

“Per un Africano, l’idea di casa per una famiglia è piuttosto quella di una radura o di un cortile”.

A. Arecchi, *La casa Africana*, Clesav Città Studi, Milano, 1991, p.56

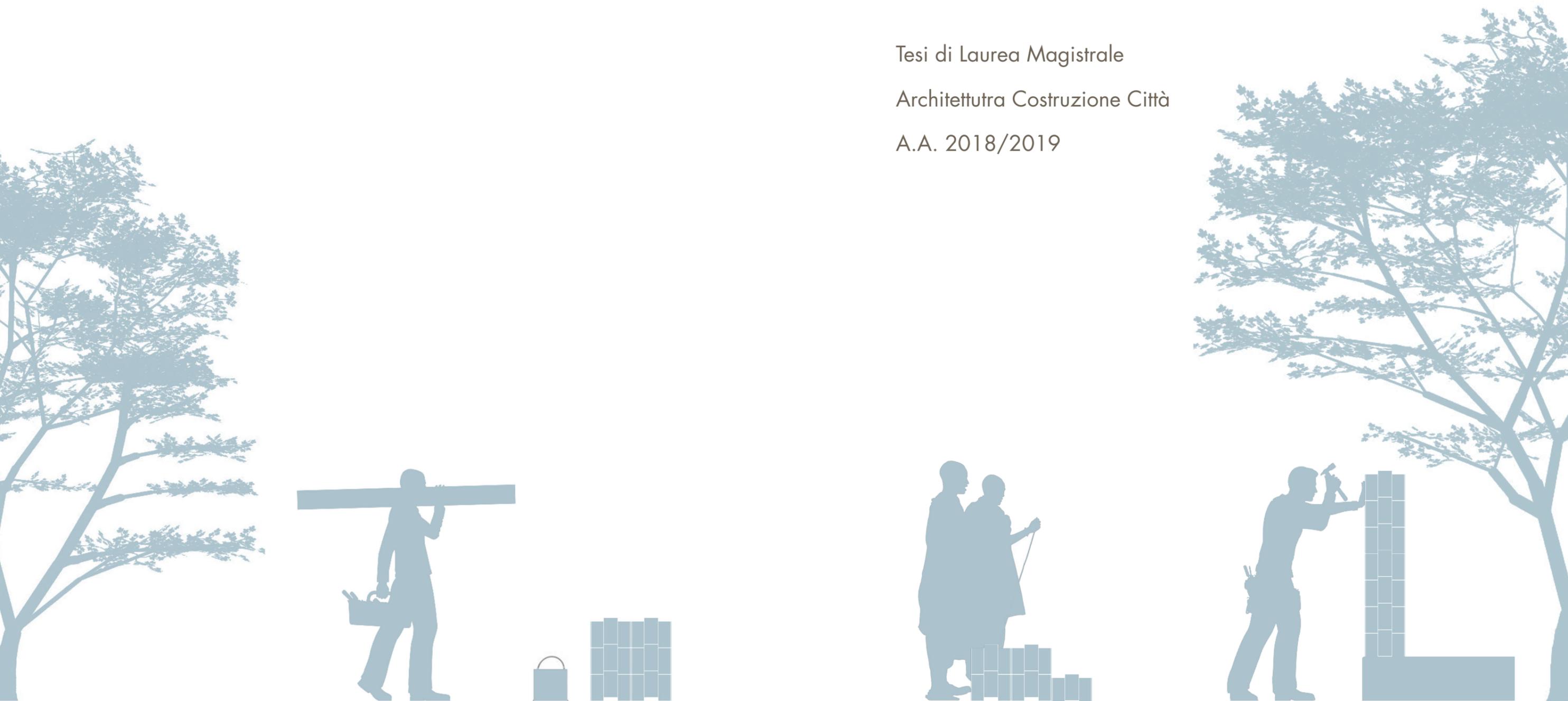
Valutazione tecnologica sul processo di autocostruzione dell’intervento abitativo *“The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County”*

Danila D’Addario

Tesi di Laurea Magistrale

Architettura Costruzione Città

A.A. 2018/2019



POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
Architettura Costruzione Città



Tesi di Laurea Magistrale

Valutazione tecnologica sul processo di autocostruzione dell'intervento abitativo *"The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County"*

Relatore:

Prof.ssa Elena Piera Montacchini

Correlatori:

Arch. Roberto Pennacchio

Arch. Jorge Adán Sánchez Reséndiz

Candidato:

Danila D'Addario (234876)

A.A. 2018/2019

Alla mia famiglia

INDICE

Indice	4-5	3. Capitolo 3: Le esigenze del progetto	88
Abstract	7-8	3.1. Le esigenze dell'utenza e la teoria della qualità	91
Introduzione	9-12	3.2. Le esigenze di Marsabit	92
<ul style="list-style-type: none">• Ipotesi e obiettivi della ricerca• Descrizione della metodologia• Struttura dell'elaborato		3.3. I requisiti e le strategie per un clima caldo-arido	98
1. Capitolo 1: La terra cruda come materiale da costruzione	15	3.4. Modalità di analisi	101
1.1. La terra come materiale da costruzione nella storia dell'uomo	17	3.5.1. Strategie e requisiti per la sicurezza	102
1.2. La terra come materiale da costruzione nel presente	19	3.5.2. Strategie e requisiti per il benessere	109
1.3. La scelta della terra	21	3.5.3. Strategie e requisiti per la fruibilità	118
1.4. Le prove sul campo	23	3.5.4. Strategie e requisiti per l'aspetto	119
1.5. Le prove di laboratorio	26	3.5.5. Strategie e requisiti per la gestione	121
1.6. Le principali tecniche costruttive	27	3.5.6. Strategie e requisiti per l'integrabilità	123
1.6.1. Adobe	28	3.5.7. Strategie e requisiti per la salvaguardia dell'ambiente	124
1.6.2. Terra battuta	30	3.6. Valutazione complessiva	126
1.6.3. Terra impilata	31	Bibliografia e sitografia	130
1.7. Lo sviluppo della tecnologia dei BTC	33	4. Capitolo 4: Osservazione dell'esistente	132
1.7.1. La preparazione della miscela	35	4.1. La qualità del progetto	135
1.7.2. Le presse utilizzabili	36	4.2. I requisiti da migliorare	135
1.7.3. Le varie tipologie di BTC	37	4.3. L'analisi dei casi studio	137
1.7.4. La messa in opera	39	4.3.1. Protezione (dai fenomeni di degrado) e affidabilità degli elementi costruttivi	139
Bibliografia e sitografia	40	4.3.2. Illuminazione notturna	148
2. Capitolo 2: Un esempio di architettura "ibridata": il progetto di Marsabit	42	4.3.3. Aperture e controllo della luminosità	150
2.1. Autocostruzione in terra nei paesi del <i>Global South</i>	45	4.3.4. Distribuzione interna strategica	156
2.2. L'operato delle ONG per l'emergenza abitativa	47	4.3.5. Compatibilità all'autocostruzione	158
2.3. Il progetto di HABITAT: <i>The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County</i>	47	4.3.6. Scelta della stratigrafia di copertura	165
2.4. Marsabit: il contesto del progetto	50	Bibliografia e sitografia	170
2.4.1. Dati geografici	50	5. Capitolo 5: La formulazione delle alternative	172
2.4.2. Dati climatici	50	5. Strategie di intervento	175
2.4.3. Dati demografici ed economici	54	5.1. Protezione (dai fenomeni di degrado) e affidabilità degli elementi costruttivi	175
2.5. Architettura tradizionale	56	5.2. Illuminazione notturna	180
2.5.1. Il processo di evoluzione della casa nella storia	58	5.3. Aperture e controllo della luminosità	181
2.5.2. L'evoluzione nel XX secolo e le tipologie di Marsabit	60	5.4. Distribuzione interna strategica	184
2.6. L'intorno del progetto	62	5.5. Distribuzione interna strategica	185
2.7. Planimetria	66	5.6. Compatibilità all'autocostruzione	186
2.8. Le tipologie di abitazione	69	5.7. Risoluzione delle problematiche	192
2.9. Le soluzioni tecnologiche	75	5.8. Valutazione del progetto post-interventi di miglioramento	195
2.10. Le stratigrafie	78	Bibliografia e sitografia	198
Bibliografia e sitografia	85	<ul style="list-style-type: none">• Conclusioni• Ringraziamenti	200 204

Abstract

Le origini delle costruzioni in terra non possiedono una datazione definita, esistono da tempi immemori e si scorgono in tutte le parti del mondo, mostrando i segni di civiltà antenate e contemporanee e delle loro opere architettoniche. La terra cruda rimane ancora oggi il materiale più diffuso in campo edilizio, in grado di adattarsi ad una varietà di contesti e a soddisfare molteplici esigenze. Difatti, ciò che lo rende davvero unico è la sua reperibilità in qualsiasi angolo del pianeta e la sua lavorabilità a basso costo. La terra può essere vista come una possibile chiave per la risoluzione dell'emergenza abitativa che dilaga nei paesi del *Global South*, capace di fornire riparo e protezione grazie alla sua semplicità di trasformazione a basso costo. Non a caso, è tra i materiali più utilizzati nei progetti insediativi delle ONG, che mostrano in maniera pratica la sostenibilità e la compatibilità all'autocostruzione dell'architettura di terra.

L'idea di questa tesi nasce dall'unione tra la riscoperta delle potenzialità della terra come materiale da costruzione *low-tech* e l'incontro con un architetto della UN-HABITAT, impegnata nella progettazione di un'area residenziale in una delle principali città del Kenya, Marsabit. La possibilità di una collaborazione subito è stata chiara, così da fornire alla tesi un caso reale di applicazione attraverso *"The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County"* e di indagine per conseguire i seguenti obiettivi:

1. Individuare le criticità del progetto attraverso l'analisi e la valutazione delle strategie adottate confrontandole con le soluzioni consigliate da manuali di progettazione specifici per realizzare edifici in BTC (Blocchi di Terra Compressa) in un clima caldo-arido come quello del Kenya;
2. Formulazione di alternative tecnologiche più performanti attraverso il confronto con casi studio di progetti simili;
3. Miglioramento dell'intervento attraverso la proposta di soluzioni costruttive in grado di risolvere le problematiche riscontrate, affinché siano compatibili con un processo di autocostruzione, basato sulla rivisitazione di tecnologie tradizionali e sull'utilizzo di tecniche e materiali locali.

