l'inerzia del materiale fa si che il calore assorbito dalla parete si distribuisca all'interno con un notevole sfasamento orario. L'isolamento termico e acustico dipende dalla loro massa. L'assorbimento di elevate quantità di acqua causa rigonfiamenti del blocco che può portare alla parziale deformazione della parete. Questi manufatti sono particolarmente indicati per la realizzazione di contropareti e partizioni interne, poiché per la loro elevata porosità presentano una rapida azione di assorbimento dell'umidità e quindi di regolazione del microclima interno. | | | |

Tabella 8. Blocchi estrusi

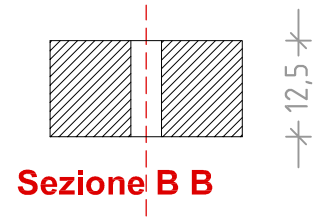
| 9 | BLOCCHI COMPRESSI | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Diffusione nel mondo** | Europa (Germania, Gran Bretagna), Medio Oriente , Asia (India, Cina , Giappone), America (USA, Brasile) | | | |
| **Diffusione in Italia** | Trentino Alto Adige, Piemonte | | | |
| **Campi di utilizzo** | **Modalità di utilizzo** | **Unità tecnologiche** | **Elementi tecnici** | **Funzione** |
| | Interventi sull'esistente | Struttura portante | Strutture di elevazione verticale | Portante; Controventatura; accumulo; Isolamento acustico; Finitura |
| | | | Solai su terra | Non presente |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Accumulo; Isolamento acustico; Finitura |
| | | | Copertura | Non presenti |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Divisione degli spazi interni; Finitura; Isolamento acustico; Accumulo |
| | | | Solai | Non presenti |
| | Nuove realizzazioni | Struttura portante | Strutture di elevazione verticali | Portante; Controventatura; Accumulo; Isolamento acustico; Finitura |
| | | | Strutture orizzontali | Portante; Isolamento acustico; Finitura |
| | | Chiusura | Pareti perimetrali verticali | Accumulo; Isolamento acustico; Finitura |
| | | | Copertura | Accumulo; Finitura |
| | | Partizione interna | Pareti interne verticali | Controventatura; Divisione degli spazi interni; Isolamento acustico; Accumulo Regolazione del microclima interno; |
| | | | Solai | Non presente |
| **Modalità di messa in opera** | Produzione e confezionamento (terra e paglia) | La terra cavata, sempre al di sotto dello strato organico, preferibilmente con una composizione di argilla 8-30%, limo circa 10-25%, sabbia 25-805, ghiaia 0-40%, è preferibile estrarre la terra in un periodo umido, quando il terreno è più friabile. Il materiale impiegato espressamente per il crudo utilizzano terre più magre rispetto a quelli destinati alla cottura, e inoltre si mescolano a una cospicua parte di inerti minerali o vegetali I blocchi compressi vengono prodotti da un sistema di industriale o semi-industriale che prevede l'impiego di terra leggermente umida in presse aventi forme di dimensioni ridotte. Grazie ad un sistema di leve o pistoni idraulici si applica una forza importante sulla terra che viene compressa e il cui volume viene ridotto di circa la metà. Viene così confezionato un blocco, simile per l'aspetto ai mattoni cotti piani e che offre gli stessi vantaggi di versatilità nella messa in opera. La messa in produzione di questi manufatti è piuttosto recente; le tracce di utilizzazione nella storia sono sporadiche. Negli ultimi anni sono state eseguite diverse ricerche sui sistemi di compressione, mettendo a punto diversi modelli di presse. I tempi di messa in opera è quello di una normale muratura, considerando che spesso è possibile produrre direttamente delle sottomisure del mattone e dunque non è necessario operare manualmente per ottenere pezzi speciali. I blocchi compressi stabilizzati hanno una superficie molto resistente alle intemperie: risulta conveniente quindi lasciarli a vista anche negli esterni; al contrario negli interni, per la loro superficie molto liscia, essi possono dare problemi per l'aderenza della malte e degli intonaci. | | |
| | Periodo di produzione | Tutti i periodi dell'anno. | | |
| **Caratteristiche** | I manufatti realizzati con blocchi compressi sono caratterizzati da elevata inerzia termica per il notevole peso specifico e l'utilizzo di terra non alleggerita, quindi sono particolarmente adatti alla realizzazione di murature portanti esterne nelle zone climatiche ad alta escursione termica. Accumulo e sfasamento orario hanno valori elevati. Questa tecnica consente apprezzabili valori di isolamento acustico e termico. La presenza di macchine, pure se semplici, anche nella produzione artigianale consente la realizzazione dei blocchi anche in assenza di personale specializzato e garantisce una standardizzazione delle procedure operative. La forte compattazione alla quale sono soggetti i blocchi e la loro stabilizzazione, spesso vengono anche vibrati, inibiscono la capacità dell'argilla di assorbire e regolare l'umidità. | | | |

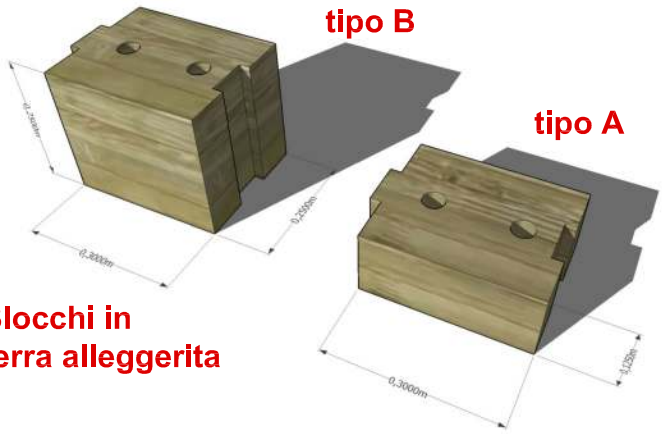
Tabella 9. Blocchi compressi

APPENDICE 3

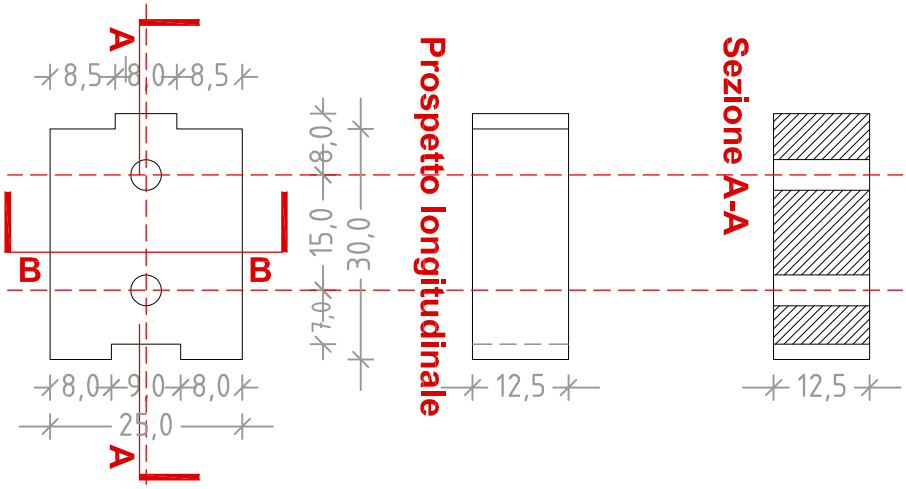
# ELABORATI PROGETTUALI DELL'ELEMENTO TECNICO E DEGLI STRUMENTI PER LA PREPARAZIONE DEL BLOCCO

# BLOCCO TIPO "A"



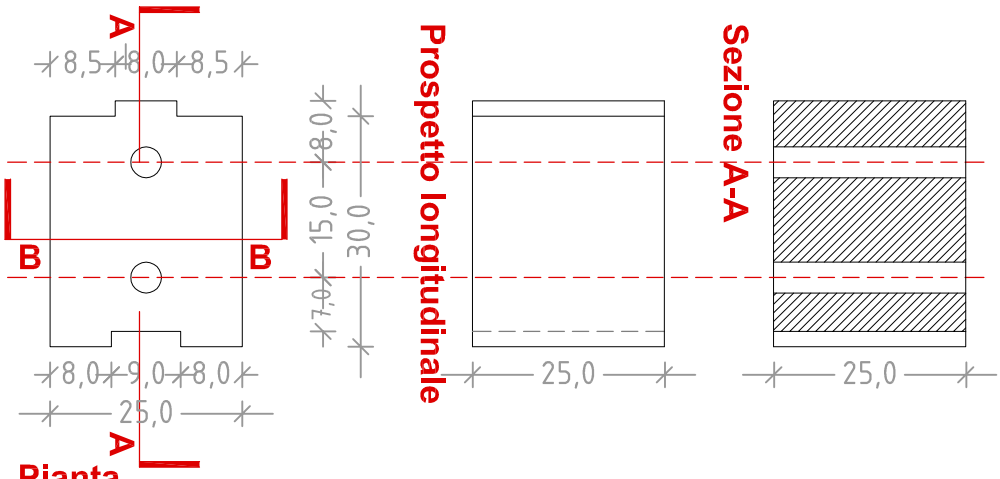



Blocchi in terra alleggerita

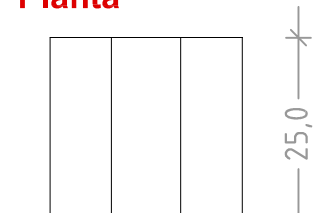


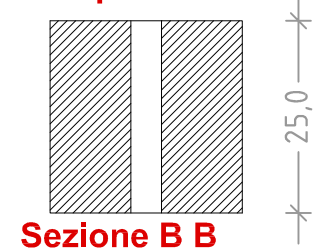

Pianta

# BLOCCO TIPO "B"




Pianta

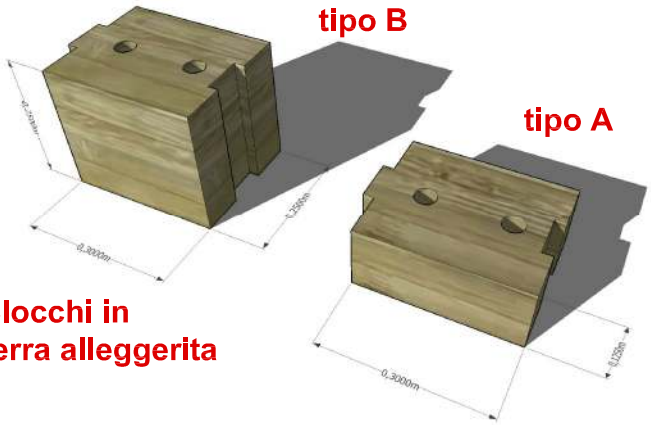


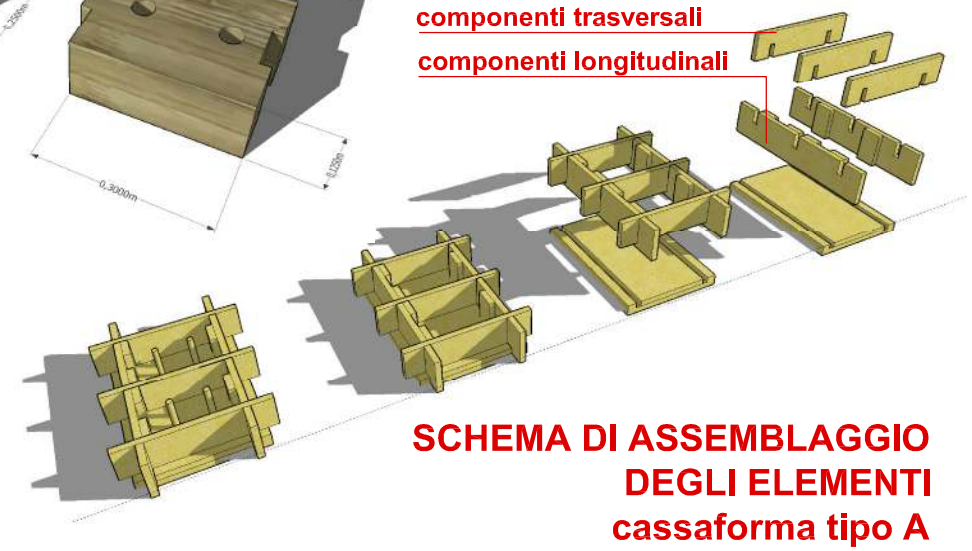

PROGETTO DI UN BLOCCO IN TERRA CRUDA ALLEGGERITA

Scala 1/10

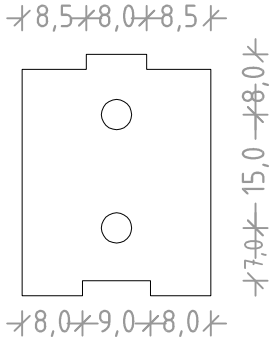
dottorando ing. Gianluca De Francisci
docente guida prof. ing. Umberto Rodonò
XXIV CICLO