Il lavoro si articola in quattro grandi blocchi, che si focalizzano sui vari aspetti trattati:

1. Un'indagine sulla terra come materiale da costruzione mettendo in evidenza la sua flessibilità e le sue numerose proprietà energetiche. In particolare, maggiore attenzione è posta alla tecnica dei BTC (Blocchi di Terra Compressa) in quanto è quella scelta dai progettisti;
2. La presentazione del caso studio: il progetto *"Sustainable low cost housing development in Marsabit Country"* della UN-HABITAT, quindi la descrizione della soluzione progettuale proposta, focalizzandosi sulle strategie compositive da adottare in un clima caldo-arido e alle conseguenti scelte dei materiali e relative tecniche costruttive;
3. Individuazione delle problematiche delle unità abitative, attraverso un'attenta valutazione dei requisiti degli elementi edilizi, scaturite dall'unione della normativa europea "UNI 8289:1981. Edilizia. Esigenze

- dell'utenza finale. Classificazione" e delle esigenze espresse dalla popolazione di Marsabit, tramite dei questionari di UN-HABITAT;
4. Formulazione delle alternative di miglioramento derivanti dall'analisi di casi studio di progetti simili e da ricerche effettuate considerando la disponibilità di risorse a Marsabit. In seguito all'applicazione delle nuove proposte, è stato rivalutato il progetto, confrontando i risultati con quelli della fase precedente.

In conclusione, questa tesi vuole promuovere la terra come materiale da costruzione per riscoprire, nel presente, quella conoscenza millenaria che offre soluzioni semplici e naturali per rispondere a situazioni di emergenza abitativa, in un paese complesso come il Kenya.

Introduzione

1. Ipotesi e obiettivi della ricerca

Nel 1999, in Kenya entra in vigore la *Environmental Management and Coordination Act of Kenya*, legge in cui si richiede la valutazione d'impatto ambientale e sociale (EISA) per ogni progetto di edilizia abitativa. Ciò mostra un profondo interesse da parte degli enti governativi sia verso le problematiche climatiche e ambientali che stanno preoccupando tutti i continenti, sia un tentativo di miglioramento del livello di vita della popolazione. Grazie a questo nuovo impulso di progresso, nel corso degli anni sono stati diversi i progetti ad occuparsi di uno sviluppo edilizio e sociale più controllato e sensibile ai temi ecologici. Difatti, seguendo questa scia, nel 2014 prende avvio un importante programma umanitario, guidato da UN-HABITAT, *"The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County"*, che ha come scopo la realizzazione di 100 unità abitative nella periferia della città di Marsabit. La situazione abitativa è considerata come un pilastro fondamentale nel realizzare gli obiettivi di sviluppo a lungo termine del Kenya che si è definita, nella *Vision 2030*¹, "una nazione che ospita in modo adeguato e dignitoso un ambiente sostenibile". Il problema principale per ciò che riguarda la qualità della vita e sviluppo nell'area di Marsabit, considerando le inadeguatezze emerse nei vari documenti di pianificazione dei dipartimenti della contea, è lo scarso numero di alloggi dedicato ai cittadini, dovuto alla veloce crescita demografica della città. Il progetto, difatti, cerca di affrontare la carenza di abitazioni, utilizzando strategicamente le risorse locali e ideando disegni di edifici compatibili alla comunità esistente, secondo un approccio mirato all'autocostruzione. "Il coinvolgimento delle parti interessate è fondamentale in ogni fase del progetto per quanto riguarda il design, gli standard, l'approvvigionamento di materiale, le questioni sociali così come le quelle ambientali, di sicurezza e di salute"².

Questo lavoro di ricerca si appoggia al progetto *"The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County"*, il quale viene valutato in termini di esigenze e requisiti edilizi, con lo scopo di individuare e risolvere le criticità emerse dall'analisi. In altre parole, lo scopo principale di questa tesi è quello di avanzare proposte alternative a soluzioni tecnologiche non reputate pienamente performanti nel contesto di Marsabit, in cui la semplicità di costruzione deve essere il principio che guida l'intero intervento. Le strategie suggerite derivano da un'attenta analisi del quadro culturale, sociale e ambientale in cui si insedia il progetto di UN-HABITAT, al quale si affianca il rigore della normativa europea, ovvero della "UNI 8289:1981. Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione", utilizzata quasi come un promemoria delle necessità di fruizione di un qualunque manufatto architettonico. Nell'avanzare le proposte, si è tenuta sempre in considerazione la compatibilità con l'autocostruzione organizzata in cooperativa, che ruota attorno ai seguenti criteri: "dai connotati socio-economici e culturali dell'utenza, dalle tecnologie disponibili o comunque impiegabili, dal budget in possesso"³. Dunque, le proposte cercano di esaltare le tradizioni architettoniche di quest'area geografica con un manufatto che unisce saperi occidentali a quelli africani, sfruttando

¹ È un programma di sviluppo economico, sociale e politico che coinvolge l'intero paese, lanciato nel 2008 dal presidente Mwai Kibaki, il cui obiettivo è quello di rendere il Kenya un paese a reddito medio di nuova industrializzazione.

² *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey. Marsabit, Settembre 2016, p.13.*

³ L. Aiello; G. Garau; F. Novi; R. Raiteri; E. Zambelli, *Autogestione e autocostruzione organizzata e assistita*, in "Autocostruzione Oggi", Ente Fiere di Bologna, Bologna, 1982, p. 80.

delle risorse reperibili in un raggio di chilometri esiguo, messe in opera attraverso tecniche costruttive poco complesse, in grado di essere riprodotte autonomamente dalla popolazione nel futuro. Procedendo secondo le modalità sopracitate, è evidente la conformità del progetto di UN-HABITAT e delle nuove soluzioni rispetto alla *Vision 2030* e ai principi della sostenibilità, che fanno parte del programma di sviluppo:

- ambientale: attenzione alla climatologia del sito e sviluppo di manufatti energeticamente efficienti, attraverso tecnologie a basso impatto sull'ambiente;
- economica: utilizzo di tecniche costruttive semplici e a basso costo che sfruttano i materiali locali, eliminando quasi del tutto i costi di trasporto e di manodopera specializzata;
- sociale: rispetto del contesto, esaltazione delle tradizioni architettoniche e culturali della zona, attraverso edifici dall'aspetto "occidentale", che riflettono il desiderio di progresso cercato dalla popolazione.

2. Descrizione della metodologia

La metodologia con cui si vuole procedere per raggiungere l'obiettivo finale che si prefissa la tesi può essere sintetizzata nei seguenti punti:

1. Analisi dello stato dell'arte sull'utilizzo della terra come materiale da costruzione;
2. Indagine sul contesto storico-culturale per calarsi nel contesto del luogo di progettazione, conoscendo e rispettando così le caratteristiche peculiari della società di Marsabit;
3. Descrizione della climatologia di Marsabit, fondamentale per comprendere le scelte progettuali da adottare in quest'area equatoriale;
4. Studio dell'architettura tradizionale keniota e della sua evoluzione nel tempo, per capire le origini della popolazione e del contesto su cui si agisce;
5. Descrizione dell'intervento "*The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County*", attraverso planimetrie, piante, sezioni e tecnologie adoperate;
6. Individuazione delle sette classi di esigenze dell'utenza, con il supporto della norma "UNI 8289:1981. Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione";
7. Traduzione delle esigenze in requisiti edilizi, con l'appoggio del manuale di UN-HABITAT "*Manual on Sustainable Building for Hot and Arid areas. Marsabit country*";
8. Valutazione dei requisiti tecnologici;
9. Analisi della valutazione complessiva e divisa per classi di esigenze, individuando i punti deboli;
10. Ricerca e analisi di casi studio di progetti simili come spunto per la risoluzione delle problematiche emerse;
11. Proposta di nuove soluzioni tecnologiche con lo scopo di migliorare le carenze individuate nelle fasi precedenti;
12. Valutazione del progetto dopo l'applicazione delle proposte.

3. Struttura dell'elaborato

La tesi si articola in 5 capitoli in cui è racchiuso il lavoro di ricerca effettuato per il raggiungimento dell'obiettivo:

- **Capitolo 1:** breve digressione sulla terra come materiale da costruzione nella storia, con relativi esempi, e sulle normative di costruzione a riguardo nel presente. Vengono elencate le prove sul campo e di laboratorio da effettuare per verificare se la terra scelta ha delle caratteristiche consone all'uso edilizio; sono poi descritte le principali tecniche con cui vengono realizzati gli edifici in terra, ponendo particolare attenzione a quella dei blocchi di terra compressa, alla quale è dedicata l'ultima parte del capitolo in cui si tratta della miscela, delle presse, delle varie tipologie e della messa in opera.
- **Capitolo 2:** cenni sull'autocostruzione nei paesi del *Global South*, facendo riferimento all'operato di UN-HABITAT, alla quale è stato commissionato il progetto "*The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County*", mettendo in evidenza il contesto geografico (esponendo la climatologia e le risorse economiche), sociale e culturale (attraverso l'analisi della tradizione architettonica locale). In seguito, si passa alla vera e propria descrizione dell'intervento abitativo, partendo dall'analisi delle planimetrie fino a giungere al dettaglio costruttivo, per esaminare le tecnologie utilizzate
- **Capitolo 3:** esposizione delle classi di esigenze dell'utenza fruitrice di un manufatto architettonico, secondo la normativa "UNI 8289:1981. Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione". Nel paragrafo successivo sono elencate le esigenze specifiche della popolazione di Marsabit, evidenziate dal dossier di UN-HABITAT "*Environmental And Social Baseline Survey*", attraverso la somministrazione di questionari alle famiglie del luogo. Infine, sono state unite le esigenze progettuali espresse dalla normativa a quelle di Marsabit, elaborando un elenco composto da 27 necessità, divise per classi. Queste sono state tradotte in 56 requisiti degli elementi edilizi, ricercati attraverso il manuale di progettazione di UN-HABITAT "*Manual on Sustainable Building for Hot and Arid areas. Marsabit country*". La soddisfazione di questi requisiti è stata valutata, analizzandone uno per volta, attraverso una scala di valori da 0 a 3, in base al livello nel progetto. In seguito, è stata proposta una valutazione globale e divisa per classi, mettendo in relazione il valore (0,1,2,3) e il numero di volte in cui è stato assegnato, individuando così i punti deboli del progetto.
- **Capitolo 4:** dall'analisi delle problematiche emerse, sono state formulate sei proposte per la risoluzione. Come spunto per il miglioramento del progetto sono stati presentati dodici casi studio di interventi che si basano sull'autocostruzione. Questi sono stati divisi in sei gruppi, ognuno dei quali è associato ad una proposta.