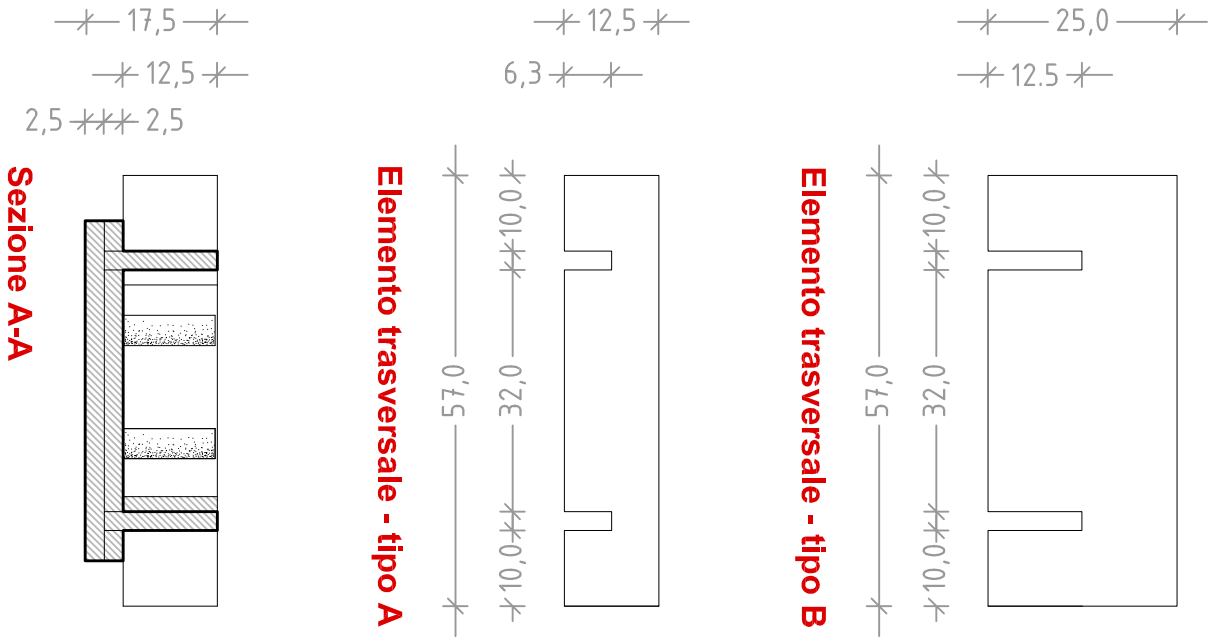

Blocchi in terra alleggerita

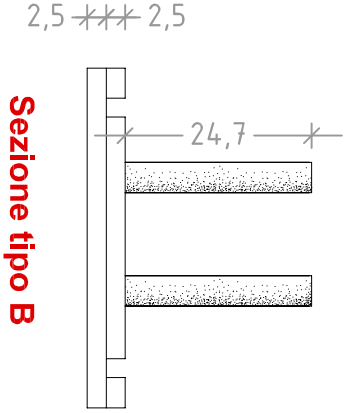



SCHEMA DI ASSEMBLAGGIO DEGLI ELEMENTI
cassaforma tipo A



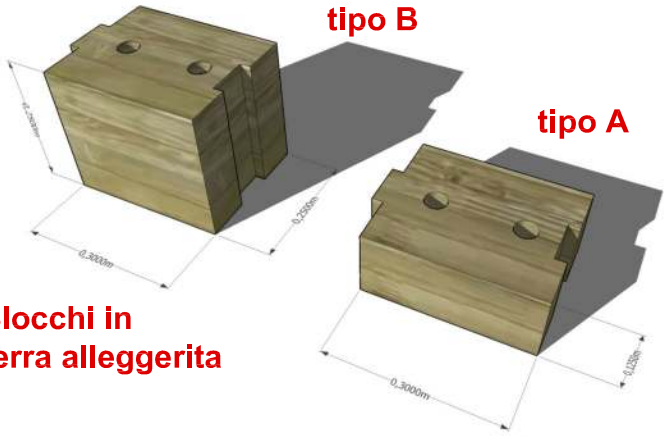

Pianta del blocco tipo A



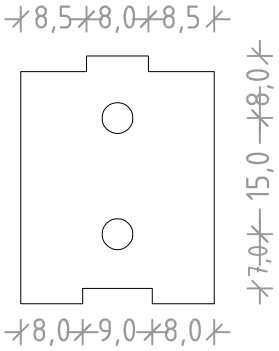




PROGETTO DI UN CASSAFORMA IN LEGNO DI ABETE, CON SUPERFICIE TRATTATA CON RESINA MELAMINICA, PER LA FORMATURA DI BLOCCHI IN TERRA CRUDA ALLEGGERITA DI DIMENSIONE VARIABILE
Scala 1/10

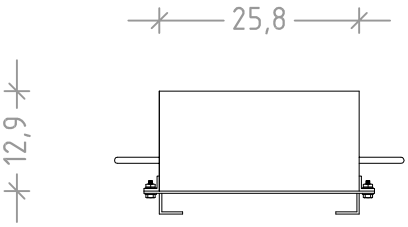
dottorando ing. Gianluca De Francisci
docente guida prof. ing. Umberto Rodonò
XXIV CICLO



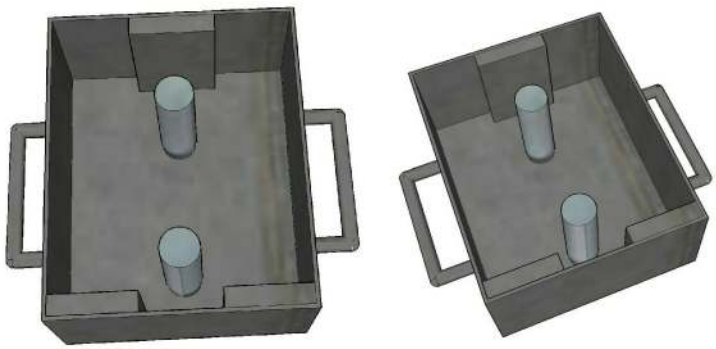

Blocchi in terra alleggerita



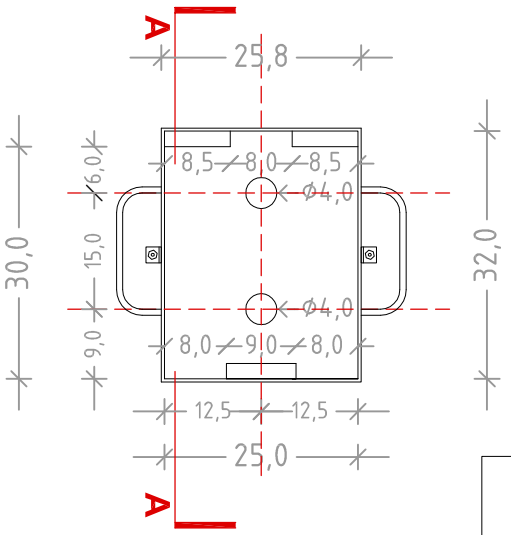

Pianta del blocco tipo A



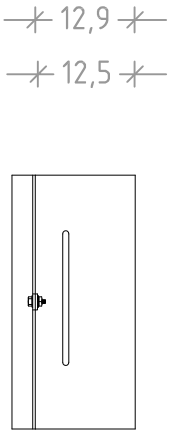

Prospetto trasversale



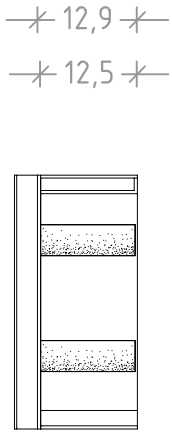
cassaforma per i blocchi di tipo A




Pianta




Prospetto longitudinale




Sezione A-A

PROGETTO DI UN CASSAFORMA IN ACCIAIO,
PER LA FORMATURA DI BLOCCHI IN
TERRA CRUDA ALLEGGERITA
Scala 1/10

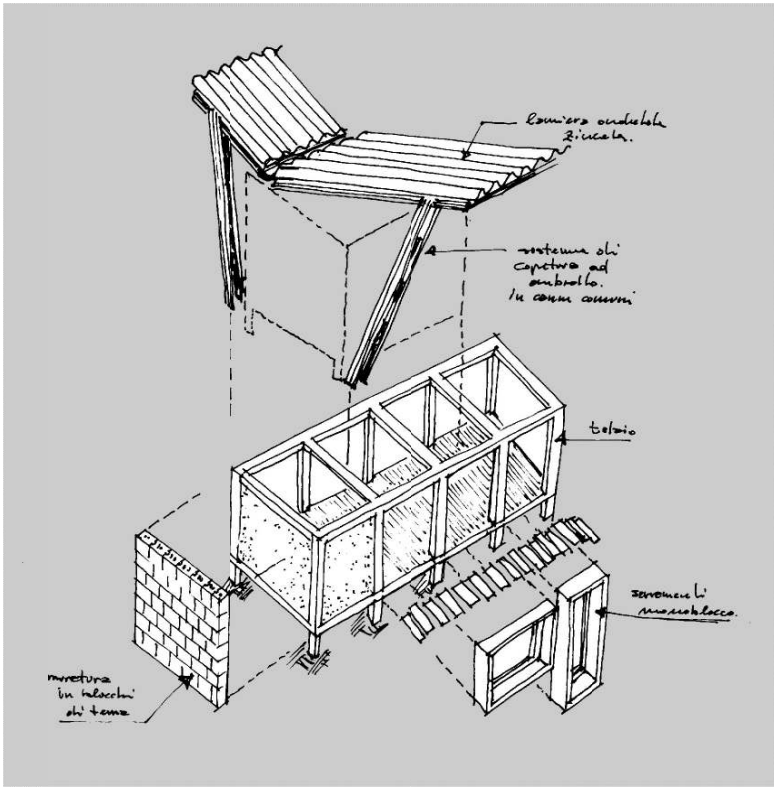
dottorando ing. Gianluca De Francisci
docente guida prof. ing. Umberto Rodonò
XXIV CICLO

APPENDICE 4

# ELABORATI PROGETTUALI DEL MODULO ABITATIVO PER RESIDENZA TRANSITORIA

# PROGETTO DI UN ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA

dottorando_Gianluca De Francisci
docente guida_prof. Umberto Rodonò



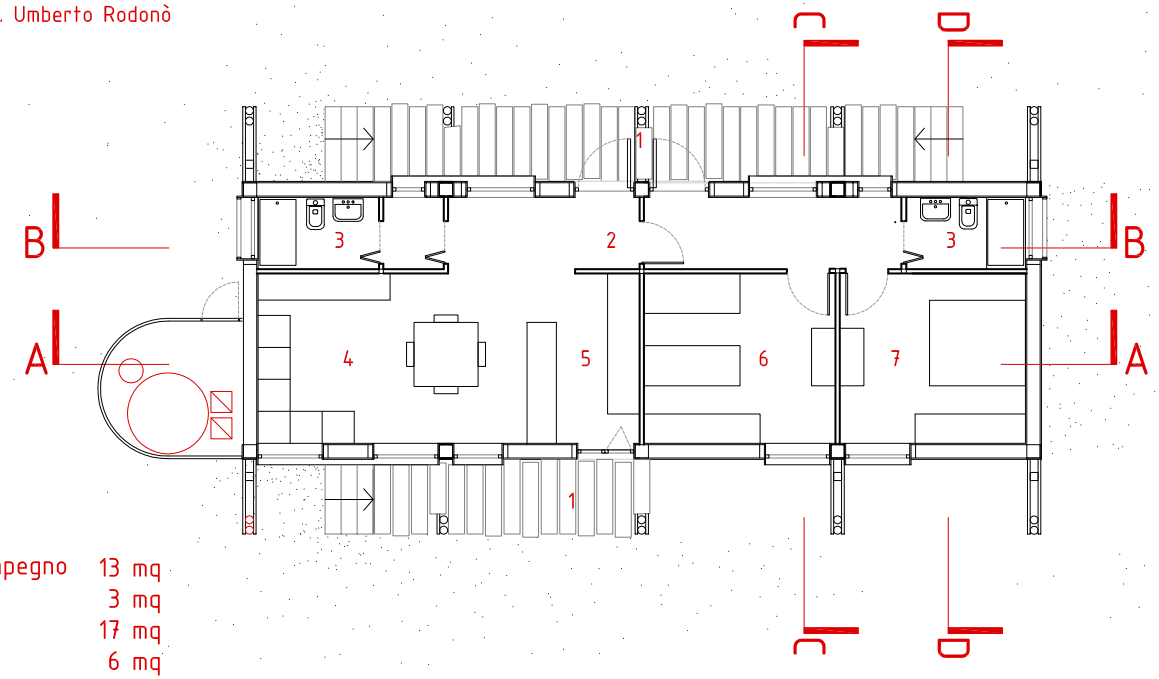

## ELENCO DELLE TAVOLE

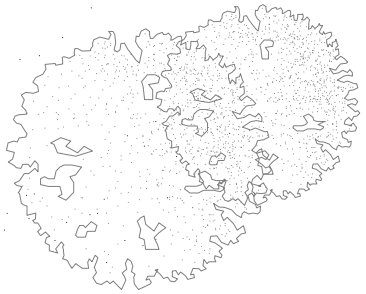
| | | |
|---|---|---|
| 1 | piante | 1 100 |
| 2 | prospetti | 1 100 |
| 3 | sezioni | 1 100 |
| 4 | pianta | 1 50 |
| 5 | sezione orizzontale di dettaglio | 1 10 |
| 6 | sezioni verticali di dettaglio | 1 25 |
| 7 | nodi di dettaglio | 1 5 |
| 8 | schemi aggregativi | |

# PROGETTO DI UN ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA

dottorando_Gianluca De Francisci
docente guida_prof. Umberto Rodonò





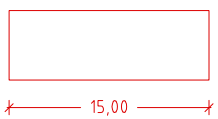



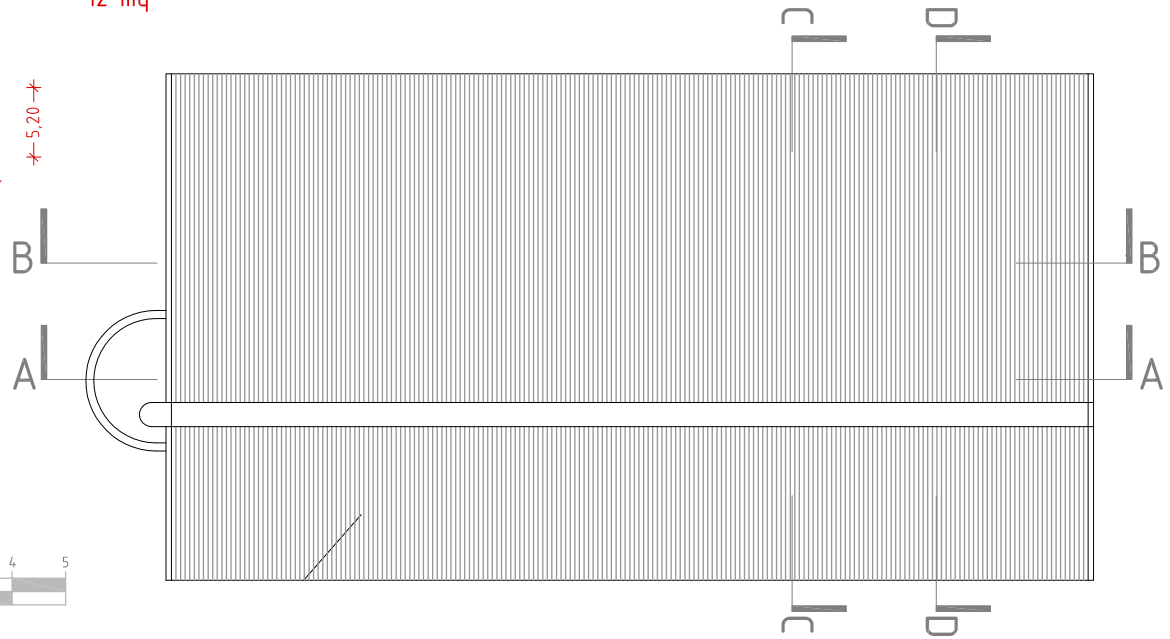
pianta

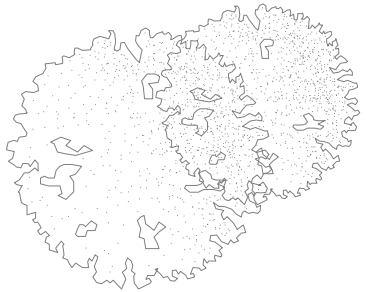
legenda

| | | |
|---|---|---|
| 1. | veranda | |
| 2. | ingresso/disimpegno | 13 mq |
| 3. | bagno | 3 mq |
| 4. | soggiorno | 17 mq |
| 5. | cucina | 6 mq |
| 6. | letto | 12 mq |
| 7. | letto | 12 mq |