- **Capitolo 5:** in seguito all'osservazione dei casi reali, sono state avanzate delle proposte, tenendo sempre conto del rispetto delle tradizioni, dei materiali e delle tecniche costruttive locali. Infine, è stata riproposta una valutazione globale e per classi di esigenze dell'intervento per evidenziare i miglioramenti apportati dalle proposte.

CAPITOLO 1:

LA TERRA CRUDA COME MATERIALE DA COSTRUZIONE

"I migliori materiali edilizi saranno quelli che in prossimità del terreno di costruzione imporranno il minor impatto ambientale: dal legno, in prossimità dei boschi, alla terra cruda, ovunque."

Giuseppe Pavani, *Autocostruzione: un modo "nuovo" di fare architettura per soddisfare i crescenti bisogni dell'umanità*, in "Autocostruzione Oggi", Ente Fiere di Bologna, Bologna, 1982, p. 132

1.1. La terra come materiale da costruzione nella storia dell'uomo

La scelta del materiale da impiegare in ambito edilizio, fin dai tempi più antichi, era vincolata alla **reperibilità** delle risorse sul territorio; dunque, la terra cruda, insieme al legno e alla pietra, è considerata tra i primi materiali da costruzione nella storia dell'uomo. Il suo utilizzo e il suo sviluppo tecnologico segnano il passaggio dalla cultura del riparo a quella della capanna, quindi da una società nomade e primitiva ad una stabile e neolitica di agricoltori.

Le origini delle costruzioni di terra sono difatti **antichissime**, probabilmente risalgono ad un periodo compreso tra 12.000 a.C. e il 7.000 a.C., e sono diffuse in tutto il mondo (figura 1). Mostrano diverse tecniche costruttive che rappresentano la prova della strettissima relazione con il luogo, quindi con le relative caratteristiche morfologiche e climatiche e del diverso contesto culturale e sociale.

I primi ritrovamenti di edifici in terra sono risalenti ad un'età compresa tra i 6000 e gli 10000 a.C. nell'antica **Mesopotamia** (attualmente una parte dell'Iran e una del Siria), luogo della rivoluzione agricola e delle prime società urbane. Un esempio sono i resti archeologici di Uruk, la città più maestosa della regione, di cui i ruderi dell'antica muraglia di adobe sono visibili ancora oggi, così come la grande ziggurat (figura 2), un tempio dedicato alle divinità, il cui nucleo interno, realizzato in mattoni in adobe, è ricoperto da uno strato di mattoni in laterizio cotti. Altri straordinari esempi che mostrano le potenzialità della terra sono la città di Shibam nello Yemen, con palazzi di 9 piani abitati da circa 2000 anni (figura 3), il Minareto della moschea di Al-mihdhar, alto 53 m e costruito interamente in mattoni di fango, ovvero con la metodologia adobe (figura 4); l'oasi himyarita di Najran, il più grande insediamento cristiano dell'intera penisola araba fino all'arrivo dell'islam, interamente costruito in corsi sovrapposti di terra battuta (figura 5), tecnica della terra impilata.

Un altro continente in cui l'architettura di terra ha prodotto un patrimonio eccezionale è l'**Africa**, in cui, a partire dall'antico regno egizio, sono state edificate grandiose opere con differenti tecniche costruttive.

Uno dei siti più interessanti è sicuramente l'antica città di Djenné a Mali, risalente al 250 a.C. che si compone di quattro siti archeologici: Djenné-Djeno, Hambarkétolo, Kaniana e Tonomba, essenziali per comprendere le origini dell'architettura africana pre-islamica e di come questa si sia adattata alle necessità locali sfruttando anche i materiali del luogo. Successivamente, tra il XV e il XVI secolo, Djenné divenne un importante centro islamico in cui fu edificata una maestosa moschea in adobe (figura 6), rivestita da uno strato di fango e decorata con legno di palma, utile anche nel momento della manutenzione dell'involucro. Attraversando il Sahara, fino a raggiungere il sud del Marocco, sono degne di nota le ksar, delle città di terra con grandi agglomerati abitati protetti da una muraglia. Un esempio è la Ksar di Ait Ben Hadu, nella provincia di Uarzazat, completamente sviluppata con il sistema dell'adobe (figura 7).

Parallelamente, l'architettura di terra ha avuto un grande sviluppo anche in **Sud America** prima della colonizzazione, in cui sono presenti alcune città costruite interamente in terra come, ad esempio, la Ciudadela de Chan

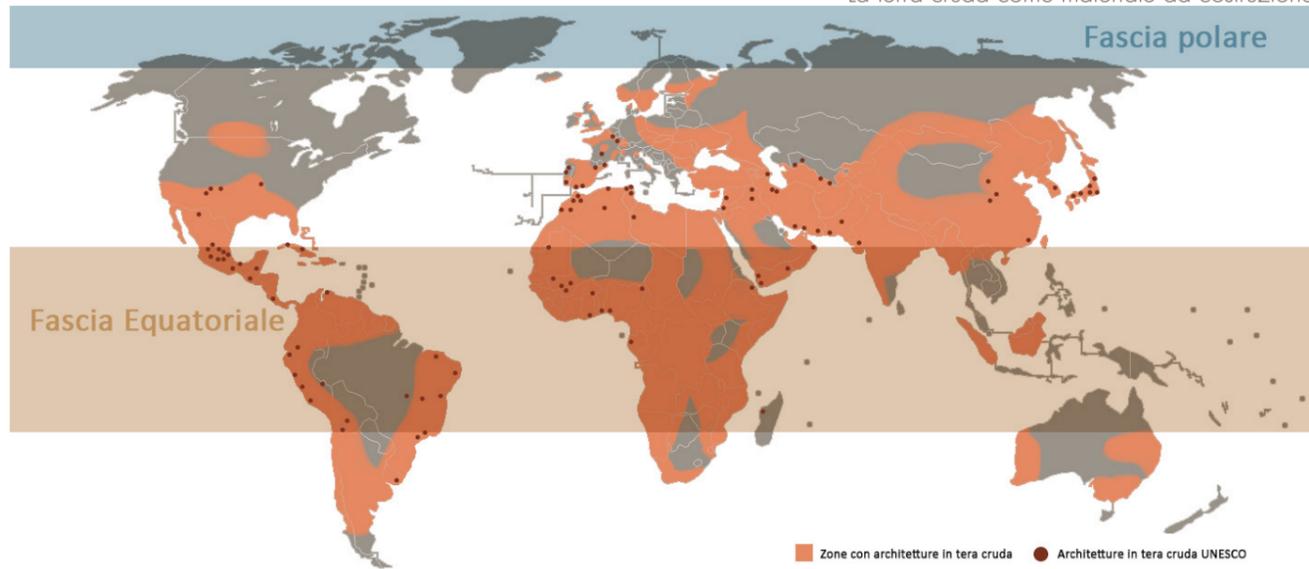


Figura 1: Planisfero della diffusione dell'architettura di terra (Fonte: elaborazione propria)
 Figura 2: grande ziggurat di Uruk (Fonte: <http://civiltatantichieantichimisteri.blogspot.com/>)
 Figura 3: moschea di Al-mihdhar (Fonte: <http://www.scienze-ricerche.it/?p=2662>)
 Figura 4: città di Shibam nello Yemen (Fonte: <https://it.123rf.com/>)

Chan, a Trujillo in Perù, che conta 9 grandi complessi di carattere religioso, politico e commerciale, delimitati da robuste mura di terra. La tecnica più diffusa era quella dell'adobe e della terra impilata, quest'ultima inoltre era caratterizzata da delle decorazioni antropomorfe o con motivi astratti. Anche in Europa, in particolare tra il XV e il XIX secolo, in Francia e in Germania vi è una grande diffusione di costruzioni in pisè, che si intensifica grazie alla pubblicazione di Francois Cointeraux del *Traité sur la construction des manufactures et maison de capagne* nel 1791. Anche in Italia i manufatti in terra, sia in contesti urbani che rurali, sono numerosi e presenti nelle varie regioni con differenze tecniche costruttive, specchio delle diverse contaminazioni culturali che caratterizzano il nostro territorio: troviamo quindi il massone in Marche e Abruzzo, il ladiri in Sardegna, il pisè e l'adobe in Piemonte. più diffusa era quella dell'adobe e della terra impilata, quest'ultima inoltre era caratterizzata da delle decorazioni antropomorfe o con motivi astratti.

1.2. La terra come materiale da costruzione nella storia dell'uomo

Attualmente quasi il 50% della popolazione mondiale vive in abitazioni basate su materiali derivati dalla terra. La maggior parte della costruzione, al momento, si trova nei paesi meno sviluppati, in particolare in alcuni stati dell'Africa, del Sud America e dell'Asia; tuttavia, alcuni esempi sono rintracciabili anche in Germania, Francia e Regno Unito. L'impiego della terra nell'edilizia è aumentato sostanzialmente negli Stati Uniti, in Brasile e in Australia grazie, soprattutto, ai programmi di costruzione sostenibile, in cui la terra assume un ruolo chiave. Il laboratorio francese CRATerre, fondato a 1979 e legato alla Scuola di Architettura di Grenoble, che acquistò una dimensione istituzionale nel 1986 attraverso il riconoscimento del governo francese, mantiene costantemente una forte azione nella promozione della costruzione della terra, attraverso progetti e workshop in tutto il mondo e, soprattutto grazie alla continua collaborazione con le cooperazioni di sviluppo. Per quanto riguarda la Germania, in alcune facoltà di architettura vengono organizzati veri e propri master per specializzarsi nel settore delle costruzioni in terra, così come corsi di formazione professionale che conferiscono il titolo di in questo specifico ambito.

Le architetture di terra non dipendono semplicemente da una formazione adeguata dei progettisti e dalla scelta dei materiali più consoni al sito, ma anche da regolamenti specifici. Diversi sono i paesi che hanno già norme a riguardo. In Germania il primo codice di costruzione della terra risale al 1944, ma solo nel 1951 con la norma DIN 18951, questi regolamenti sono stati messi in pratica. Inoltre, nel 1998 la Fondazione tedesca per l'ambiente divulgò diverse raccomandazioni tecniche note come "*Lehmbau Regeln*". Nel corso degli anni sono stati adottati da tutti i Stati tedeschi ad eccezione di Amburgo e Bassa-Sonia. L'Australia è stato uno dei primi paesi ad avere regolamenti specifici sulla costruzione di terra.

Nel 1992 il Ministero dei trasporti spagnolo ha pubblicato un documento intitolato "Basi per la progettazione e costruzione con terra battuta" per tutelare gli edifici in adobe. Gli Stati Uniti non hanno nessuna regolamentazione specifica relativa alla costruzione della terra; ma possiede delle direttive a livello sismico. La Nuova Zelanda ha uno dei più normative



Figura 5: l'oasi himyarita di Najran (Fonte: <http://looklex.com/e.o/najran.htm>)

Figura 6: moschea di Djinnè (Fonte: <http://re-trust.org/>)

Figura 7: Ksar di Ait Ben Haddou (Fonte: http://www.sempreilmoto.it/mototouring-morocco/travel/ait_ben_haddou1.shtml)

legali più avanzate. Infine, dal 2001 lo Zimbabwe ha adottato il "Code of Practice for Rammed Earth Structures", che regola tutto il processo produttivo degli edifici in terra cruda. Per quanto riguarda l'Italia, nonostante i numerosi esempi di costruzioni in terra disseminate nella maggior parte del territorio, come prova di tecniche costruttive antiche e affidabili anche in zone sismiche, è presente solo una proposta di legge "Disposizioni per la promozione delle costruzioni in terra cruda" risalente al 2004.

1.3. La scelta della terra

"Con il termine terra si fa riferimento ad un aggregato naturale di particelle minerali catalogabili in funzione delle loro dimensioni, sulla base di uno schema convenzionale di classificazione"¹. Si tratta di un **materiale anisotropo**, le cui particelle sono eterogenee e di natura organica, che presenta una percentuale di acqua sotto forma di umidità e di aria, distribuite in maniera disomogenea. Difatti, il materiale da utilizzare nella costruzione, deve essere prelevato da una profondità adeguata, di almeno 50 cm, in modo che non contenga resti organici e che sia il più omogenea possibile. Esso a sua volta dovrà essere analizzato per determinare le sue proprietà e se quindi è adatto alla costruzione.

La caratteristiche della terra cambiano in base al luogo del prelievo, in quanto hanno un'origine diversa:

- Terra cruda di montagna o pendii
- Detriti glaciali
- Marne
- Terra cruda alluvionale
- Löss (o di origine eolica)

Terre ghiaiose: il componente dominante che presenta una granulometria con dimensioni maggiori, tra i 2 e i 60 mm, è la ghiaia. Essa è un costituente stabile del suolo che non subisce trasformazioni rilevanti. I suoli ghiaiosi si trovano lungo i pendii delle montagne, lungo le sponde di corsi d'acqua turbinosi e in zone moreniche, non sono adatti alla costruzione in quanto non possono essere compressi per la formazione di blocchi e sono sprovvisti di materiali leganti.

Terre sabbiose: il componente che presenta una granulometria compresa tra i 0,06 e 2 mm è la sabbia, composta da grani di vari minerali, in particolare di quarzo. Si trova in riva al mare, lungo corsi d'acqua di media velocità e in depositi morenici. Quando è asciutta non possiede coesione come i terreni ghiaiosi, mentre quelli argillosi non sono adatti alla costruzione se non adeguatamente mescolati. Un ottimo impasto si può ottenere aggiungendo dell'argilla, inoltre è adatto alla stabilizzazione con cemento Portland per la produzione di blocchi.

Terre limose: il componente dominante che presenta una granulometria con dimensioni comprese tra i 0,002 e i 0,006 mm, è il limo. I granuli non sono più distinguibili, date le dimensioni ridotte, e si trovano ovunque perché sono trasportati da acqua e vento. I granelli secchi di limo presentano resistenza all'attrito della sabbia ma non godono di coesione, invece, umidi hanno una buona coesione e presentano una variazione del volume. Un terreno limoso presenta una resistenza meccanica e una comprimibilità

¹ A. Giorgi, *Guida pratica alle costruzioni in terra cruda*, Aracne, Roma, 2014, p. 17.

abbastanza basse ma, mescolato ad un terreno sabbioso, queste proprietà migliorano notevolmente. Infine, si può adoperare la stabilizzazione con cemento Portland.

Terre argillose: il componente dominante che presenta una granulometria con dimensioni inferiori ai 0,002, è l'argilla; la sua funzione è quella di legante degli elementi maggiori, che costituiscono lo scheletro del terreno. Si trova nelle pianure alluvionali, lungo le coste, nei depositi ai piedi dei monti in cui si formano nuovi legami durante l'erosione di rocce con feldspati, alle quali si aggiungono altri minerali come il quarzo, la calcite, gli ossidi ferrosi ecc. L'argilla umida è molto malleabile e collosa mentre asciutta è molto compatta e dura. Essa è un materiale stabile, il più adatto alla costruzione, tanto che i mattoni di adobe possono essere scavati direttamente in un terreno di questo tipo, senza l'aggiunta di altri aggregati.

Attraverso un'analisi più approfondita della proporzione relativa delle singole frazioni dimensionali si possono determinare altre classi granulometriche del suolo in questione; in tutto sono 12 (figura 8), secondo l'USDA² e accettato a livello mondiale.

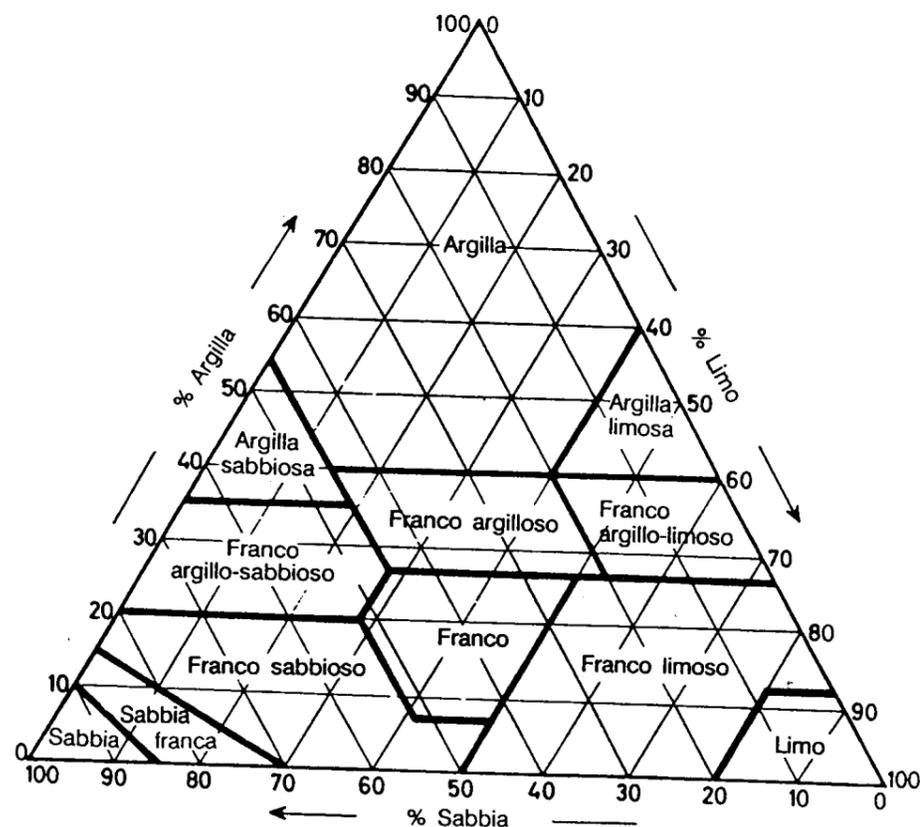


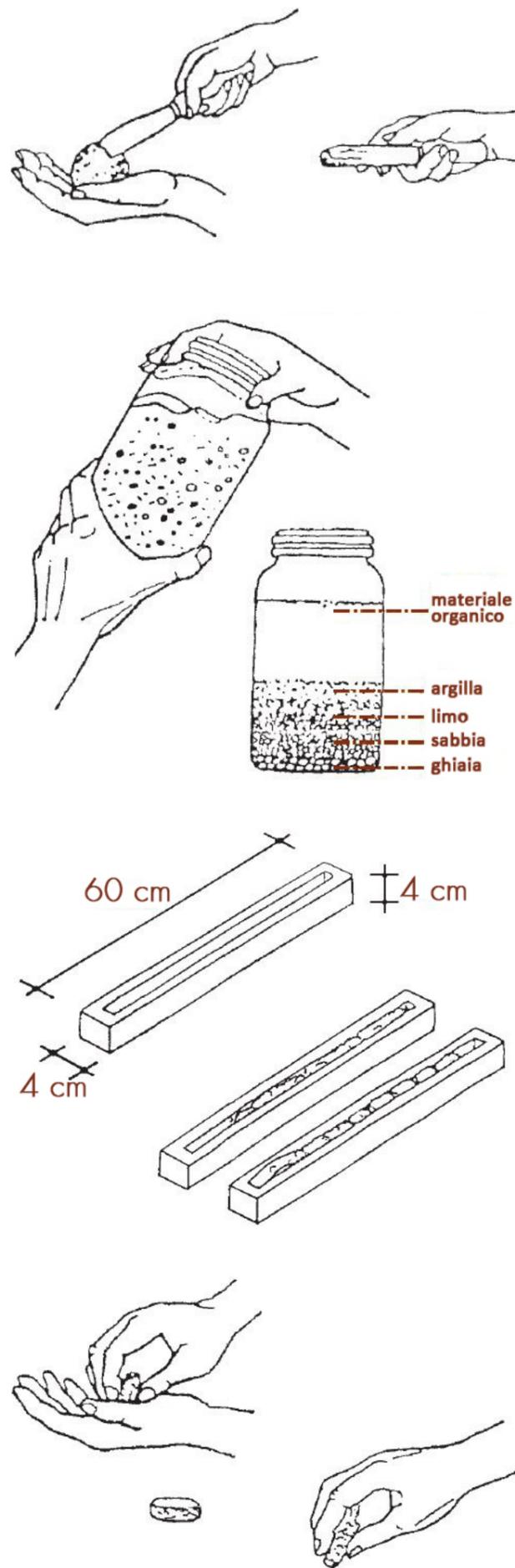
Figura 8: triangolo per la determinazione della classe granulometrica e tessitura dei suoli. (Fonte: <https://informagricoltura.wordpress.com/2013/04/16/la-tessitura-del-terreno/>)

1.4. Le prove sul campo

Con **prove sul campo**, dette anche *Simple field test*, si indica l'insieme di verifiche semplici e immediate da svolgere direttamente nel sito in cui usare la terra come materiale da costruzione. Questa serie di operazioni richiede poca manualità ma un po' di esperienza per saper interpretare nella maniera corretta i risultati. Le prove messe a punto sono numerose ma sono tutte accomunate dall'obiettivo di un'analisi preliminare delle caratteristiche della terra e soprattutto della sua **composizione granulometrica**. In seguito vengono elencate e descritte in breve le prove più comuni ed efficaci che si è soliti svolgere per determinare la percentuale dei componenti del suolo.