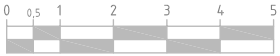
ingombro edificio

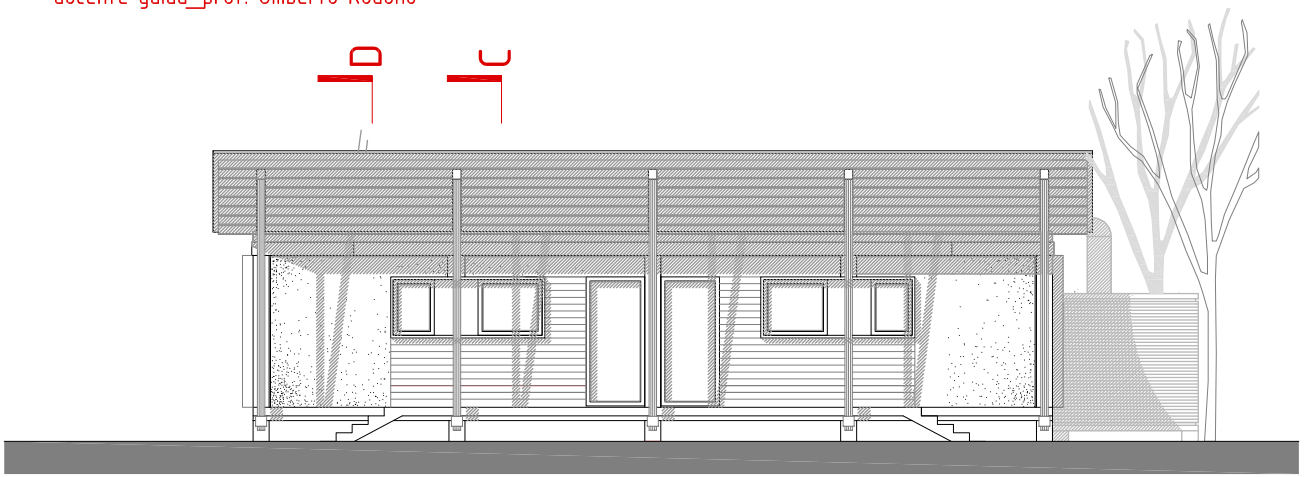


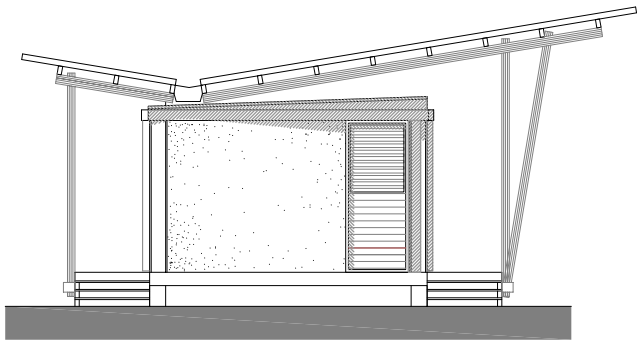



pianta delle coperture

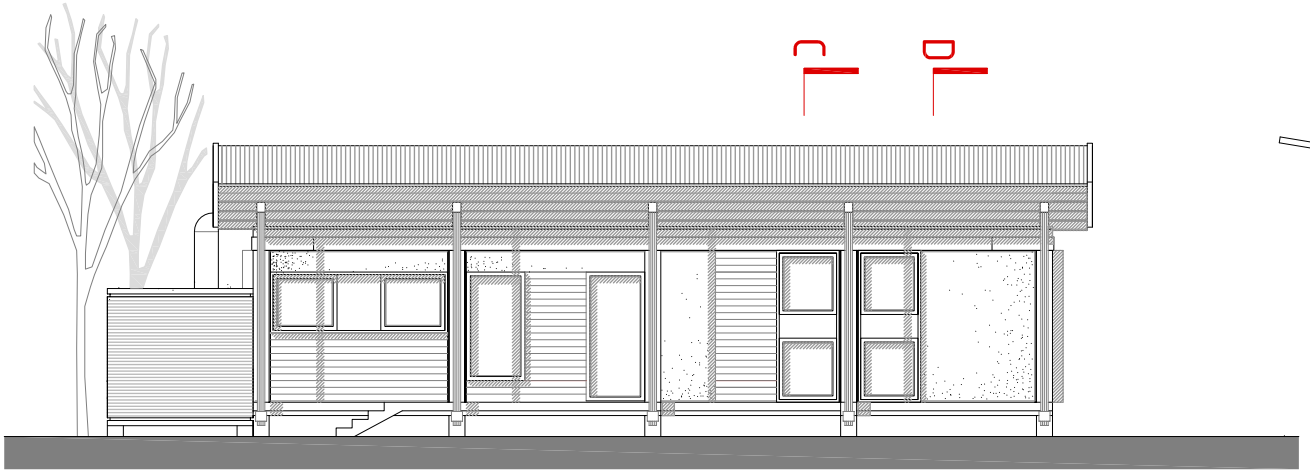




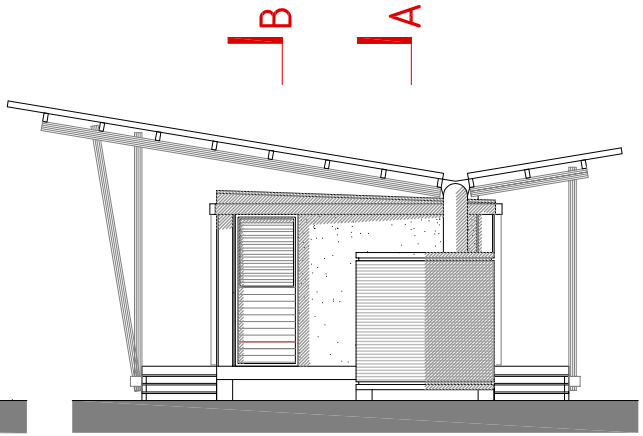

prospetto nord



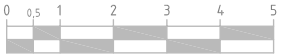

prospetto est




prospetto sud



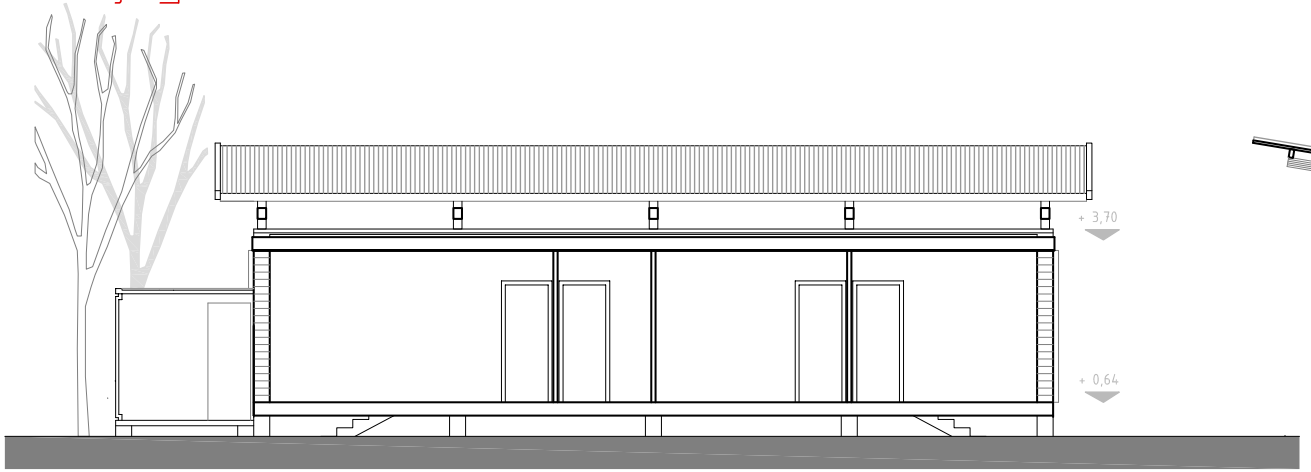

prospetto ovest



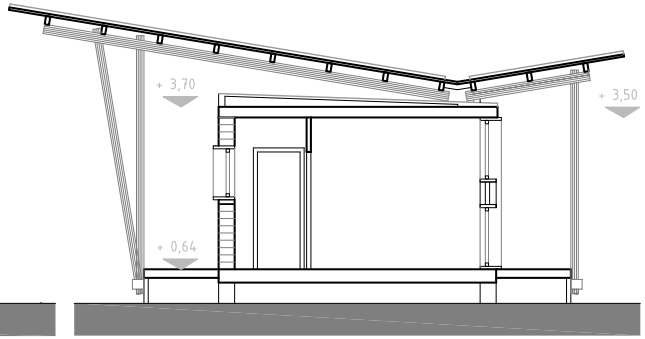
PROGETTO DI UN ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA

dottorando_Gianluca De Francisci
docente guida_prof. Umberto Rodonò

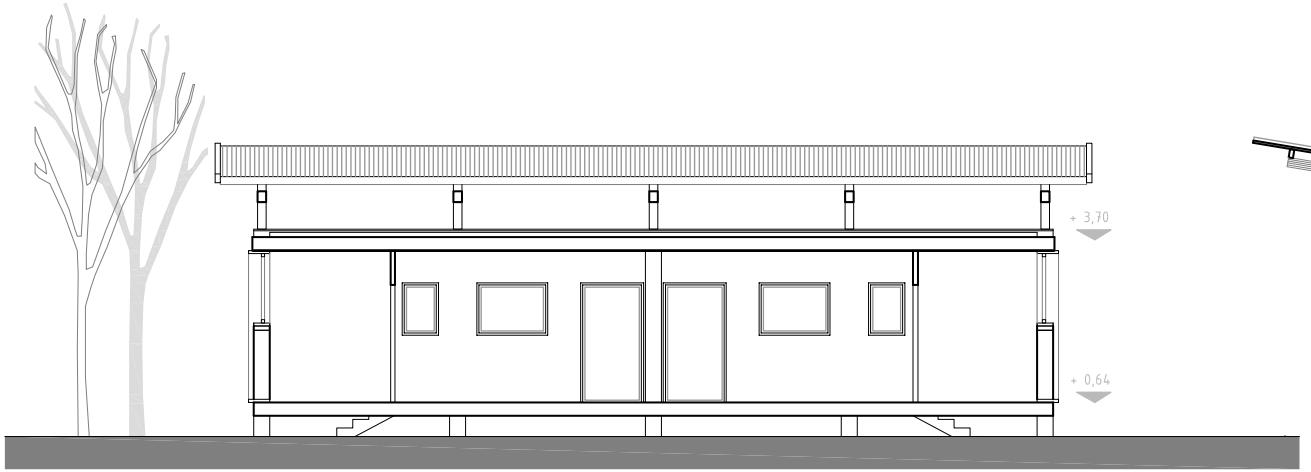
03
sezioni
scala 1/100



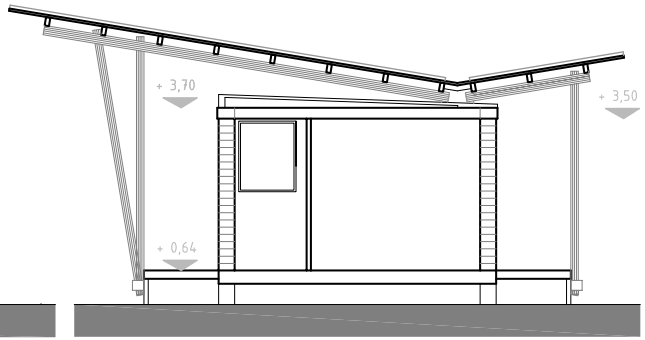

sezione A-A



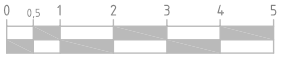

sezione C-C




sezione B-B



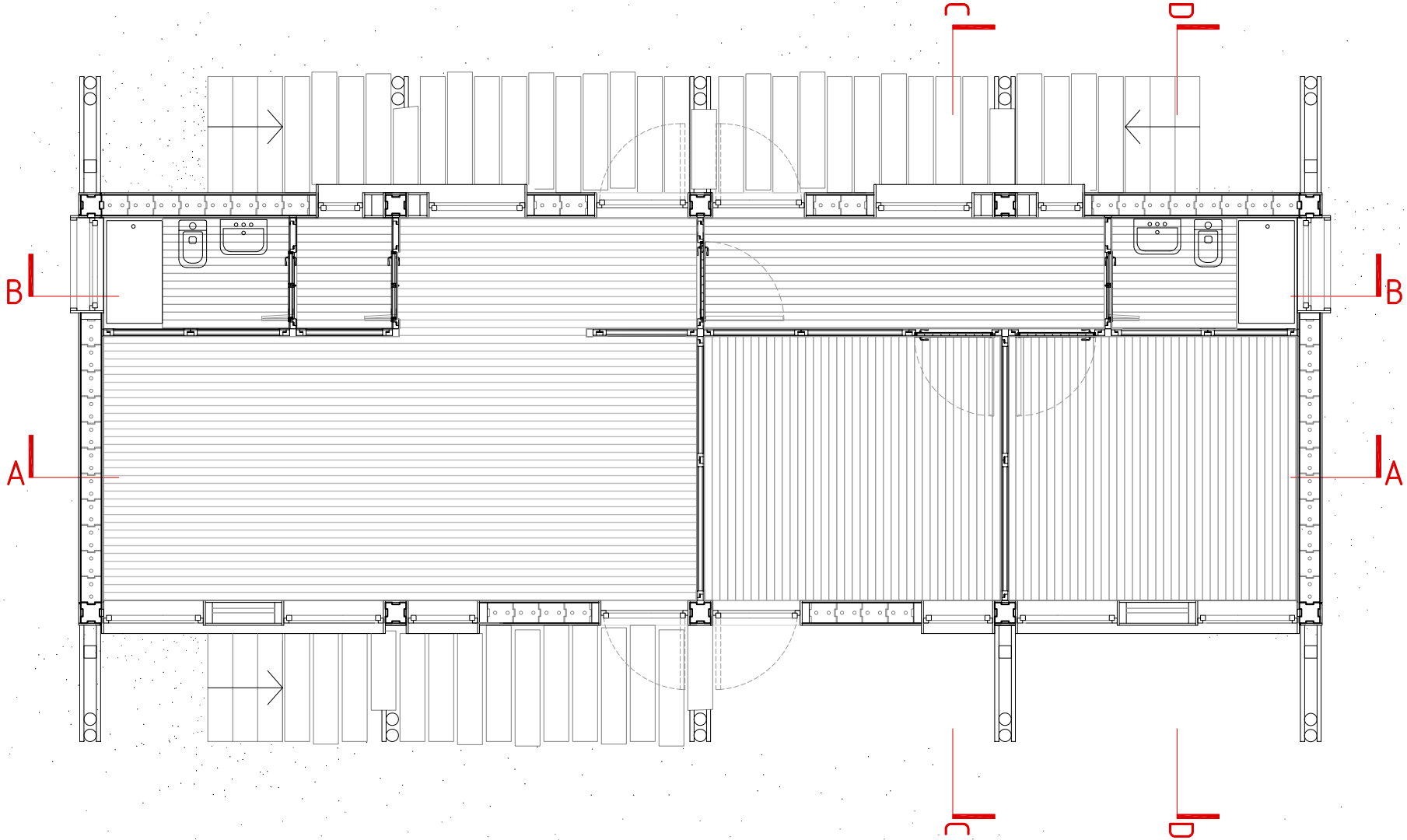

sezione D-D



PROGETTO DI UN ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA

dottorando_Gianluca De Francisci
docente guida_prof. Umberto Rodonò

04
pianta
scala 1/50

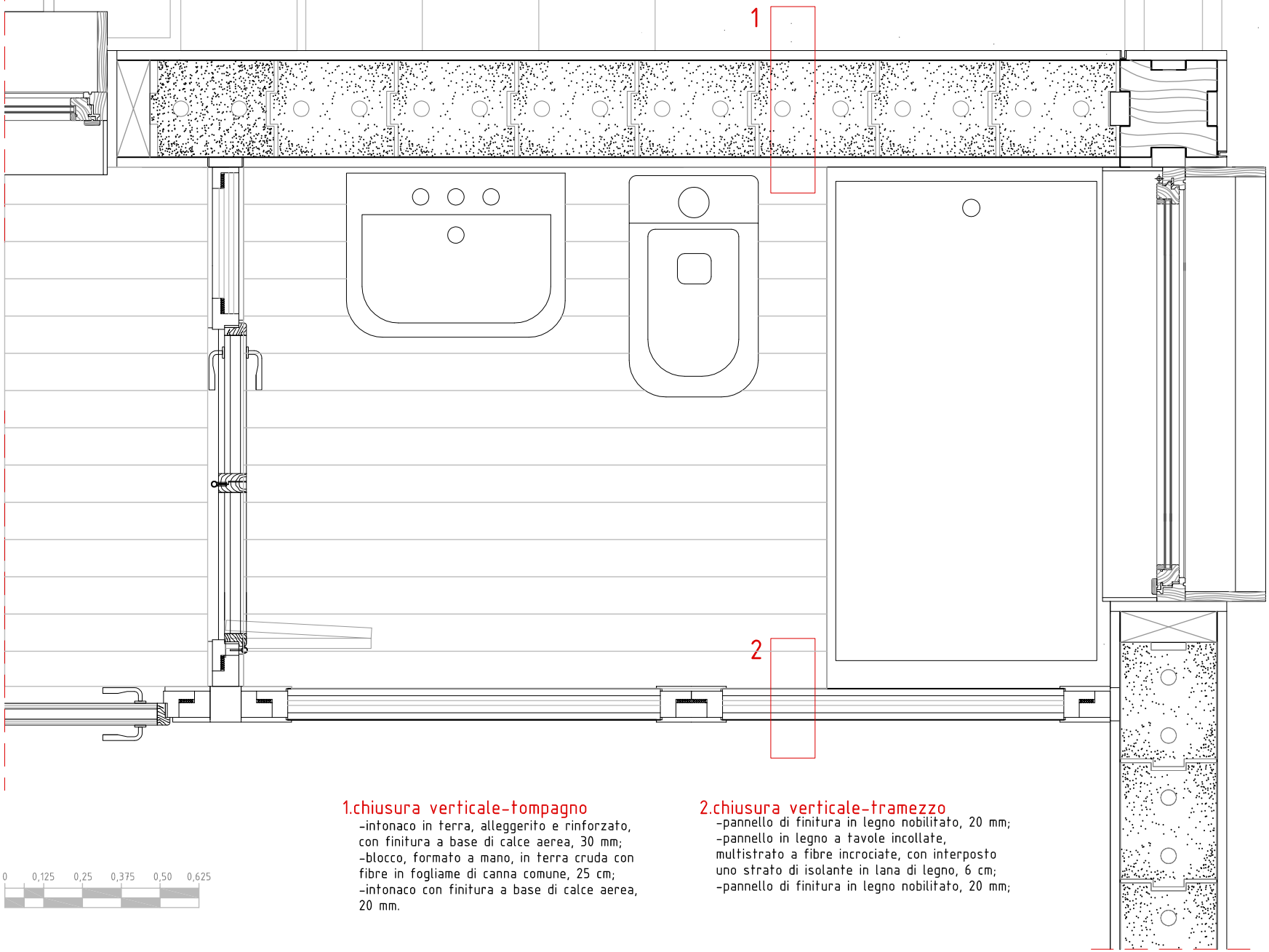


pianta

# PROGETTO DI UN ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA

dottorando_Gianluca De Francisci
docente guida_prof. Umberto Rodonò

05
sezione orizzontale
di dettaglio
scala 1/10




0 0,125 0,25 0,375 0,50 0,625

**1.chiusura verticale-tompagno**
-intonaco in terra, alleggerito e rinforzato, con finitura a base di calce aerea, 30 mm;
-blocco, formato a mano, in terra cruda con fibre in fogliame di canna comune, 25 cm;
-intonaco con finitura a base di calce aerea, 20 mm.

**2.chiusura verticale-tramezzo**
-pannello di finitura in legno nobilitato, 20 mm;
-pannello in legno a tavole incollate, multistrato a fibre incrociate, con interposto uno strato di isolante in lana di legno, 6 cm;
-pannello di finitura in legno nobilitato, 20 mm;

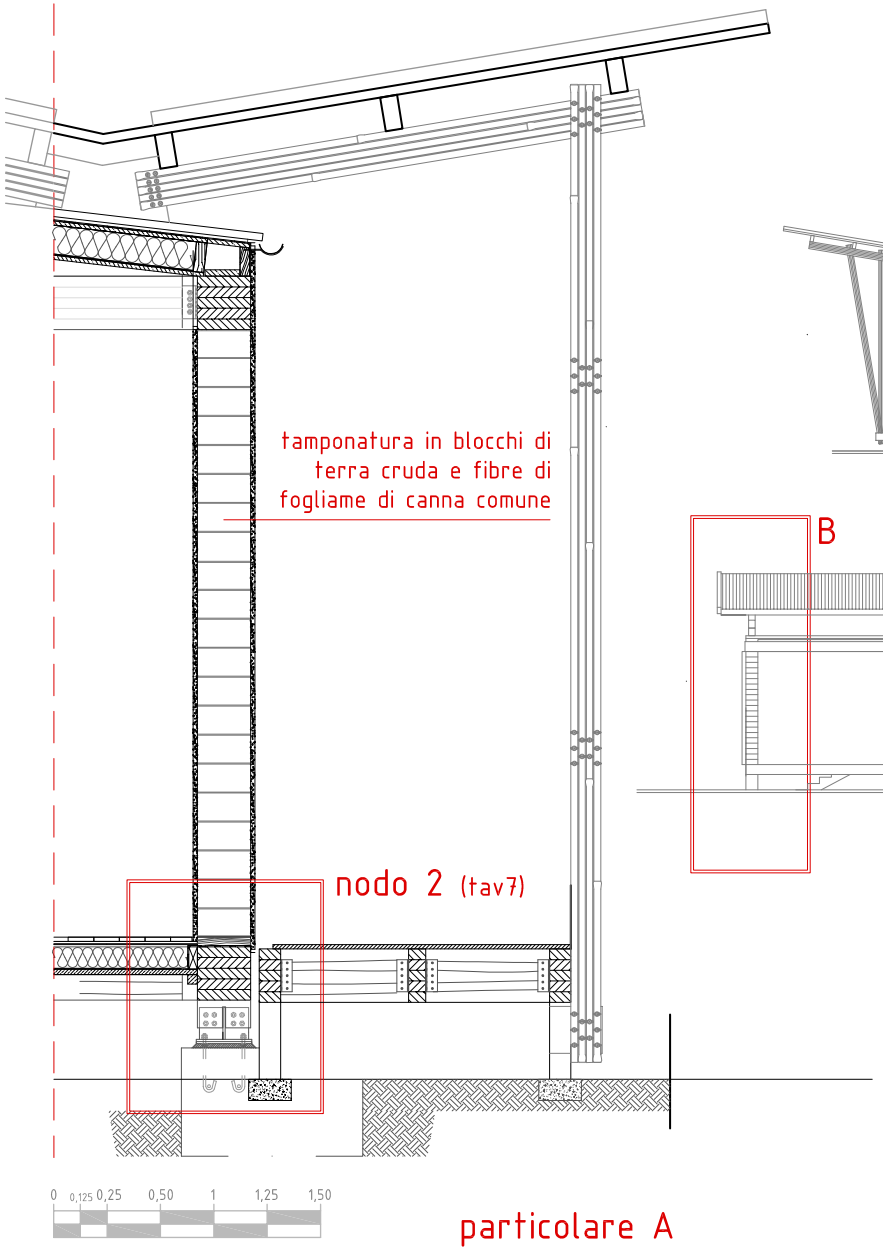
MATERIALI E INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER L'INGEGNERIA E L'ARCHITETTURA

XXIV

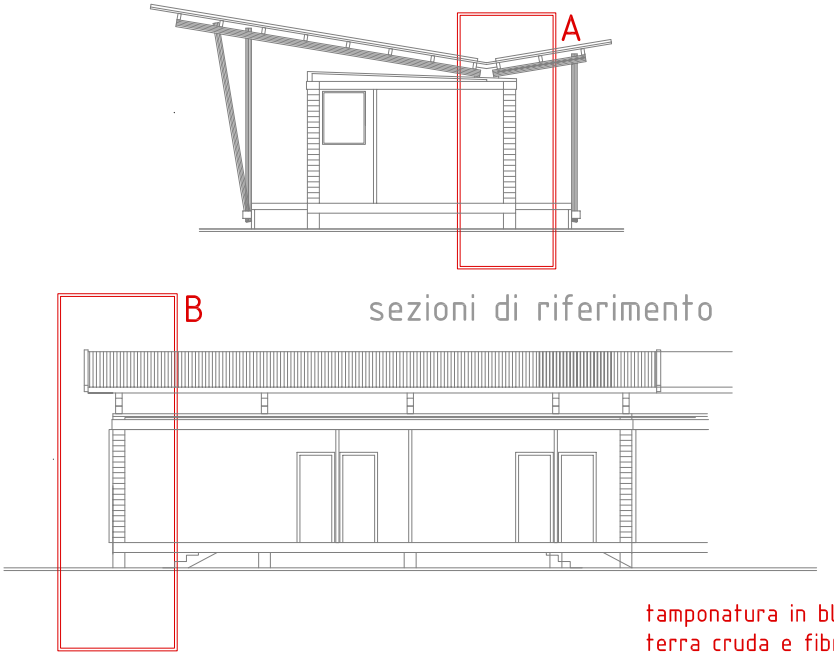
# PROGETTO DI UN ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA

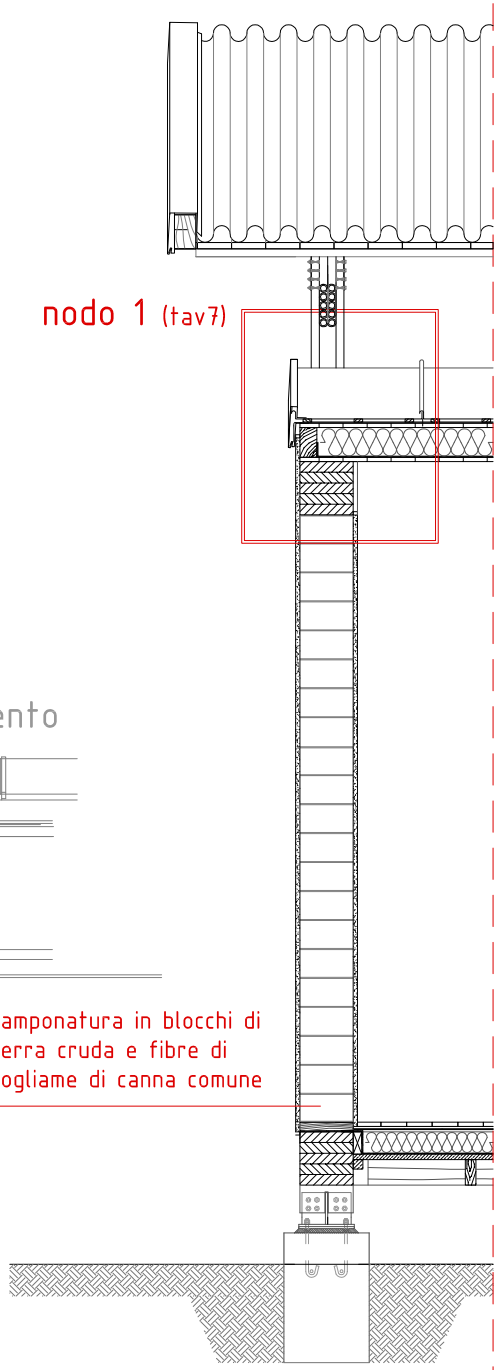
dottorando_Gianluca De Francisci
docente guida_prof. Umberto Rodonò