- **Verifica al tatto:** si poggia un pugno di terra sulla mano e con l'altra si frantumano eventuali agglomerati; se si percepisce una sensazione di abrasione sulle dita è sintomo di presenza di sabbia, in quanto i granelli di argilla e limo non si percepiscono. Questi invece si avvertono se comprimendo l'impasto si sente una resistenza. Se si umidifica la terra, subito si noterà come una sabbiosa diventerà poco coesa e plastica, mentre quella argillosa rimarrà plastica e collosa.
- **Verifica visiva:** si preleva un campione di terra e si sbriciola in modo da ottenere una granulometria omogenea e si lascia essiccare, in seguito si studia il colore, che determina in maniera molto approssimativa la presenza di alcuni determinati componenti. Se si ha un colore bianco-grigio si ha una presenza di gesso e calce, quindi un suolo di facile erosione. Il grigio chiaro indica la presenza di limo, anch'esso di facile erosione e debole coesione. Il giallo-ocra è proprio di un suolo ricco di minerali contenenti sali di carbonio o idrati di carbonio. Il rosso e marrone scuro indica la presenza di ossidi di ferro nella prima coloritura per arrivare alla seconda che indica argilla e calcio.
- **Verifica all'olfatto:** prova che permette di verificare la presenza di materia organica nel suolo, che di solito si presentano di un colore molto scuro. Una terra ricca di materiale organico presenta un forte odore di muffa e humus se riscaldata o umidificata.
- **Verifica al lavaggio:** si effettuano diversi cicli di lavaggio per eliminare gli elementi più grossi; successivamente si aggiunge dell'acqua fino ad ottenere una massa plastica per verificare la presenza di argille. Una volta terminata questa fase, si lavano le mani e se i grani si staccheranno dalle mani facilmente la terra sarà di tipo sabbioso mentre, al contrario, sarà argilloso.
- **Verifica di aderenza** (figura 9): si prende una massa di terra umida, si forma una palla con i palmi delle mani e si affonda una lama o una spatola. Se questa entra con difficoltà e se la terra rimane sulla lama quando si estrae, si tratta di terra argillosa; in caso contrario, si tratta di una terra poco o non argillosa se non si percepisce nessuna resistenza anche se la lama risulta sporca dopo l'estrazione.
- **Sedimentazione** (figura 10): prova più precisa per determinare la percentuale di ogni frazione di suolo, una semplificazione il test di sedimentazione che può essere effettuato sul campo. Si utilizza un barattolo di vetro a fondi piatto di capacità di almeno 1 litro e si riempie

² United States Department of Agriculture, Dipartimento dell'agricoltura degli Stati Uniti d'America.



per $\frac{1}{4}$ di terra e per i restanti $\frac{3}{4}$ di acqua pura e si lascia riposare il contenuto per un tempo utile che favorisca l'indebolimento delle particelle del suolo. In seguito si agita per bene il barattolo e si lascia decantare per almeno 1 ora, questo si ripete due o tre volte, lasciando depositare il materiale per 8 ore. A questo punto si può misurare l'altezza dei vari strati, ponendo particolare attenzione alla percentuale delle frazioni più piccole perchè risulteranno dilatate.

- **Test di Alcock o di ritiro lineare** (figura 11): si esegue con il supporto di una scatola di legno che misura 60x4x4 cm con una scanalatura profonda 1 cm, ingrassata precedentemente con vasellina, prima di riempirla di terra con un tenore di umidità ottimale. Assicurarsi che il terreno venga pressato in tutti gli angoli della scatola usando una piccola spatola di legno che può anche essere usata per levigare la superficie. Esporre la scatola piena al sole per un periodo che varia dai tre giorni al sole o a sette giorni all'ombra. In seguito, misurare la lunghezza della terra indurita e asciugata rispetto alla lunghezza della scatola e calcolare la lunghezza di restringimento del terreno.
- **Resistenza a secco** (figura 12): si preparano due o tre "biscotti" di terra allo stato plastico che si lasciano essiccare al sole fino a quando non siano completamente asciutti. Si spezzano a metà e si fanno sbriciolare tra le dita: se risultano molto difficili da rompere e si sbriciola in un colpo secco o non si riesce, si tratta di argilla pura, se si riesce a polverizzare si tratta di un'argilla ricca di limi o sabbia, se l'impasto si sbriciola senza difficoltà, si tratta di un suolo molto sabbioso o con un'alta presenza di sabbie e poca argilla.
- **Trasudamento** (figura 13): si prepara con le mani una pallina di 2-3 cm di diametro con terra allo stato plastico con granuli inferiori ai 5 mm, la si appiattisce e la si batte per far uscire l'acqua. Si può presentare liscia, ruvida o brillante. Si pressa la terra con le dita e si osservano le reazioni: è rapida se bastano pochi colpetti per far emergere l'acqua in superficie e se comprimendo ancora l'acqua sparisce e la pallina si sgretola facilmen-

Figura 9, 10, 11, 12: illustrazioni delle prove sul campo (Fonte: E.A.Adam, A.R.A.Agib, *Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Parigi, 2001, pp-18-21)

te, ciò indica una terra sabbiosa o limosa. Si ha una reazione lenta se sono necessari 20-30 colpi per la fuoriuscita dell'acqua e se la pallina di appiattisce e non si sgretola apportando pressione. Questo è indice di una molto limosa. Infine, se non vi è trasudamento in superficie e se esercitando pressione la terra rimane brillante si definisce reazione molto lenta ed è il caso di una terra argillosa.

- **Prova di consistenza** (figura 14): si impasta una pallotta di terra in modo da realizzare, successivamente, un cordone assottigliando la terra progressivamente con le mani. Per la riuscita della prova è importante che il cordone non si rompa senza raggiungere il diametro di 3 mm, che nel caso in cui si verificasse la terra sarebbe troppo secca. Quando il cordone si rompe, si ricostruisce la pallina e la si appiattisce con l'indice e il pollice. Se questa operazione non avviene facilmente e ne la terra non si fessura né sbriciola, si ha una terra molto argillosa, in caso contrario contiene poca argilla. Se i cilindri che si formano sono troppo molli o porosi, si tratta una terra organica.
- **Test di coesione** (figura 15): si modella un cilindro di terra di 12 mm con un impasto non coloso in modo da creare un rotolo continuo di 3 mm di diametro. Il cordone viene poi appiattito con le dita in modo da ottenere un "nastro" spesso 3-6 mm con una larghezza o lunghezza maggiore possibile. Si misura la lunghezza ottenuta: se la lunghezza raggiunge 25-30 cm contiene molta argilla se raggiunge 5-10 cm, la terra contiene una scarsa percentuale di argilla. Infine, se non si riesce a modellare alcun nastro, la terra non contiene un quantitativo di argilla accettabile.

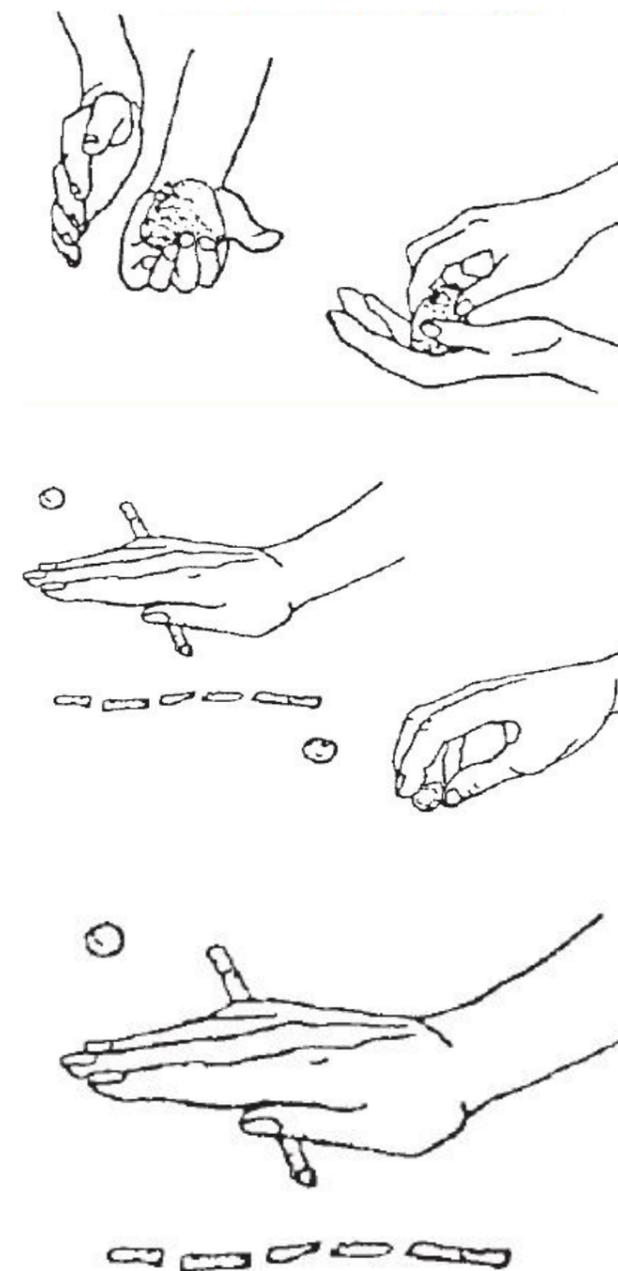


Figura 13, 14, 15: illustrazioni delle prove sul campo (Fonte: E.A.Adam, A.R.A.Agib, *Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Parigi, 2001, pp-18-21)

1.5. Le prove di laboratorio

Le **prove di laboratorio** sono delle procedure che non si possono effettuare in sito ma solo in luoghi dotati degli strumenti ad alta precisione e sono necessarie se si vuole utilizzare la terra per realizzazione di blocchi compressi.

Le numerose analisi che possono essere effettuate possono essere riassunte approfondendo i tre test fondamentali:

- **L'analisi granulometrica**, essenziale per scoprire l'esatta granulometria della terra e della sua tessitura. Si utilizza un campione di terra da 500 grammi precedentemente seccato attraverso un forno a temperatura di 105°C per 24 ore, in modo da far evaporare completamente l'acqua. Viene setacciato attraverso dei vagli di diverse dimensioni che si ordinano uno sopra l'altro, da quello con la maglia più larga a quello con la maglia più sottile, a loro volta montati ad un agitatore, e un recipiente verrà posto al di sotto dell'ultimo setaccio, per raccogliere la terra che passerà fino alla fine. Si accende l'agitatore e si mette il campione in alto per 5 minuti e alla fine del tempo si peserà il contenuto di ogni setaccio, in modo da determinare la granulometria della terra studiata. Se alla misurazione iniziale si rintracciano grani con un diametro minore ai 0,074 mm si procede con un ulteriore esame detto sedimentometria, che misura la differenza di velocità di caduta delle particelle più fini.
- **Limiti di Atterberg**, proprietà che circoscrivono i quattro possibili stati fisici del terreno in funzione del contenuto d'acqua, che influenza il comportamento di tutte le tipologie di terreno, soprattutto a grana fine. Si distinguono quattro stati fisici: solido, semisolido, plastico e liquido e determinano alcune importanti proprietà del suolo. Uno di questi è il limite liquido (L.L.), che rappresenta la quantità di acqua da aggiungere affinché la terra passi dallo stato plastico a quello liquido. Questa quantità varia dal 20% delle sabbie, al 30-40% per le argille magre, fino al 200% o oltre per terreni di natura organica. Importante è anche il limite plastico (L.P.) per determinare il contenuto di umidità con il quale la terra passa dallo stato plastico a quello semi-solido. Tale contenuto varia dal 15%, per le terre argillose, al 100% per le terre organiche. Il limite di ritiro (L.R.) corrisponde al tenore dell'acqua nel caso in cui il volume di un campione rimanga costante. Il limite di assorbimento corrisponde al tenore di acqua oltre il quale il terreno non riesce più ad assorbire. L'indice di plasticità (I.P.) indica il grado della plasticità del terreno e si calcola come la differenza tra il limite liquido e quello plastico: $I.P. = L.L. - L.P.$ Inoltre, può essere visto come un indicatore di deformazione all'aumentare dell'umidità, al crescere dell'indice di plasticità, cresce il rigonfiamento del terreno per l'umidità. Infine, vi è il coefficiente di attività (Ca), che è un indice di rigonfiamento e di ritiro della terra, calcolato come rapporto tra il limite di plasticità e la percentuale di elementi inferiori a 2 μm .
- **L'esame di Proctor** è una prova il cui scopo è quello di determinare il tenore di acqua, per ogni tipo di terreno, che rende ottimale la compattazione in fase costruttiva. I risultati migliori del compattamento si ottengono quando al suo interno si ha un quantitativo di acqua che agevola il costipamento dei diversi grani. Al tenore di acqua (TEO) corrisponde la massa volumica più alta ottenibile con l'energia di com-

pattamento utilizzata nella prova. Si pone all'interno di provino cilindrico un campione di terra di cui è noto il tenore d'acqua e si inizia la costipazione del campione con un pestello e si misura il peso; si riporta la massa volumica e con un diagramma (figura 16) a posta si deduce il punto di tenore d'acqua corrispondente. Se la massa volumica secca del tenore d'acqua ottimale è tra 1650 e 1760 Kg/m³ è soddisfacente, contiene una percentuale di argilla sufficiente, tra 2100 e 2200 Kg/m³ è eccellente e tra i 2200 e 2400 Kg/m³ è eccezionale³.

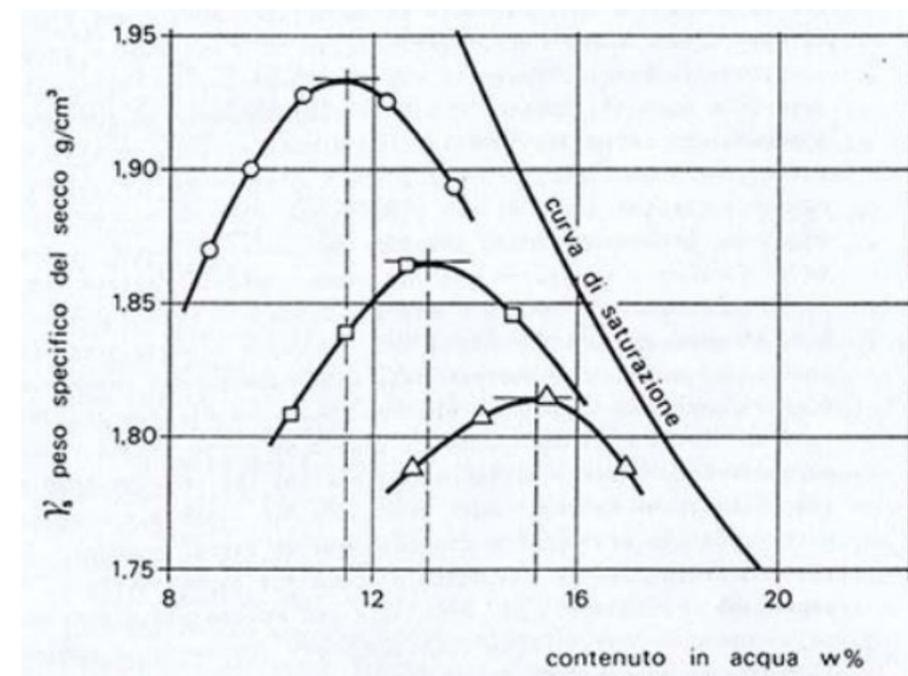


Figura 16. Diagramma per determinare del tenore d'acqua ottimale (Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Prova_Proctor)

1.6. Le principali tecniche costruttive

Le **metodologie costruttive** che prevedono l'utilizzo della terra sono molteplici e, le più diffuse, verranno analizzate nello specifico nei paragrafi successivi:

- Adobe
- Terra battuta
- Terra impilata
- BTC (Blocchi in Terra Compressa)

Sono state proposte alcune **classificazioni** in letteratura ma non esiste un accordo generale. Una di queste si basa sulla distinzione tra metodi in cui il **materiale è umido** e metodi in cui il **materiale è secco** oppure sulla diversa **metodologia di compattazione**, divisione giudicata più appropriata. Per i processi bagnati, la miscela di terra è portata allo stato di plastico e la resistenza meccanica viene fornita attraverso l'essiccazione, momento in cui avviene l'addensamento del materiale (adobe e terra impilata). Per quanto riguarda i processi a secco, il contenuto di acqua è nettamente minore (si parla di un tenore d'acqua ottimale) e la resistenza meccanica

³ A. Giorgi, *Guida pratica alle costruzioni in terra cruda*, Aracne, Roma, 2014, p. 31.

è procurata attraverso un addensamento per compattazione (BTC e terra battuta) con presse manuali o meccanizzate. Una seconda distinzione prende in considerazione il tipo di assemblaggio della terra, ovvero se si tratta della realizzazione di un muro costituito da blocchi (nel caso dei BTC e dell'adobe) o di un muro monolitico (terra impilata e terra battuta). Nel diagramma proposto in seguito (figura 17), queste distinzioni sono suddivise indicando quali possono essere considerate adatte a fabbricare murature portanti o di tamponamento. Tre sono i criteri sui cui è basata la classificazione: contenuto d'acqua della miscela (addensamento per compressione a secco/addensamento per ritiro), assemblaggio materiale (blocchi a secco montati con malta di allettamento/realizzazione di un muro monolitico), ruolo strutturale dell'elemento (portante/tamponamento)⁴.

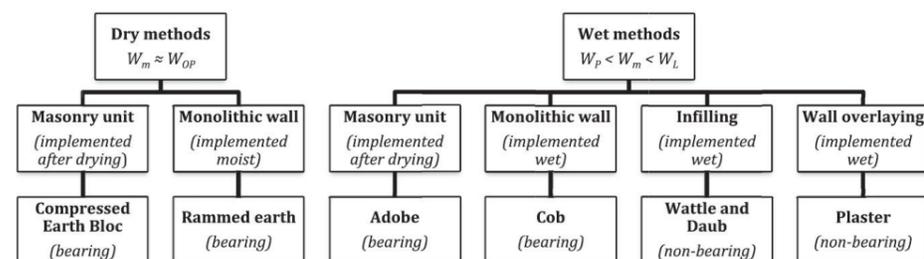


Figura 17. Diagramma di classificazione dei metodi (Fonte: E. Hamard, B. Cazacliu, A. Razakamanantsoa, J.C. Morel, *Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building*, in "Building and Environment", Vol. 106, 2016, pp. 109).

1.6.1. Adobe

Con **adobe** si indica quella tecnica costruttiva che prevede la realizzazione di **blocchi** costituiti da una miscela di terra e, generalmente, paglia di dimensioni variabili. La massa malleabile che dà origine al mattone viene lasciata essiccare in un stampo che risulta di dimensioni leggermente maggiori, in quanto, in seguito all'evaporazione dell'acqua, la massa subisce un ritiro (figura 18). Questa metodologia è quella **più diffusa** in tutto il mondo, infatti possono trovarsi esempi edilizi in Europa, Stati Uniti, Sud America, Africa ed Estremo Oriente. La **miscela di terra** si compone di



Figura 18: modellazione di blocco in adobe (Fonte: <http://www.pangea-project.org/adobe-houses-case-di-terra-cruda/>)

ghiaia, sabbia, limo e argilla, secondo quantità che possono più o meno variare, e si ricava in seguito ad uno scavo di 50-80 cm di profondità. Questo serve per eliminare il primo strato di terreno che contiene tracce organiche, in quanto potrebbero essere nocive generando fenomeni di imputridimento e marcescenza nelle murature. Uno dei fattori chiave per la riuscita è la reazione chimica che avviene tra la sabbia e l'argilla, in quanto se non è presente una percentuale sufficiente di argilla, la miscela non conseguirà la coesione e la resistenza adeguata e si frantumerebbe in seguito a qualunque azione sottoposta. Al contrario, se non ci fosse sufficiente quantità di sabbia, in seguito al ritiro procurato dall'essiccamento dell'argilla, aumenterebbe la fessurazione e ci sarebbe una conseguente diminuzione delle proprietà meccaniche. Inoltre, un'adeguata percentuale di sabbia proporzionerebbe anche la porosità del prodotto, rendendolo quindi più resistente ai fenomeni di gelo e disgelo.

Non esiste una **proporzione** perfetta, in quanto varia rispetto alle proprietà fisico-chimiche del terreno però, secondo i più recenti studi di L. Miccoli, U. Müller, P. Fontana⁵, le percentuali ottimali sono quelle riportate in seguito, con relative proprietà granulometriche (tabella 1).

Ghiaia e sabbia > 0.063 mm	Limo = 0.002-0.063 mm	Argilla < 0.002 mm
43	45	12

Tabella 1. Componenti (in percentuale) della terra e proprietà granulometriche

Per diminuire le fessure provocate dall'essiccazione, generalmente, vengono aggiunte delle **fibre naturali** (paglia, juta, canapa, sisal) con una percentuale di circa il 3%, che creano una struttura pluridirezionale che controlla i cambiamenti di volume della terra. Queste vengono inserite nella miscela a secco per evitare che l'acqua possa intaccarne le proprietà. Inoltre, favoriscono l'acceleramento dell'essiccazione perché consentono un miglior drenaggio dell'umidità verso l'esterno, alleggerendo il materiale ed esaltando le sue proprietà termoisolanti.