06
sezioni verticali
di dettaglio
scala 1/25




particolare A



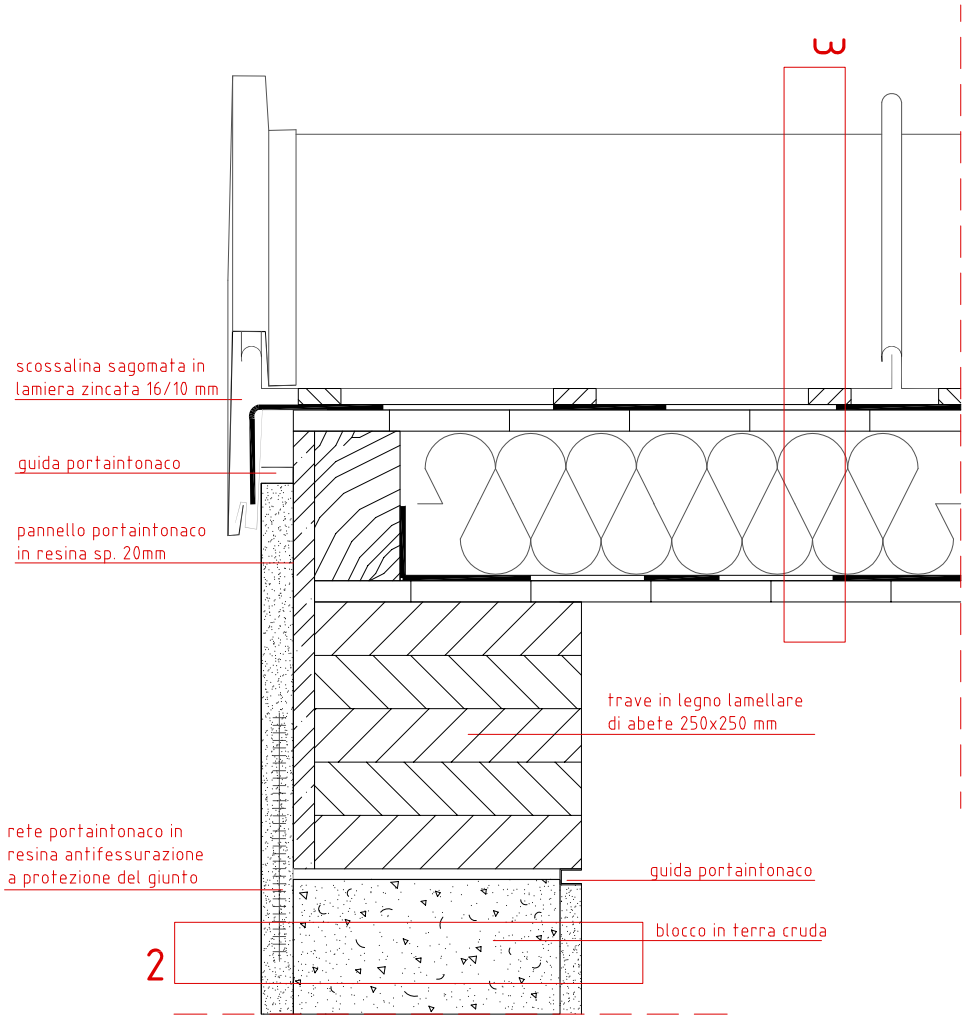




particolare B

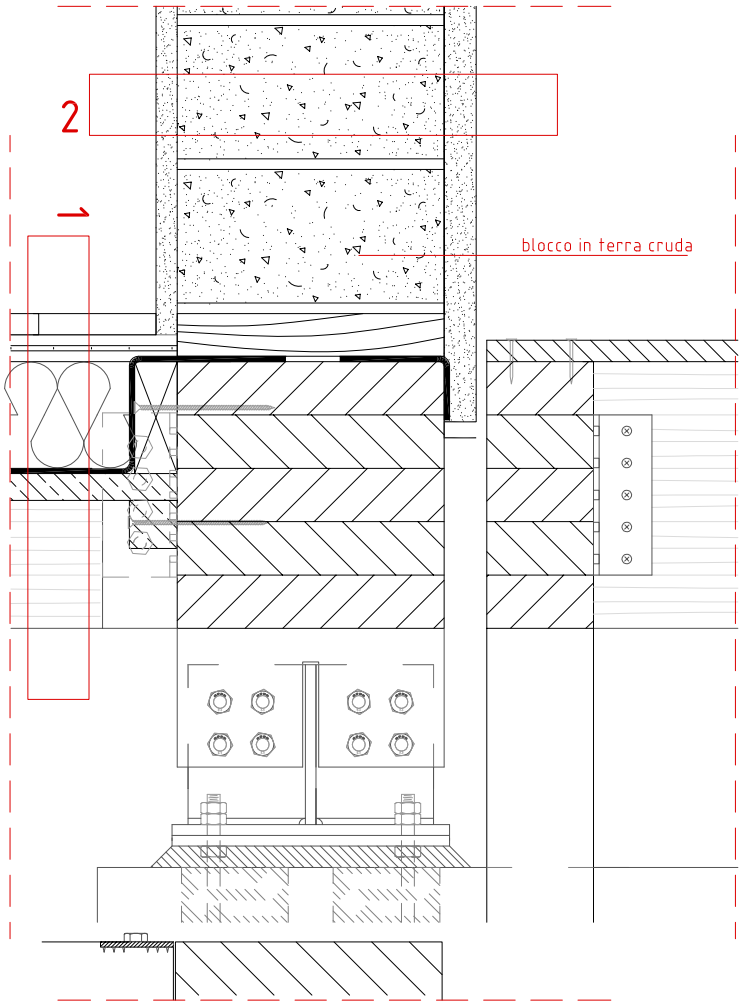
# PROGETTO DI UN ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA

dottorando_Gianluca De Francisci
docente guida_prof. Umberto Rodonò

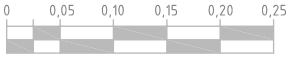





nodo 1




nodo 2




## 1.chiusura orizzontale di base

-assito in legno di abete, 20mm;
-adesivo flessibile;
-isolante termico in fibra di legno, 100 mm, tra travi in legno lamellare di abete 100x250mm;
-guaina impermeabilizzante;
-assito in legno di abete, 25 mm

## 2.chiusura verticale-tompagnatura

-intonaco in terra, alleggerito e rinforzato, con finitura a base di calce aerea, 30 mm;
-blocco, formato a mano, in terra cruda con fibre in fogliame di canna comune, 25 cm;
-intonaco con finitura a base di calce aerea, 20 mm.

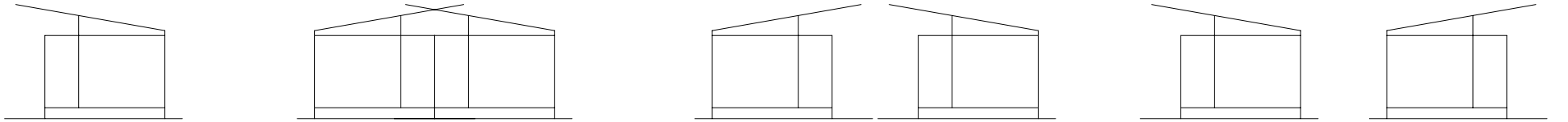
## 3.chiusura orizzontale di copertura

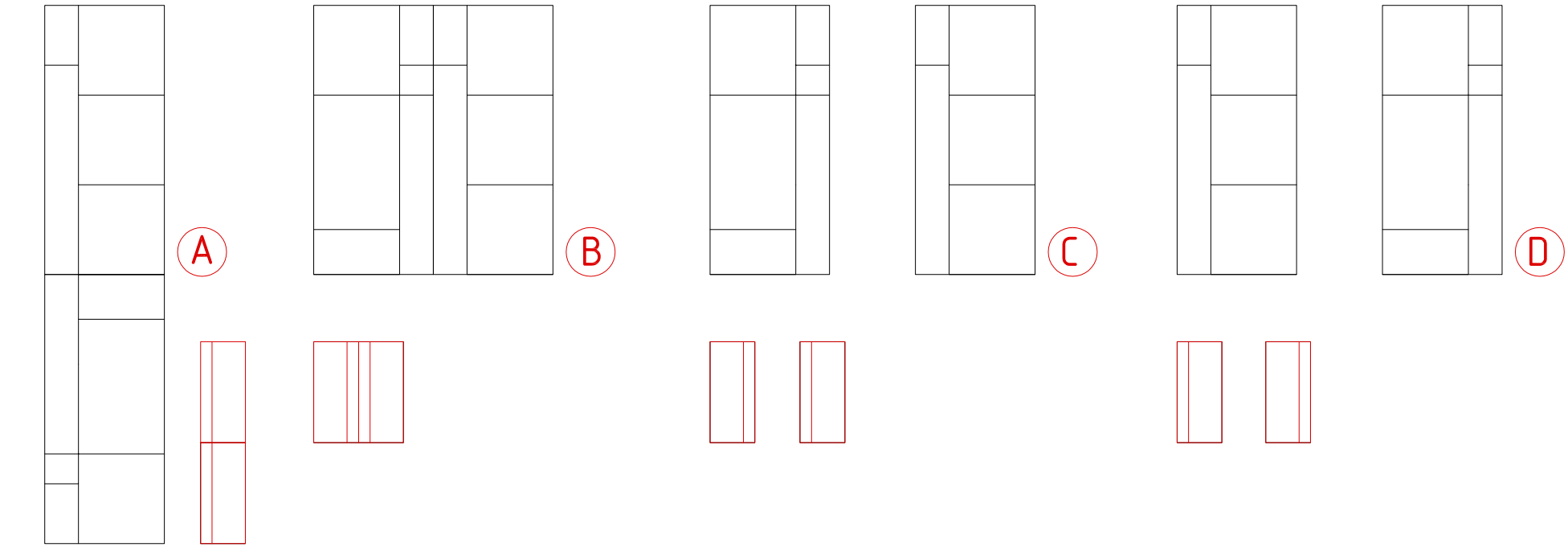
-assito in legno di abete, 20mm;
-barriera al vapore;
-isolante termico in fibra di legno, 100 mm, tra travi in legno di abete 140x50 mm;
-assito in legno di abete, 20 mm;
-guaina impermeabilizzante;
-listelli in legno di abete, 15x40 mm
-lastre in lamiera zincata, 6/10 mm

# PROGETTO DI UN ALLOGGIO PER RESIDENZA TRANSITORIA (schemi aggregativi)

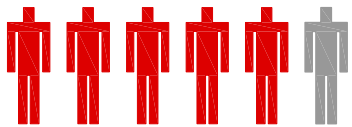
dottorando_Gianluca De Francisci
docente guida_prof. Umberto Rodonò








A: aggregazione lineare
B: aggregazione binata
C: aggregazione a patio
D: aggregazione isolata



# GLOSSARIO

## ATTRIBUTO DI PRESTAZIONE

Sintetizza la risposta a un requisito in senso assoluto, come viene soddisfatto un requisito. (Mandolesi E. Edilizia, il processo edilizio vol. I,Torino, 1978), (Rodonò U. Appunti dalle lezioni di Ergotecnica, Catania 2011)

## AZOLO

È un aggregato, usato nella zona Etnea, ricavato per frantumazione del materiale vetroso che si trova sulla superficie di una colata lavica, ("sciara") generatasi per il rapido raffreddamento e la rapida perdita dei gas magmatici durante l'avanzamento della flusso. Si tratta di un materiale poroso (1900 kg/m3) che, frantumato, dà origine a una sabbia grigionera, con varianti di colore rossastro, aspra e a spigoli vivi. Originariamente l'azolo era estratto da cave dove si presentava in forma sciolta e incoerente, con pezzatura compresa tra 0.2 e 2 mm. Dal punto di vista chimico-fisico, l'azolo è un composto molto stabile, difficilmente attaccabile dagli acidi forti e dalle basi; è chimicamente inerte nei confronti del grassello di calce. La sua funzione principale è quella di contrastare il ritiro della calce durante la maturazione. (…)Si osserva anche che le malte con aggregato lavico (azolo), a spigoli vivi, presentano generalmente resistenze maggiori rispetto a quelle con aggregato calcareo, a spigoli arrotondati. (Liberatore D., Gambarotta L., Beolchini G.C., Binda L., Magenes G., Cocina S., Lo Giudice E., Scuderi S., Tipologie edilizie in muratura del Comune di Catania)

## BAUGE, *( massone )*

Tecnica di confezionamento di un impasto piuttosto duro di terra e paglia.

(Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

## ADOBE, *(adobe, brique cru, toub, lehmsteine, sun dried brick, madar, ladiri)*

L'adobe è una tecnica che prevede la realizzazione di mattoni di terra cruda formati a mano con o senza stampo, senza compressione e lasciati seccare naturalmente, senza cottura. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

## ARGILLA (Clay, argilles, Arcilla, Ton)

Rispetto alla costruzione in terra cruda, l'argilla è la parte contenuta nel terreno che svolge la funzione legante tra le diverse particelle. Generalmente si considerano come argille tutte le particelle contenute nel terreno di diametro inferiore a 0,002 mm. La composizione chimica di queste particelle è molto variabile, e in base al contenuto, muta il colore e il comportamento all'acqua dell'argilla. La quantità e la qualità dell'argilla contenuta nella terra determinano la sua capacità collante e la sensibilità all'umidità ovvero la predisposizione a rigonfiamenti e forti ritiri. La definizione delle argille è molto complessa. Nei testi tecnici sulla costruzione in terra cruda l'argilla viene indicata e analizzata come una particella componente, all'interno della curva granulometrica che comprende sassi (200-20 mm), ghiaia (20-2 mm), sabbia grossa (2-0,2 mm), sabbia fine (0,2-0,02), limo (0,02-0,002) e argilla (< 0,002), indicando con argilla la parte più fine (le misure di riferimento sono tratte dal trattato di *CRATerre* (pag. 65) e fanno riferimento alla taglia dei grani passanti attraverso i setacci europei a maglia quadrata). Più in generale, la definizione di argilla è "roccia sedimentaria, poco coerente, plastica, di aspetto terroso che a volte costituisce enormi ammassi, inglobanti rocce di altra origine. La determinazione dell'origine delle argille e molto difficile in quanto sono prodotte quasi sempre dall'alterazione di silicati alluminosi, misti con detriti finissimi. I minerali presenti nelle argille, detti anche minerali argillosi o sialliti, sono il serpentino, la montmormillonite, l'illite, la vermiculite, l'holloysite, l'allofane, la caolinite; i depositi ricchi dì caolinite e poveri di ossido di ferro sono sfruttati per l'industria delle porcellane. Sono presenti però anche quarzo, miche, feldspati, carbonati (argille calcarifere o marne), ferro (argille ferrifere). Il rapporto tra la parte realmente argillosa di un'argilla e la parte sabbiosa (scheletro sabbioso costituito da quarzo, miche, carbonati, ecc.) determina la grassezza di un'argilla, che risulta tanto più grassa quanto più è alto questo rapporto, e più magra quanto più è basso. In generale poi quanto più un'argilla è grassa tanto più è plastica. Le argille più ricche di minerali argillosi e più povere di ferro e di metalli alcalino-terrosi sono dette argille refrattarie perché sono in grado di sopportare elevate temperature. Le argille sono molto diffuse sulla superficie terrestre in quanto costituiscono la maggior parte dei terreni

agricoli; nei fondali marini, tra i 4000 e i 6000 metri di profondità, esistono enormi ed estesi depositi di argilla, ricchi di ossido ferrico e poveri di calcio (argille rosse), nei quali sono inglobati resti ossei di organismi marini, polveri e ceneri vulcaniche. Il colore delle argille varia secondo le impurità in esse contenute e può essere bruno, giallastro, rossiccio, grigio, nero, azzurro, verdastro. Gli usi sono vari e molteplici: dalla fabbricazione di laterizi, alla fabbricazione di coloranti, cosmetici, ecc; le argille sono utilizzate nell'industria farmaceutica, metallurgica, vetraria, olearia, cartaria; servono come impermeabilizzanti del terreno, come fanghi nelle perforazioni petrolifere e come materia prima nell'industria della ceramica. (Definizione tratta dall'Enciclopedia scientifica e tecnica Garzanti, Milano, 1998).