In seguito all'ottenimento della miscela, questa si introduce negli **stampi**, solitamente in legno, per dargli la forma e per avviare il processo di **essiccazione** che, a seconda della stagione, varia dai 7 ai 14 giorni per ogni lato. I mattoni si lasciano asciugare al sole ma, in caso di temperature troppo elevate, si consiglia di proteggerli coprendoli con un telo, in modo che siano all'ombra. Un'essiccazione troppo rapida può procurare un aumento del ritiro e la conseguente comparsa di crepe e fessure sulla superficie del blocco e una conseguente diminuzione delle proprietà. Una volta essiccati, i mattoni vengono sfilati dagli stampi e sottoposti alle prove di resistenza.

Per quanto riguarda l'esecuzione di murature, la posa in opera dei blocchi di adobe si effettua con la realizzazione di **giunti di malta** con un spessore che cambia in base alla zona sismica ma non maggiore ai 10 mm. Infine, si può ricoprire la superficie con uno strato protettivo di intonaco, che può essere di fango o di qualsiasi altro materiale.

⁵ Autori dell'articolo *Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob*, in "Construction and Building Materials", Vol. 61, 2014, p. 333.

⁴ E. Hamard, B. Cazacliu, A. Razakamanantsoa, J.C. Morel, *Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building*, in "Building and Environment", Vol. 106, 2016, p. 109.

1.6.2. Terra battuta

La tecnica costruttiva della **terra battuta** permette la realizzazione di muri di **terra monolitici**, il cui comportamento strutturale dipende dalle proprietà materiali utilizzati e dalla geometria dell'elemento, dettata dall'impiego di casseforme in legno per la realizzazione (figura 19).

Le dimensioni di quest'ultime variano in base alla tradizione locale e alle necessità. Questa tecnica è diffusa in tutto il mondo e prende il nome a seconda dello stato: *rammed earth* in inglese, *pisè* in francese, *tapial* in spagnolo.



Figura 19: casseformi per la terra battuta (Fonte: <https://it.wikipedia.org/wiki/Pis%C3%A9cruda/>)

La terra battuta si qualifica per due importanti caratteristiche dei materiali: il **basso contenuto di umidità**, in genere al di sotto del limite plastico della terra (terreno-umido) e la **distribuzione delle dimensioni delle particelle**, che vanno dall'argilla alla ghiaia, scarsamente differenziata con frazioni fino a 64 mm. Il contenuto di umidità ottimale per riempimento del materiale nella cassaforma e la successiva compattazione dipende dal contenuto di argilla e limo ma di solito è circa il 10% in massa.

Così come per le altre metodologie costruttive, non esiste una miscela con le proporzioni dei minerali universale, in quanto queste dipendono prettamente dalla natura del terreno, però esistono delle quantità consigliate, riportate nella seguente tabella.

Ghiaia e sabbia > 0.063 mm	Limo = 0.002-0.063 mm	Argilla < 0.002 mm
64	25	11

Tabella 2. Componenti (in percentuale) della terra e proprietà granulometriche

Questa tecnica ha subito un'evoluzione con il tempo: nel passato venivano adoperate casseforme di dimensioni limitate, in modo da essere più maneggevoli, realizzando così un corso orizzontale alla volta mentre quelle odierne vengono definite "casseforme continue".

Dunque, durante la realizzazione di una muratura, la cassaforma è spostata orizzontalmente fino alla fine del corso e, successivamente, in verticale per proseguire con il corso superiore. La distinzione dei **vari livelli** è distinguibile attraverso la comparsa di giunti di ritiro orizzontali e/o verticali.

Nel caso in cui il terreno presentasse uno scarso contenuto di argilla o se la distribuzione granulometrica dei componenti non fosse ottimale, viene aggiunta una moderata quantità di calce, quest'ultima viene miscelata alla terra nelle casseforme o realizzando **corsi alterni di calce e terra**. C'è anche la possibilità di inserire livelli costituiti da pietre o mattoni in laterizio oppure di annettere strati in paglia quando la terra presenta un alto margine di ritiro.

Di conseguenza, una muratura potrebbe essere caratterizzata da una morfologia **poco uniforme** in cui sono riconoscibili livelli orizzontali con differente composizione.

I valori di resistenza della terra battuta e di densità dipendono da molteplici fattori: la granulometria del terreno utilizzato, il contenuto di umidità, la compattazione, l'aggiunta e l'eventuale quantità di fibre.

Per quanto riguarda il comportamento strutturale di una muratura, chiaramente, è influenzata dai fattori precedenti, ma soprattutto dalla diversificazione degli strati di cui è composta, che la rendono incline ad un comportamento anisotropo, dovuto alla diversità dei materiali messi in opera. Difatti, molti studi effettuati in laboratorio mostrano come la resistenza a compressione e il valore del modulo elastico, misurati nelle due direzioni, rivelino risultati diversi.

1.6.3. Terra impilata

Tra le tecniche costruttive vernacolari si annovera quella della **terra impilata**, che consiste in una **miscela di terra**, portata allo stato plastico, e fibre vegetali, con il fine di edificare un muro monolitico (figura 20). Di solito le particelle che compongono il composto sono molto piccole, difatti le più grandi hanno dimensioni che non superano quelle della sabbia. Per quanto riguarda la presenza di **fibre**, la quantità varia tra i 20-30 Kg/m³ e presentano una lunghezza tra i 30-50 cm⁷.

Questa metodologia è meno diffusa rispetto alle altre elencate in precedenza ma nell'Unione Europea, il patrimonio del terra impilata conta almeno 200.000 edifici, di cui la maggior parte risale al XVIII e al XIX secolo, dimostrando così la longevità di questo materiale.

Il processo di produzione del **cob** (in inglese) può essere riassunto in quattro fasi elementari⁸:

- la fornitura di terra cruda e la preparazione del materiale
- la miscelazione
- innalzamento muratura
- la rettifica e l'asciugatura

⁶ L. Miccoli, U. Müller, P. Fontana, *Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob*, in "Construction and Building Materials", Vol. 61, 2014, p. 333.

⁷ L. Miccoli, U. Müller, P. Fontana, *Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob*, in "Construction and Building Materials", Vol. 61, 2014, p. 330.

⁸ E. Hamard, B. Cazacliu, A. Razakamanantsoa, J.C. Morel, *Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building*, in "Building and Environment", Vol. 106, 2016, p. 111.

Figura 20: modellazione terra impilata (Fonte: <http://www.cobcourses.com/cob-houses/>)

Limo, sabbia e ghiaia sono lo scheletro granulare che fornisce resistenza meccanica alla miscela, quindi un conseguente aumento della densità. L'argilla contenuta nel terreno funge da legante, migliorando la coesione del prodotto. Se questa è presente in quantità troppo bassa il rischio di sbriciolamento è molto elevato, ma, viceversa, nel caso in cui la presenza di argilla fosse eccessiva, porterebbe ad un indebolimento del materiale a causa della creazione di fessure, in quanto è la responsabile del processo di essiccazione e ritiro. L'idoneità del terreno, dunque, dipende dal **contenuto di argilla** e dalla distribuzione granulometrica degli altri componenti. Nella tabella sono presenti le percentuali ottimali secondo gli studi di L. Miccoli, U. Müller, P. Fontana, a cui si fa riferimento anche in questo paragrafo.

Ghiaia e sabbia > 0.063 mm	Limo = 0.002-0.063 mm	Argilla < 0.002 mm
43	45	12

Tabella 3. Componenti (in percentuale) della terra e proprietà granulometriche

La parte superiore del terreno è ricca di materiale organico, dunque è inutilizzabile per le costruzioni. In genere si procede attraverso uno scavo di circa 50-80 cm. La tecnica del cob è nota per la presenza di fibre naturali dall' 1,4 al 1,7% della massa⁹, solitamente paglia, che possono essere di piccole dimensioni (10-20 cm) o di grandi dimensioni (40-80 cm), il cui ruolo è quello di controllare il ritiro dovuto all'evaporazione dell'acqua. Inoltre, aiutano ad accelerare il processo di essiccazione, a favorire la coesione del materiale, a rafforzare gli angoli della costruzione, migliorare le **proprietà termiche** ma, soprattutto, fungono da **stabilizzanti**.

Una volta aggiunte le fibre, si procede alla miscela del materiale, il cui scopo è quello di distribuire uniformemente l'argilla e l'acqua e di migliorare l'aderenza tra la matrice e le fibre, in modo da conseguire una durabilità e una resistenza meccanica adeguata.

Le pareti di cob possono essere realizzate secondo quattro diverse modalità¹⁰:

- impilando zolle di terra ricavate dalla miscela (la più diffusa)
- elementi quadrati ottenuti dal taglio della terra
- elementi plastici di terra modellati a mano
- zolle di terra bagnate estratte del composto e inserite in casseforme

La caratteristica delle pareti di terra impilata è che la realizzazione avviene quando la miscela è allo stato plastico, dunque la **resistenza meccanica è molto bassa** e il composto cede a causa del suo peso proprio. Difatti l'altezza del muro è molto limitata e si procede costruendo uno strato per volta, in modo che il nuovo si appoggi sul precedente, già asciutto, senza deformarlo. L'altezza dei corsi dipende dalle proprietà fisico-chimiche del terreno, dalla plasticità e dallo stress applicato sul muro durante la costruzione. Le altezze quindi variano dai 10 ai 120 cm e gli spessori dai 10 ai 150 cm.

Il cedimento del composto verso il basso provoca l'accumulo di materiale nei basamenti, quindi è necessario procedere con la **"rettifica"** della parete, per eliminare gli eccessi. Questa operazione avviene grazie alla combinazione di tre azioni: rifilatura con una vanga piatta e affilata, battendo sulle pareti esterne delle casseforme con dei bastoni e raschiando il materiale in eccesso. In seguito, si passa alla fase di asciugatura, che per ogni strato è tra gli 11 e i 21 giorni, quindi per un muro completo varia dalle 3 alle 20 settimane: è necessario che l'essiccazione avvenga nei mesi caldi dell'anno, in quanto il gelo può provocare danni al materiale.

1.7. Lo sviluppo dei blocchi di terra compressa

La tecnica dei **blocchi di terra compressa** (BTC) può essere considerata la moderna **evoluzione dell'adobe**, in quanto consiste nella realizzazione di blocchi in terra cruda compressi in degli stampi (figura 21).