**BARBOTTINA**

Terra molto argillosa diluita in acqua fino a diventare liquida. Viene utilizzata come aggrappante per preparare superfici in legno o muratura prima di intonaci o applicazioni in terra, o come legante per la realizzazione di impasti in terra alleggerita. In tal caso la consistenza prevede che un decilitro di liquido versato su una superficie liscia disegni un cerchio di diametro variabile tra i 15 e i 25 cm circa. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

**BARRO, *( spagnolo )***

Fango. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

**BAUGE, *( massone )***

Tecnica di confezionamento di un impasto piuttosto duro di terra e paglia, modellato a mano senza l'ausilio di casseri e impilato per realizzare la muratura. (Houben H., Guillard H., CRA Terre-EAG, Traitè de construction en terre, Marsiglia 2006, Narici. B. Tecniche di costruzione in Terra Cruda, in Costruzione e uso della terra, Rimini, 2001)

**BETON DE TERRE, *( francese )***

Cemento di terra, altro termine meno usato per descrivere la tecnica della terra battuta. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

**BLATHON, *( tedesco )***

Cemento di terra, altro termine meno usato per descrivere la tecnica della terra battuta. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### BLOCCHI COLATI

Elementi costruttivi in terra cruda realizzati con un impasto di terra liquida, colato in forme e lasciato essiccare al sole. Si tratta normalmente di blocchi portanti. È l'evoluzione industriale della fabbricazione dell'adobe manuale, particolarmente diffusa nel Sud-Ovest Americano e in Australia. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### BLOCCHI COMPRESSI, *(BTS,Lehmsteine, massivlemsteine)*

I blocchi compressi derivano da un sistema di produzione industriale che prevede l'introduzione di terra leggermente umida in presse aventi forme di dimensioni ridotte. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### BLOCCHI ESTRUSI O TRAFILATI, *(mattoni industriali non cotti, Grünlingen)*

I blocchi estrusi sono mattoni non cotti, di dimensioni variabili, prodotti industrialmente per estrusione, tagliati ed essiccati senza cottura. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### BLOCCHI STABILIZZATI

Vengono spesso così definiti i *Blocchi compressi* (vedi) realizzati con un impasto di terra umida mescolato ad additivi per migliorarne o stabilizzarne le prestazioni, nel caso in cui la terra disponibile sia scarsamente argillosa. La stabilizzazione più diffusa è costituita dall'aggiunta del 5% di cemento circa, in base al tipo di terreno. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### BTS (blocs de terre comprimée) (francese)

Blocchi compressi. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### BIS (blocs de terre stabilisée) (francese)

Blocchi stabilizzati. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### CAPACITÀ DI PRESTAZIONE

Indica in che modo l'oggetto possa soddisfare un requisito. (Mandolesi E. Edilizia, il processo edilizio vol. I,Torino, 1978), (Rodonò U. Appunti dalle lezioni di Ergotecnica, Catania, 2011)

### CARATTERISTICA DI PRESTAZIONE

Rappresenta intermini effettivi in quale misura viene soddisfatto un requisito. (Mandolesi E. Edilizia, il processo edilizio vol. I,Torino, 1978), (Rodonò U. Appunti dalle lezioni di Ergotecnica, Catania, 2011)

### COLOMBAGE (FRANCESE)

Edificio a struttura portante in legno (spesso con tamponamenti in mattoni crudi o terra e paglia di rivestimento, torchis o adobe). (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### DAUB (INGLESE)

Impasto di terra e paglia. Normalmente si definisce *wattle and daube* il sistema costruttivo con terra e paglia di rivestimento di una struttura portante tradizionale in legno. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### DESTINAZIONE EDILIZIA

Funzione globale o generale di un organismo edilizio derivante dal sistema di attività prevalente in esso (norma UNI10838)

### EDIFICIO

Sovrasistema dei sistemi ambientale tecnologico, cioè insieme strutturato di unità ambientali (o sistemi spaziali, di unità tecnologiche o di elementi tecnici) corrispondenti (norma UNI7867 poi sostituita da UNI10838)

### ELEMENTO TECNICO

Prodotto edilizio più o meno complesso capace di svolgere completamente o parzialmente funzioni proprie di una o più unità tecnologiche e che si configura come componente caratterizzante di un sub sistema tecnologico. ( norma UNI 8290-1)

### ESIGENZA

Ciò che di necessità si richiede per il corretto svolgimento di un'attività dell'utente o di una funzione tecnologica (norma UNI7867)

### FACHWERK (TEDESCO)

Struttura portante in legno (spesso con tamponamenti in mattoni crudi o terra e paglia di rivestimento, *Strohlehm* o *Lehmziegel*). (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### FACHWERKHAUS (TEDESCO)

Edificio a struttura portante in legno (spesso con tamponamenti in mattoni crudi o terra e paglia di rivestimento, *Strohlehm* o *Lehmziegel*). (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### FUNZIONE TECNOLOGICA

Funzione di un elemento tecnico il cui svolgimento è necessario per ottenere una prestazione. (norma UNI 10838)

### INVOLUCRO EDILIZIO

È l'insieme delle strutture edilizie esterne che delimitano un edificio. (M. Dall'Ò, G. Gamberale M., Silvestrini G., Manuale di certificazione energetica degli edifici, Milano, 2010)

### INVOLUCRO ESTERNO

L'involucro esterno, può essere definito come il luogo della mediazione ambientale, nel quale dovrebbero trovare soluzione i rapporti tra le esigenze dell'abitare e le condizioni esterne cioè quelle del sito geografico (nell'accezione più generale di territorio antropizzato e non); l'involucro cioè da una parte deputato a proteggere l'uomo dall'ambiente e dall'altra deve quale sistema aperto, integrarsi con esso. (Rodonò U, L'involucro esterno, Documenti 8, DAU, Catania, 1990)

### INTONACO DI TERRA

Intonaco realizzato con un impasto a base di terra,che utilizza l'argilla contenuta come legante. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### LEHM (REDESCO)

Terra per costruire. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### LEHMSTEIN (TEDESCO)

Mattone crudo industriale realizzato con impianti meccanici che riproducono la fattura manuale, è adatto anche ad uso portante. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### LEICHTLEHM (TEDESCO)

Terra alleggerita. Il termine tradizionale si riferiva alla terra alleggerita con paglia. Attualmente, essendo ampliata la gamma degli impasti alleggeriti, si preferisce preporre il termine del materiale con cui la terra è alleggerita (ad es. *Holzleichtlehm*, terra alleggerita con legno). (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### LIMO

Roccia sedimentaria classica incoerente composta da granuli compresi fra 63 e 2 micron. Poiché con i setacci non è possibile separare il limo dalle argille, essendo entrambi molto fini, viene eseguita una prova di

sedimentazione. I limi precipitano più velocemente delle argille. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### MASSONE, (italiano, termine tradizionale abruzzese e Marchigiano)

Sistema costruttivo che prevede l'elevazione di pareti portanti in terra e paglia plastica lavorata in masse gettate e compattate direttamente a formare lo spessore del muro voluto, senza l'ausilio di casseforme. Tecnica diffusa in Yemen, Inghilterra (Devon), Germania, Belgio (Hainaut), Francia (Bretagna e Normandia), Italia (Marche e Abruzzo). Corrisponde al francese *masse* o *bauge*, al tedesco *Wellerbau*, all'inglese *Cob*. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### ORGANISMO EDILIZIO

Insieme strutturato di elementi spaziali e di elementi tecnici, interni ed esterni, pertinenti all'edificio, caratterizzati dalle loro funzioni e dalle loro relazioni reciproche. ( norma UNI 10838)

### PREFABBRICAZIONE

Fase caratteristica dei processi industriali che trasforma i materiali da costruzione e/o i semilavorati e/o gli elementi semplici in elementi tecnici in coerenza con la progettazione tecnologica di questi. (norma UNI 10723)

### PISÉ (FRANCESE)

Terra battuta. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### RAMMED EARTH (INGLESE)

Terra battuta. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### PRESTAZIONE

È l'effettiva risposta che un oggetto fornisce rispetto ad un'esigenza espressa (definizione UNI7867-1)

### PRESTAZIONE EDILIZIA

Comportamento reale dell'organismo edilizio e/o delle sue parti nelle effettive condizioni d'uso e di sollecitazione. Le prestazioni edilizie vengono normalmente classificate in: a) prestazioni ambientali; b) prestazioni tecnologiche. ( norma UNI 10838)

### PROCESSO

Insieme di attività correlate o interagenti che trasformano elementi in entrata in elementi in uscita. Gli elementi in entrata in un processo

provengono generalmente dagli elementi in uscita da altri processi. (norma UNI EN ISO 9000:2000)

### REQUISITO

Trasposizione di un'esigenza in un insieme di caratteri che la connotano. (Norma UNI 7867-1:1978).
Traduzione di un'esigenza in fattori atti a individuare le condizioni di soddisfacimento da parte di un organismo edilizio o di sue parti spaziali o tecniche, in determinate condizioni d'uso e/o di sollecitazione. I requisiti vengono normalmente classificati in: a) requisiti funzionali; b) requisiti ambientali; c) requisiti tecnologici; d) requisiti tecnici; e) requisiti operativi; f) requisiti di durabilità; g) requisiti di manutenibilità. (UNI 10838).

### PROCESSO

Sistema di attività correlate o interagenti che trasformano elementi in entrata in elementi in uscita. (Norma UNI EN ISO 9000), Sistemi di gestione per la qualità – Fondamenti e terminologia, 2000

### PROCESSO EDILIZIO

Sequenza organizzata di fasi che portano dal rilevamento delle esigenze della committenza-utenza di un bene edilizio al loro soddisfacimento, attraverso la programmazione, la progettazione, la produzione (esterna o in sito), e la gestione del bene stesso. (norma UNI 10723) Processo edilizio. Classificazione e definizione delle fasi processuali degli interventi edilizi di nuova costruzione, 1998

### PRODUZIONE

Fase caratteristica dei processi industriali che trasforma il materiale grezzo in materiali da costruzione, in semilavorati, in elementi semplici, sulla base della progettazione tecnologica di detti prodotti. (norma UNI 10723)

### PROGETTO

Processo a sé stante che consiste in un insieme di attività coordinate e tenute sotto controllo, con date di inizio e fine, intrapreso per realizzare un obiettivo conforme a specifici requisiti, ivi inclusi i limiti di tempo, di costi e di risorse. ( norma UNI EN ISO 9000 )

### PROGETTO EDILIZIO

Risultato delle attività di progettazione edilizia. Sistema di informazioni codificato per fornire istruzioni necessarie alla realizzazione degli spazi e degli oggetti che costituiscono un organismo edilizio in relazione a esigenze esplicite od implicite del committente. ( norma UNI 10723 )

### SISTEMA

1.unità di molteplici conoscenze raccolte sotto un'idea. ( Kant I. Critica della ragion pura) 2.insieme di entità connesse fra loro in modo organizzato. (Ciribini G. Tecnologia e progetto, Argomenti di cultura tecnologica della progettazione, Torino, 1995)

### SUBSISTEMA TECNOLOGICO

Sottoinsieme strutturato del sistema tecnologico dell'organismo edilizio caratterizzato dall'omogeneità funzionale degli elementi tecnici che lo compongono. ( norma UNI 10838)

### TAPIA, TAPIAL (SPAGNOLO)

Definisce spesso il sistema costruttivo della terra battuta. Talvolta viene anche utilizzato per indicare la terra di rivestimento. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### TECNOLOGIA

1.Studio delle scienze applicate ai problemi di trasformazione nel campo della materia e in quello del pensiero; 2. Scienza dei processi di trasformazione, si pone come "statuto di comportamenti progettuali nel difficile cammino della transdisciplinari età, in cui esso non si dà in quanto fondativo, ma in quanto strategia". (1.G. Ciribini, Tecnologia e Progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione, Torino, 1984; 2. Truppi C. a cura di, La città del progetto, Napoli, 1999).

### TERRA

Materiale base per la costruzione. Viene definita "terra" in questo caso specifico il materiale inorganico estratto al di sotto dello strato arabile costituito da sassi (200-20 mm), ghiaia (20-2 mm), sabbia grossa (2-0,2 mm), sabbia fine (0,2-0,02), limo (0,02-0,002) e argilla (< 0,002), indicando con argilla la parte più fine (le misure di riferimento sono tratte dal trattato di CRAterre, pag. 65, e fanno riferimento alla taglia dei grani passanti attraverso i setacci europei a maglia quadrata, secondo il sistema decimale).

### TERRA ALLEGGERITA (Terra paglia, Terra legno (Holzlehm), terra minerale ), ( terre-paille, light clay, leichtlehn)

Per terra alleggerita, si intende una tecnica che prevede la miscela di terra con "inerti" costituiti da fibre vegetali o da materiali leggeri. I manufatti di terra alleggerita sono messi in opera per mezzo di casseri, o possono anche essere prefabbricati e semplicemente assemblati in cantiere. In entrambi i casi tali manufatti in terra alleggerita si inseriscono all'interno di

una struttura di sostegno (in genere lignea). (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### TERRA BATTUTA (Pisé, Rammed Earth, Stampflehm)

La terra battuta o pisé è una tecnica che consente di realizzare murature continue portanti compattando, strato dopo strato, terra umida versata tra assi parallele che fungono da casseri. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### TORCHIS

Tecnica costruttiva in terra cruda realizzata su un supporto costituito da una griglia, metallica o di legno, e incannucciato, ancorata ad una struttura portante. (Houben H., Guillard H., CRATerre-EAG, Traitè de construction en terre, Marsiglia 2006, Narici. B. Tecniche di costruzione in Terra Cruda, in Costruzione e uso della terra, Rimini, 2001)

### TON (tedesco)

Argilla. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### WATTLE AND DAUB (inglese)

Terra di rivestimento, edifici in torchis. (Scudo G. Narici B. Talamo C., Costruire con la terra, Napoli, 2001)

### UNITÀ TECNOLOGICA

Raggruppamento di funzioni, compatibili tecnologicamente, necessarie per l'ottenimento di prestazioni ambientali. (norma UNI 10838)

# BIBLIOGRAFIA

La bibliografia, che ordina l'elenco dei testi da cui sono state desunte le riflessioni di studio, è stata distinta per argomenti. Le analisi dedotte dallo studio dei testi hanno consentito, attraverso una pianificazione metodologica del percorso di analisi, di conseguire i risultati prefissi dalla tesi. Gli argomenti di riferimento, tre più uno di carattere generale, sono stati suddivisi secondo gli ambiti tematici toccati dalla ricerca: il concetto di sostenibilità; la tecnologia dell'architettura, l'innovazione tecnologica e i sistemi costruttivi a basso costo; la terra cruda.


Cerri Pierluigi, Nicolin Pierluigi, ***Le Corbusier, verso una architettura***, Zingonia (Bg), Longanesi, 2008

De Carlo Giancarlo, ***Nelle città del mondo,*** Venezia, Marsilio editore, 1998

Dewey John, ***Democracy and Education,*** New York, The Macmillan Company, 1ª ed. 1916, trad. It. Enzo Enriques Agnoletti e Paolo Paduano, *Democrazia e educazione,* Firenze, La Nuova Italia Editrice, 1ª ed. 1949 (4ª rist. 1972)

Nattern Julius, Herzog Thomas, Volz Michael, ***Atlante del legno***, Torino, UTET, 1996

Sennet Richard, ***L'uomo artigiano***, Milano, Feltrinelli, 2008

Shultz Norberg Christian, ***Genius Loci****,* Electa, Milano 1979

Spini Tito e Sandro, ***Togu na, la casa della parola,*** Torino, Bollati Boringhieri, 2003


## IL CONCETTO DI SOSTENIBILITÀ


AAVV, ***Carta della rete, "democratizzare radicalmente la democrazia"***, 1999 www.frosinone.org/attac/bilancio_1.htm

AAVV, ***Carta del nuovo municipio, per una globalizzazione dal basso e non* gerarchica,** *Lapei-Università di Firenze.in www.Carta.org*

AAVV, ***Carta delle città Europee per un modello urbano sostenibile,*** Aalborg, in www.sustainable-cities.org/aal_it.html, 1994

Alexander Christopher, ***Un esperimento di progettazione democratica,*** Roma, Officina Edizioni, 1977.

Finocchiaro A. F.***, Involucri edilizi, nuove realizzazioni in terra cruda***, Catania, 2008

Commissione Europea, ***Commission proposes new action programme for the environment,*** Bruxelles, 2001, in www.europa.eu.it

D'Arcangelo Lucia, ***La programmazione negoziata tra crisi ideologica e virtuosismi locali,*** in www. Sole.unia.it

Fantone Renato, ***Regionalismo in architettura***, in Costruire in laterizio n. 92, Faenza, gruppo editoriale Faenza editori s.p.a., marzo aprile 2003

Lovelock James, ***L'uomo e Gaia*****,** in AAVV, *The Heart Report*, s.l. Mitchell Beazley Pubblishers, 1988, trad. It. a cura di Sofia Medin, *Rapporto terra*, Milano, Gremese Editore 1989

Magnaghi Alberto, ***Il progetto locale,*** Torino, Bollati Boringhieri, 2000

Magnaghi Alberto, ***Porto Alegre, la lezione locale,*** il Manifesto, 23 febbraio 2002

Minguzzi Gianluca, ***Architettura sostenibile, processo costruttivo e criteri biocompatibili,*** Milano, Skira editore, 2006

Pagliari Francesco, ***3XN, orestadt college-copenhagen***, in The Plan n. 022, Centauro edizioni scientifiche, Bologna, ottobre-novembre 2007

Rogers Richard, ***Città per un piccolo pianeta,*** Roma, s.l. E.R.I. d'A KAPPA, 1997

Sachs Ignacy, ***I nuovi campi della pianificazione*****,** Roma, ed. Lavoro, 1992

Scandurra Enzo, ***L'ambiente dell'uomo, verso il progetto della città sostenibile*** Milano, ETAS LIBRI, 1995,

***Fonti documentarie:***

Biblioteca comunale "E. Taranto" di Caltagirone

Biblioteca Universitaria del Dipartimento di Architettura di Catania

## LA TECNOLOGIE DELL'ARCHITETTURA, L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA E I SISTEMI COSTRUTTIVI A BASSO COSTO

AAVV, ***Casabella 760,*** Milano, Arnoldo Mondatori Editore, Novembre 2007

AAVV., ***Contemporary Prefab Houses***, Los Angeles, Daab Ed. 2007.

AAVV, ***Involucri tecnologici,*** in Costruire in laterizio n.113, Faenza, gruppo editoriale Faenza editori s.p.a , settembre-ottobre 2006

AAVV, ***Jean Nouvel,*** in AREA n.89, Milano, Federico Motta Editore, novembre-dicembre 2006

AAVV, ***Glenn Murcutt***, in AREA n.107, Milano, Federico Motta Editore, novembre-dicembre 2009

AAVV. Materiali Biocompatibili, Materia, n.63, Firenze, Archea Associati, 2009.

AAVV. ***The Plan n. 003***, Bologna,Centauro edizioni scientifiche, maggio 2003

AAVV. ***The Plan n. 020***, Bologna,Centauro edizioni scientifiche, giugno-luglio 2007

AAVV. ***The Plan n. 021***, Bologna, Centauro edizioni scientifiche, agosto-settembre 2007

AAVV. ***The Plan n. 023***, Bologna, Centauro edizioni scientifiche, dicembre 2007-gennaio 2008

Aymerich C., Dell'Acqua A.C., Fatta G., Pastore P., Tagliaventi G., Zordan L., ***Architettura di Base***, Alinea, Firenze, 2007

Baffa Rivolta Matilde, Rossari Augusto, ***Alexander Klein, Lo studio delle piante e la progettazione negli alloggi minimi, Scritti eprogetti dal 1906 al 1957***, Gabriele Mazzotta Editore, Milano, 1975

Berrini Maria, Colonnetti Aldo, a cura di, ***Green Life, costruire città sostenibili***, Bologna, Editrice Compositori, 2010

Aravena Alejandro, ***Progettare e costruire,*** Milano, Mondadori Electa, 2007

Bertagnin Mauro, ***Bioedilizia: progettare e costruire in modo ecologicamente consapevole***, Padova, Edizioni GB. 1996.

Boesiger Willy, ***Le Corbusier, oeuvre complète 1938-46***, Zurich, Les Edition d'Architecture Erlenbach, 1946.

Campbell James W.P., Pryce Will, ***Brick, a world history,*** Londra, Thames & Hudson, 2003, trad. It. Duccio Biasi, Claudia Matthiae e Sara Puggioni, ***Il mattone e la sua storia, 8000 anni di architettura,*** Azzano San paolo (BG), Boris edizioni, 2003

Caponetto Rosa, ***La valutazione del decadimento prestazionale di componenti edilizi tipici del contesto mediterraneo,*** ediTecnica, Palermo, 2006

Casini Marco, ***Costruire l'ambiente***, Milano, Edizioni Ambiente, 2009

Ciribini Giuseppe, ***Tecnologie della costruzione***, la NIS, Roma, 1992

Ciribini Giuseppe, ***Tecnologia e Progetto***. ***Argomenti di Cultura Tecnologica della Progettazione***, C.E.L.I.D., Torino 1984

Cobbers Arnt, Jahn Oliver, ***Prefab Home***, Colonia, 2010

Contal Marie Helene, Revedin Jana, ***Progettare la sostenibilità. I maestri di una nuova architettura***, Milano, Edizioni Ambiente, 2009

Dean Oppenheimer Andrea e Hursley Timothy, ***Rural studio, Samuel Mockbee and an architecture of decency,*** New York, Princeton Architectural Press, 2007

De Matteis Federico, ***Proposte per una sostenibilità ragionevole. Sistema insediativo a basso contenuto tecnologico per il Pakistan settentrionale***, tesi di dottorato, XVI ciclo, Dottorato di Ricerca in Sviluppo Sostenibile e Cooperazione Internazionale, Università degli Studi di Roma.

Di Micco Sara, ***La casa ecologica prefabbricata, indirizzi progettuali per la contestualizzazione ambientale***, tesi di dottorato, XXII ciclo, Dottorato di ricerca in Tecnologia dell'Architettura, Scuola di dottorato in Architettura, Università degli Studi di Napoli, Federico II.

Donati Paolo, ***Legno, pietra e terra, l'arte del costruire***, Giunti, Firenze, 1990

Elizabeth Lynne e Adams Cassandra, ***Alternative Construction, contemporary natural building methods,*** Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. 2005

Esposito E.A. a cura di, Tecnologia dell'architettura. Creatività e innovazione nella ricerca, 1° seminario Osdotta, Firenze University Press, Firenze 2006

Faragò Francesco a cura di, ***Manuale Pratico di Edilizia Sostenibile***, Cercola (Na) Sistemi Editoriali, 2008.

Fathy Hassan, ***Architecture for the poor: an experiment in rural Egypt,*** Chicago, The University of Chicago, 1ª ed. 1973, trad. It. Adria Marconi Pedrazzi, ***Costruire con la gente, storia di un villaggio d'Egitto: Gourna,*** Milano, Editoriale Jaca Book spa, 1986, ( 1ª ed. italiana)

Fianchino Corrado, ***Contributi sui rapporti tra tecnica e architettura nella produzione contemporanea, Documento 8***, Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Università degli Studi di Catania, Catania, 1992

Fianchino Corrado, ***Le pietre nell'architettura, documento IDAU n.15***, Catania, 1988

Fianchino Corrado, ***Industralizzazione e attrezzabilità delle chiusure orizzontali***, Edizioni Scientifiche Associate, Roma, 1983

Francese Dora "**Architettura bioclimatica, risparmio energetico e qualità della vita nelle costruzioni**", UTET, Torino, 1996

Foti Massimo a cura di, ***Progettare per l'autocostruzione***, CLUT, Torino, 1991

Gauzin-Muller Dominique, ***Architettura Sostenibile***, Milano, Edizioni Ambiente, 2003

Godsell Sean, ***Opere e progetti,*** Milano, Mondatori Electa, 2004

Iardino Ombretta, ***L'architettura mobile e transitoria: una storia parallela,*** tesi di dottorato, XVII ciclo, Dottorato di Ricerca in Composizione

Architettonica, Progettazione Urbana, Storia Architettura ambiente, Università degli Studi di Napoli, Federico II.

Liberatore D., Gambarotta L., Beolcini G.C., Binda L., Magenes G. Cocina S., Lo Giudice E. Scuderi S., ***Tipologie edilizie in muratura del comune di Catania,*** *sta in Liberatore D., a cura di,* ***Progetto Catania Indagine sulla risposta sismica di due edifici in muratura,*** *INGV, GNDT, Catania*

Maggi P.N., Daniotti B., Alaimo G. Ciribini A., Morra L., Nicolella M., Rodonò U., ***La durabilità dei componenti edilizi***, ediTecnica, Palermo, 2008

Rodonò U., ***L'involucro esterno, Documenti 5***, Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Università degli Studi di Catania, 1990

Mandolesi E. ***Edilizia, il processo edilizio vol. I***,Utet,Torino, 1978

Masotti Clara, ***Manuale di Architettura di emergenza e temporanea***, Napoli, Sistemi Editoriali, 2010

Minke Gernot, ***Building with straw - Design and Tecnology of a Sustainable Architecture***, Birkhauser, Publisher for Architecture, pp. 143, 2005

Morra Luigi, ***Controlli metrici in edilizia: correttezza dei dati sperimentali e accuratezza dimensionale***, Clup, Milano, 1991

Mostaedi Arian, ***Sustainable architecture, low tech houses***, Barcellona, 2003, pp.178

Olson Sheri, Miller I Hull, ***Architects of the pacific northwest***, New York, Princeton Architectural Press, 2001

Palleroni Sergio, ***Studio at large, architecture in Service of Global Communities,*** Seattle, University of Washington Press, 2004

Paduano Teresa, ***La costruzione razionale della casa alla luce delle categorie del mobile e del transitorio,*** tesi di dottorato, ciclo XVII, Dottorato di Ricerca in Composizione Architettonica, Progettazione Urbana, Storia, architettura e Ambiente, Università degli Studi di Napoli, Federico II

Picone Adele, ***Hassan Fathy, Il villaggio di New Briz: progetto urbano ed autocostruzione,*** in Costruire in laterizio n. 92, Faenza, gruppo editoriale Faenza editori s.p.a., marzo aprile 2003

Rava Paolo, ***Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità,*** Santarcangelo di Romagna, Maggioli editore,2007

Rocca Alessandro, ***Architettura low cost low tech***, Schio (VI), Sassi, 2010

Rodonò Umberto, ***Costruire un Edificio, tra attualità e storia del processo edilizio***, Enna, il Lunario, 2001

Sciuto Gaetano, ***Modelli progettuali per la sostenibilità***, Roma, Anabiblo, 2010

Serafino Regina, ***L'architettura bioclimatica: un caso studio napoletano***, tesi di dottorato, XXI ciclo, Dottorato di Ricerca in Ingegneria delle Costruzioni, Università degli Studi Federico II di Napoli

Spataro Salvatore a cura di, ***Needs Architetture nei Paesi in via di sviluppo***, Palermo, LetteraVentidue srl, 2011

Steel James, ***Hassan Fathy***, New York, Accademy editions/St. Martin's press, 1988

Truppi Carlo, a cura di, ***La città del progetto. Trasferimento di tecnologie e convergenze multidisciplinari***, Napoli, Liguori, 1999.

UNI 8289: Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione.

UNI 8290-1: Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e Terminologia.

UNI 8290-2: Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti

UNI 10838: Edilizia, Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia, 1999.

UNI 7867: Edilizia, Terminologia per requisiti e prestazioni-specificazioni di prestazione, qualità e affidabilità, 1978.

UNI 10723: Processo edilizio. Classificazione e definizione delle fasi processuali degli interventi edilizi di nuova costruzione, 1998

UNI EN ISO 9000:2000 Sistemi di gestione per la qualità – Fondamenti e terminologia, 2000

Zambelli Ettore, a cura di, ***Sistema edilizio residenziale, Industrializzazione per sub sistemi: procedure e concetti di prodotto***, Milano, Franco Angeli Editore, 1981

***Fonti documentarie:***

Biblioteca comunale "E. Taranto" di Caltagirone

Biblioteca Universitaria del Dipartimento di Architettura e Urbanistica di Catania

Biblioteca Universitaria del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale di Catania

Biblioteca della Facoltà di Architettura di Catania, sede di Siracusa

Biblioteca Comunale di Rovereto (TN)

## LA TERRA CRUDA

AA.VV., ***Construcao com terra Salvador 2002***. *catalogo de la esposicion,* Ed. C. Martins Neves, Brasile, 2003

AAVV., ***Des Architecture de Terre ou l'avenire d'une tradition millenarie,***, Catalogo dell'esposizione, Centre Pompidou, Parigi, 1982.

AAVV. ***Detail 5/2001***, Monaco, Detail, maggio 2001.

AAVV. ***Detail 7+8/2001***, Monaco, Detail, luglio-agosto 2002

AAVV. ***Detail 6/2003,*** Monaco, Detail, giugno 2003.

AAVV. ***Detail 5/2009***, Monaco, Detail, maggio 2003

AAVV. ***Detail 12/2003***, Monaco, Detail, dicembre 2003

AAVV, ***South,*** in AREA n.82, Milano, Federico Motta Editore, settembre-ottobre 2005

Achenza M, Sanna A., ***Abitare la terra,*** Atti del convegno Villamassargia 12-14 novembre 1998, CUEC, Cagliari, 1999,

Achenza M., Sanna U., ***il manuale tematico della terra cruda***, DEI tipografia del Genio Civile, Cagliari, 2009.

Achenza M, Bertagnin M., Bollini G., Bonato V., Siviero E., ***Prove di accettazione per il mattone in terra cruda: il caso della Sardegna***, in 12° Congresso C.T.E. (Atti del convegno, Padova 5-6-7 novembre 1998). 1998,

Adam E.A., Agib A.R.A., ***Compressed Stabilised Earth Block Manifacture in Sudan***, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Graphopoint, Parigi 2001.

Atzeni C., massidda L., sanna U., ***Proprietà tecnologiche di materiali a base di terra cruda. Dalla tradizione all'innovazione***, in F.Storelli (a cura di), Habitat e architetture in terra. Le potenzialità delle culture costruttive (Atti del convegno internazionale - seminario di studi, Roma, 2-3 dicembre 1994) Roma, Gangemi Editore,1996

Baldacci Oreste, ***l'ambiente geografico della casa in terra cruda in Italia,*** in Rivista geografica italiana vol. LXV anno LXV, La nuova Italia, Firenze, 1958

Bardou Patrick, Arzoumanian Varoujan, ***Archi de terre***, Parigi, Parentheses Editions, 1978

Bertagnin Mauro, ***Costruire con il fango***, Spazio & Società, 24, 1983

Bertagnin Mauro, ***Un quartiere di terra***, Spazio & Società, 35, 1986

Bertagnin Mauro, ***La maison pour demain e le case del futuro tra domotica e habitat intelligente a HABITER 1988***, Parametro, 167, 1988

Bertagnin Mauro, ***Scuole di terra. CRATerre in Burkina Faso***, Spazio & Società, 57, 1992

Bertagnin Mauro, Achenza M., Mungiguerra C., ***Architetture di terrain Italia. Tipologie, tecnologie e culture costruttive***, Monfalcone (GO), Edicom Edizioni, 1999

Bertagnin Mauro, ***Il muro formaceo. Attualità di un progenitore del conglomerato cementizio,*** in A. de Marco e R. Iovino (a cura di), La trasmissione delle idee dell'architettura. Conglomerati: dalla Tecnologia all'Architettura (Post acta - scritti in onore di Pasquale D'Elia) Udine, Istituto di Urbanistica e Pianificazione, Università degli studi di Udine, 1992

Bertagnin Mauro, ***Costruire in terra, costruire ecologico; sperimentazione ed esperienze formative***, in F. Storelli (a cura di),

Habitat e architetture in terra. Le potenzialità delle culture costruttive (Atti del convegno internazionale - seminario di studi, Roma, 2-3 dicembre 1994) Roma, Gangemi Editore, 1996

Bertagnin Mauro, ***Architetture di terra in Italia, tipologie, tecnologie e culture costruttive**,* Monfalcone (GO), Edicom edizioni, 1ª ed., 1999

Bollini G., Bonato V., ***Normativa tecnica per la costruzione in terra cruda (làdiri) in Sardegna: prime ipotesi*,** in A. Sanna, M. Achenza (a cura di), Abitare la terra (Atti del convegno, Villamassargia – Samassi, 12-15 novembre 1998) Cagliari, CUEC Editrice, 1999

Bollini Gaia (a cura di), ***La ricerca universitaria sull'architettura di terra. Universiterra 1***, Collana Documenti di Architettura sostenibile, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO), 2002.

Bollini Gaia, a cura di, ***Costruire in terra cruda oggi, atti del convegno di Novi Ligure 9/10 dicembre 2005,*** Monfalcone (GO), Edicon edizioni, 2006

Bollini Gaia, a cura di, ***La ricerca universitaria sull'architettura di terra, universiterra 1**,* Monfalcone (GO), Edicon edizioni, 2002

Briccoli Bati S., Ranocchiai G., ***Costruzioni in terra cruda in Toscana*,** in Costruire con terra cruda (Atti del convegno) Merano, 1996

Briccoli Bati S., Ranocchiai G., ***Le tecniche costruttive della terra cruda in Toscana, Calabria e Sardegna*,** in G. Scudo e S. Sabbadini (a cura di), Le regioni dell'architettura in terra, Rimini, Maggioli Editore, 1997

Briccoli Bati S., Ranocchiai G., Rovero L., ***Additivi naturali per il miglioramento delle proprietà meccaniche e della durabilità del materiale da costruzione terra cruda*,** in A. Sanna, M. Achenza (a cura di), Abitare la terra (Atti del convegno, Villamassargia – Samassi, 12-15 novembre 1998) Cagliari, CUEC Editrice, 1999

Briccoli Bati S., Rovero L., ***Materiali e tecniche per il recupero delle costruzioni in adobe*, in Materiali e tecniche per il restauro** (Atti del convegno, Cassino, Frosinone, ottobre 1999), 1999

Carrazas Aedo Wilfredo, Rivero Olmos Alba, Wattle & Daub, ***Anti-seismic construction handbook***, MISEREOR, CRATerre, Villefontaine Cedex, 2002

Cavalcanti O., Chimirri R., ***Di fango, di paglia ... Architettura in terra cruda in Calabria***, Soveria Mannelli (CZ), Rubbettino, 1999

Conti Gianfranco, a cura di, ***Viaggio nella Terra Cruda in Italia***, Villamagna (CH), Tinari, 2004

CRATerre, ***Construire en terre,*** edition alternatives, Paris, 1979

CRATerre, Traité de construction en terre, Parenthése, Marsiglia, 1989

De Gregori Francaviglia Eva, ***Adobe e Pisè in terra: un confronto tra Yemen e Marocco,*** in Costruire in laterizio n. 92, Faenza, gruppo editoriale Faenza editori s.p.a., marzo aprile 2003

DIN 18196 *Caratteri generali delle costruzioni in terra; classificazione della terra secondo la tecnica costruttiva.*

DIN 18122 T1-T2 *Caratteri generali; definizione della consistenza; definizione della coesività.*

DIN 18123 *definizione delle granulometrie.*

DIN 18550 *Intonaci, materiali e messa in opera.*

DIN 52611 *definizione di isolamento degli elementi costruttivi.*

DIN 1169 *Malte di terra per opere murarie e intonaci.*

DIN 18951 *Foglio 1 Costruzioni in terra, prescrizioni per l'esecuzione.*

DIN Prenorma 18952 *Foglio 1 Terre da costruzione, proprietà, classificazione.*

DIN Prenorma 18952 *Foglio 2 Controllo delle terre da costruzione.*

DIN Prenorma 18953 *Foglio 1 Utilizzo delle terre da costruzione.*

DIN Prenorma 18953 *Foglio 2 Murature in terra.*

DIN Prenorma 18953 *Foglio 3 Murature in pisè.*

DIN Prenorma 18953 *Foglio 5 Murature in terra leggera messa in opera con casseforme.*

DIN Prenorma 18953 *Foglio 6 Pavimenti in terra.*

DIN Prenorma 18954 *Esecuzione di edifici in terra, criteri di massima.*

DIN Prenorma 18955 *Elementi costruttivi; protezione dall'umidità.*

DIN Prenorma 18956 *Intonaci su elementi in terra.*

DIN Prenorma 18957 *Coperture in terra.*

Di Sivo M., ***La durata e la manutenzione degli edifici in terra,*** in Costruzioni e uso della terra, Forlani M.C. (a cura di), Edizione MAGGIOLI, Repubblica di San Marino, 2001.

Dixon Morris John***, Rick Joy Residence Convent Avenue di Tucson, Arizona***, in DOMUS n. 796, Milano, Editoriale Domus, settembre 1997.

Doat P., Hays A., Houben H., Matuk S., Vitoux F., ***Construire en terre***, Parigi, Groupement Graphique GAMMA, 1979

Easton David, ***The rammed earth house***, Chelsea Green Publishing Company – White River Junction, Vermont, USA, 2007

Fiadone Franco, ***Argilla da amare: il lavoro di Martin Rauch***, in www.bioedilizia.org

Galdieri Eugenio, ***Le meraviglie dell'architettura in terra cruda,*** Laterza, Bari,1982.

Galdieri Eugenio, ***L'architettura in terra cruda: caratteristiche tecnologiche, potenzialità formali e problemi di conservazione***, in Restauro, Napoli, n. 94/1987, 1989

Galdieri Eugenio, ***Le mura di Gela***, Ambiente costruito, n. 2/97, Maggioli, 1997

Galdieri Eugenio, ***I ricchi, i poveri e l'architettura di terra (con la mente al maestro Hassan Fathy)***, in Living Land, territori dell'abitare, anno VI, n. 10, 2002

Galdieri Eugenio, a cura di, ***Scritti sulla terra***, Il prato, Saonara, 2010

Gargiulo Maria Rosaria, ***Costruzioni storico-monumentali in terra cruda, proposte per un metodo di valutazione della vulnerabilità sismica e dell'adeguamento antisismico***, tesi di dottorato, XVII ciclo, Dottorato di ricerca in Conservazione dei Beni architettonici, Università degli studi di Napoli Federico II.

Germanà Maria Luisa, Rosalba Panvini, a cura di, ***La terra cruda nelle costruzioni***, Nuova Ipsa Editore, Palermo, 2008

Giberti Massimiliano, ***Casa Rauch a Schlins***, sta in Materia n.63, Faenza, settembre 2009

Guillaud Hubert, Joffroy Thierry, Odul Pascal, CRATerre-EAG, ***Blocs de terre comprimée, volume II, manuel de conception et de construction***, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn 1995, Germania, Hoehl-Druck. Bad Hersfeld.

Houben H., Guillaud H., ***Earth Construction: a comprensive guide***, Editions Parenthése, Marsiglia, 1989

Joy Rick, ***Desert Works***, Graham Foundation, Princeton Architectural Press, New York, 2002

Kapfinger Otto, ***Rammed Earth – Matin Rauch***, Birkhauser, Vienna, 2001

Le Tiec Jean-Marie, ***Butterfly House, habitat léger de loisir***, Travail Personnel de Fin d'Etudes, (Tesi di laurea), Ecole d'Architecture de Grenoble, 2005

Le Tiec Jean-Marie, Paccoud Grégoire, ***Pisé $H_20$, De l'eau et des grains pour renouveau du pisé en Rhone-Alpes***, CRA Terre Editions, pp. 40, Villefontaine cedex, 2006

Maniatidis Vasilios, Walker Peter, ***A Review of Rammed Earth Construction***, DTi Partners in Innovation Project, Developing rammed Earth for UK Housing, Department of Architecture & Civil Engineering, University of Bath, Bath, 2003

Mattone Roberto, ***Sperimentazione e prove di laboratorio per il controllo di qualità della muratura in terra*****,** in A. Sanna, M. Achenza (a cura di), Abitare la terra (Atti del convegno, Villamassargia – Samassi, 12-15 novembre 1998) Cagliari, CUEC Editrice, 1998

Mattone Roberto, ***Terra cruda e autocostruzione: un'esperienza nel nord-est del Brasile***, Ambiente Costruito, 1, 2000

Mattone Roberto, ***La terra cruda, tra tradizione e innovazione***, L'industria dei laterizi, 71, 2001

Mattone Roberto, ***La terra cruda, tra tradizione e innovazione***, in Costruire in laterizio n. 92, Faenza, gruppo editoriale Faenza editori s.p.a., marzo aprile 2003 pp.415

Miccoli Maria Luisa, ***Materiali costruttivi a basso impatto ambientale: la Terra Cruda***, tesi di dottorato, XVII ciclo, Dottorato di Ricerca in Tecnologia dell'Architettura, Università degli Studi di Napoli, Federico II

Monke Gernot, Lehmbau Handbuch: der Baustoff Lehm und seine Anwendung, Friburgo, Ökobuch, 1994

Minke Gernot, ***Building with earth – Design and Tecnology of a Sustainable Architecture***, Birkhauser, Publisher for Architecture, pp. 207, 2009

Narici Barbara, Scudo Gianni, Talamo Cinzia, ***Costruire con la terra, tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni,*** Napoli, Sistemi Editoriali, 1^ edizione 2001, pp.256

(NMAC): New Mexico State Building Code, Section 2405 – Amendment, 1982

(NZ 4297):Standard New Zealand – NZ 4297 ***Engineering Design of Earth Buildings***, 1998

(NZ 4298):Standard New Zealand – NZ 4298 ***Materials & Workmanship for Earth Buildings***, 1998

(NZ 4299): Standard New Zealand – NZ 4299 ***Earth Buildings not Requiring specific Design***, 1998

Pedemonte Mugabo Davide, ***Philosophie pour le montage d'un project d'habitat au Rwanda entre, avec et pour le peuple***, Cytoyen de l'univers, Diplome de Specialisation et d'Approfondissement – Architecture de Terre, DSA-Terre 2008-2010, Grenoble 2010

Rauch Martin, ***Kontrueren mit stampfehm***, (costruire con la terra battuta), sta in Detail n. 6/2006, Monaco di Baviera, 2006

Rauch Martin, ***House in Schlins***, sta in www.lehmtonerde.at

Rael Ronald, ***Earth Architecture***, New York, Princeton Architectural Press, 2008

***Reglamento Nacional de Construcciones - Norma Tècnica de edificacion*** *NTE E.80 ADOBE* - Lima - Peru, Marzo 2000

Storelli Franco, a cura di, ***Habitat e architetture di terra, le potenzialità delle tradizioni costruttive,*** Roma, Gangemi editore, 1996

Vado Alcedo, ***La produzione di blocchi di terra stabilizzata***, in Bioarchitettura n. 35,Roma, Mancosu Editore, 2004

Biblioteca comunale "E. Taranto" di Caltagirone

Biblioteca Universitaria del Dipartimento di Architettura e Urbanistica di Catania

Biblioteca Universitaria del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale di Catania

Biblioteca della Facoltà di Architettura di Catania, sede di Siracusa

Centro di Documentazione Permanente CEDTERRA, Casalincontrada (CH)

Biblioteca Comunale di Rovereto (TN)

**WEB:**

www.adobebuilder.com
www.annaheringer.com
www.auroville-india.org
www.casediterra.it
www.craterre.archi.fr
www.earthbuilding.com
www.gtz.de
www.iccrom.org
www.mattonesumattone.org
www.nzld.net

FONTI DELLE ILLUSTRAZIONI

# FONTI DELLE ILLUSTRAZIONI

Di ciascuna illustrazione viene riportata la fonte bibliografica dalla quale è stata tratta o l'autore se originale.

***1**, immagine fornita da David Barragane Pascual Gangotena*
***2, 40, 41, 43, 44, 46, 50, 57, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 84, 85** foto o elaborazioni dell'autore*
***3,** Rogers Richards, città per un piccolo pianeta, Roma, s.l. E.R.I. d'A KAPPA*
***4, 5,** immagini fornite da Anna Heringer*
***6, 29**, http://www.elementalchile.cl/category/vivienda/iquique/*
***7**, foto di Yves Bresson*
***8,** sopra: S.Oelker, Otto Hasler, Trade paper, Hamburg; sotto: so cal arch history . com*
***9, 10, 11, 12, 13**, AAVV., Contemporary Prefab Houses, Los Angeles, Daab Ed.*
***14, 15, 16, 17, 26, 28,** Clara Masotti, Manuale di architettura, di emergenza e temporanea, Sistemi Editoriali*
***18, 19, 20, 21,** www. quonsethuts. org; www. nissens. co.uk; www. waymarking. com*
***22, PREFAB***
***23, 24, 25,** Boesiger Willy, Le Corbusier, oeuvre complète 1938-46, Zurich, Les Edition d'Architecture Erlenbach*
***27,** www. Shorpy .com*
***28,** Fathy Hassan, Architecture for the poor: an experiment in rural Egypt, Chicago, The University of Chicago*
***30,** www. shigerubanarchitects .com*
***31,** www.oldcivilzation.worldpress.com*
***32,** R.Real, Erth Architecture, P.A.P.; Dean Oppenheimer Andrea e Hursley Timothy, Rural studio, Samuel Mockbee and an architecture of decency; AAVV, South, in AREA n.82, Milano, Federico Motta Editore*
***33, 44, 48,** www.terracruda.com*
***34,** foto dell'autore; M.L. Germanà, R. Panvini, La terra cruda nelle costruzioni*
***35,** M.L. Germanà, R. Panvini, La terra cruda nelle*
***36,** Houston Museum of Natural Science*
***37, 47,** AAVV., Des Architecture de Terre ou l'avenire d'une tradition millenarie, Catalogo dell'esposizione, Centre Pompidou*
***38, 45, 54, 62** www. CRATerre.com*
***39,** foto fornita da Maddalena Achenza*

***42,*** Donati Paolo, *Legno, pietra e terra, l'arte del costruire*, Giunti
***43,*** *www. Irriworks .com*
***49,*** *Campbell James W.P., Pryce Will, Brick, a world history, Londra, Thames & Hudson*
***51, www. Buildlab .com***
***52, www. Laboa. org***
***53, 63,*** *Mattone Roberto, La terra cruda, tra tradizione e innovazione, in Costruire in laterizio n. 92, Faenza, gruppo editoriale Faenza editori s.p.a.*
***55,*** *R.Real, Erth Architecture, P.A.P*
***56, www. Ricerca italiana .it***
***64,*** *Scudo Gianni, Narici Barbara, Talamo Cinzia, Costruire con la terra, tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni, Napoli, Sistemi Editoriali*
***65,*** *Minke Gernot, Building with earth – Design and Tecnology of a Sustainable Architecture, Birkhauser, Publisher for Architecture*
***78, 79, 80, 81, 82, 83*** *immagini fornite dall'ing. Giuseppe Guglielmino.*