Figura 21: esempio di BTC (Fonte: <https://dwellearth.com/earth-blox-bp714/>)

⁹ Percentuali ottimali in E. Hamard, B. Cazacliu, A. Razakamanantsoa, J.C. Morel, *Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building*, in "Building and Environment", Vol. 106, 2016, p. 112.

¹⁰ E. Hamard, B. Cazacliu, A. Razakamanantsoa, J.C. Morel, *Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building*, in "Building and Environment", Vol. 106, 2016, p. 112.

La **compressione** può essere effettuata manualmente o meccanicamente attraverso un pestello; l'idea di comprimere la terra per migliorare le proprietà meccaniche è molto antica e i primi BTC venivano realizzati con un pestello di legno. La diffusione di questa metodologia è dovuta ai suoi numerosi vantaggi, al suo basso costo di produzione e, soprattutto, al minimo consumo di energia richiesto (il 20% rispetto ad un mattone cotto); ovviamente rappresentano un decisivo miglioramento rispetto al blocco adobe. Per la realizzazione dei BTC è necessaria un'analisi preliminare del suolo che si intende utilizzare, in quanto la sua composizione avrà dirette conseguenze sul prodotto finale, in termini di comportamenti e proprietà fisiche. Il suolo agricolo e il primo strato di terreno non sono impiegabili in tutti i casi, perché contengono un alto contenuto di materiale organico, che comporterebbe un elevato rischio di degrado.

La terra è composta principalmente da quattro elementi: ghiaia e sabbia, che rappresentano il materiale inerte, e da limo e argilla, che rappresentano la parte attiva. I primi, quindi, fungono da scheletro e i secondi da agenti leganti. L'associazione CRATerre ha elaborato una curva in cui approssimativamente sono indicate le **proporzioni ottimali** dei componenti del suolo e, conoscendole, è possibile conoscere la distribuzione delle dimensioni delle particelle (figura 22).

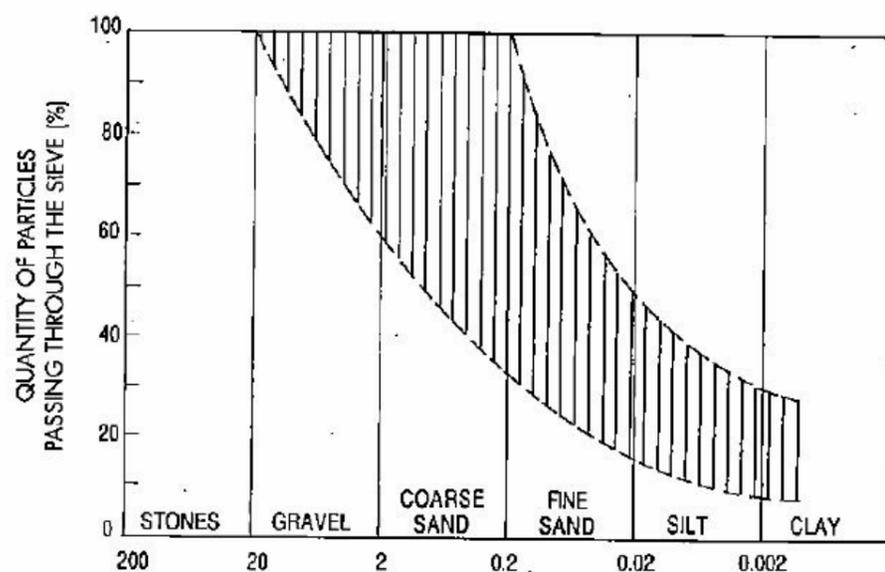


Figura 21: esempio di BTC (Fonte: <https://dwellearth.com/earth-blox-bp714/>)

I BTC possono essere sottoposti al processo di stabilizzazione per migliorare diverse proprietà: la stabilità volumetrica, la resistenza, la permeabilità e la durabilità. Questa può essere di due tipologie:

- **Stabilizzazione fisica:** modifica delle proprietà attraverso il trattamento della texture, che avviene controllando le proporzioni tra i componenti del suolo
- **Stabilizzazione chimica:** aggiunta di materiali o prodotti chimici che modificano le proprietà

Ciò implica un aumento del costo di produzione del 30-50%. Si attua, infatti, solo se necessario, ovvero quando i BTC vengono utilizzati per la realizzazione di murature esterne e quindi sono esposti agli agenti atmosferici.

La modalità di stabilizzazione più diffusa è quella chimica, attraverso l'aggiunta di leganti: **cemento o calce**. La scelta dipende dalle proprietà granulometriche del terreno e soprattutto se prevalgono le percentuali di materiale inerte o di legante. Il cemento è l'agente stabilizzante migliore ma anche quello più diffuso; l'aggiunta alla miscela, prima della fase di compressione, di una quantità variabile dal **5 al 12%**, incrementa fortemente le proprietà. Il cemento viene usato per quei suoli che presentano una percentuale maggiore di sabbia e ghiaia, mentre se c'è una prevalenza di limo e argilla si preferisce la calce. Così come per il primo legante, le quantità si aggirano attorno al 5 al 12% e l'incremento delle prestazioni può raggiungere fino al 70%. I blocchi stabilizzati prendono il nome di *Compressed Stabilized Earth Blocks* (CSEB).

L'associazione CRATerre ha elaborato una serie di direttive per una buona realizzazione dei CEB dando disposizioni anche sulle dimensioni ottimali del blocco: 29.5 cm di lunghezza, 14 cm di larghezza e 9 cm di altezza. Un altro importante fattore che concorre per il raggiungimento dei parametri adeguati è la scelta delle condizioni d'uso: le condizioni climatiche, il tipo di edificio, lo scopo e il design dell'opera e le *performance* tecniche dei blocchi.

Per quanto riguarda il processo produttivo dei BTC, la parte iniziale è molto simile a quella dei mattoni in adobe alla quale si aggiunge la fase di compressione ed eventualmente quella di stabilizzazione.

1.7.1. La preparazione della miscela di terra

Una volta individuata la terra ideale per la realizzazione di BTC, si passa alla preparazione della miscela. Il primo passo è la **setacciatura**, per rendere la terra omogenea ed eliminare i corpi estranei, con l'aiuto di un setaccio con la maglia inferiore ai 2 mm, inoltre, per questa prima fase c'è bisogno di:

- Un setaccio con una trama da 2 mm
- Una pala per scavare ed estrarre i campioni di terra
- Un martello per rompere gli agglomerati di terra
- Un vascone per frantumare le zolle di terra
- Una paletta per versare la terra nel setaccio
- Secchi per raccogliere la terra setacciata

La seconda fase prevede lo **sbriciolamento** degli agglomerati in granuli più fini, in modo da diminuire lo scarto di terra che non passa attraverso il setaccio. Una volta terminata questa operazione, la terra verrà inserita nel setaccio con una paletta e passerà attraverso la maglia e se ne ricaverà la terra pronta per essere miscelata all'acqua. Per la fase successiva si utilizza un telo impermeabile per coprire un piano su cui si versano le giuste **proporzioni di terra**, eventualmente di sabbia fine, di cemento per la stabilizzazione e infine l'acqua. Appena si inizia è opportuno verificare se il tenore d'acqua è idoneo alla fabbricazione dei blocchi attraverso la **"prova della palla"**¹¹: si crea una pallina di terra e dalla manipolazione se ne deduce il tenore di argilla. Si lascia cadere a terra la pallina da 120 cm di altezza e si studia lo schianto. Nel caso in cui la pallina cade

¹¹ Gabriele Solitro, *La terra cruda per l'autocostruzione con tecnologie "appropriate e appropriabili": interventi nei Paesi emergenti: alcuni casi studi*, Tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2012/2013, p. 40.

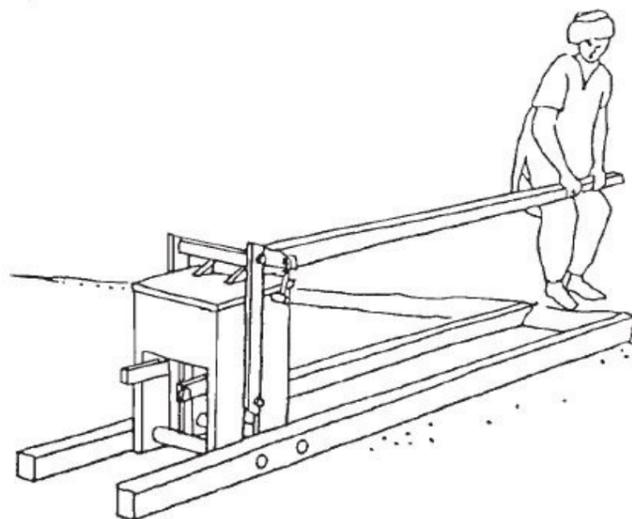
e mantiene la propria forma vuol dire che vi è un quantità molto alta di argilla e un tenore d'acqua eccessiva. Nel secondo caso, nel quale la pallina si schianta a terra e si rompe in vari pezzi che si spargono entro un raggio di 50 cm, il tenore d'acqua è ottimale e si può procedere alla produzione dei BTC. Se invece la pallina cade al suolo sbriciolandosi e le sue particelle si allontanano notevolmente dal punto di schianto, vuol dire che l'acqua nell'impasto non è sufficiente.

La miscela viene impastata in una **miscelatrice meccanica** per il tempo necessario ad ottenere un impasto coeso e uniforme senza grumi o porzioni non ben amalgamate. Se è necessaria la stabilizzazione della terra si può aggiungere una percentuale tra il 6 e il 12% della miscela a secco; in caso di una terra argillosa non si può usare come agente stabilizzante il cemento. Queste operazioni avvengono nel luogo vicino alla pressa, poiché una volta ottenuta la miscela idonea, si versa negli stampi quando è ancora allo stato plastico e si procede alla compressione che crea il blocco vero e proprio. I mattoni, una volta estratti dallo stampo, si lasciano asciugare.

1.7.2. Le presse utilizzabili

Per la realizzazione dei BTC è indispensabile l'uso di una **pressa**, attraverso la quale si compie l'operazione più importante della fabbricazione di questi mattoni. Si può scegliere tra una vasta gamma di prodotti, da quelle più semplici ed economiche a quelle più avanzate e costose, anche se la differenza sostanziale sta nel fatto che siano manuali o motorizzate. Ogni pressa è dotata di uno stampo che produce una specifica tipologia di blocchi con determinate dimensioni, forma, resistenza a compressione, ecc. La scelta di una tipologia o dell'altra chiaramente deve tenere in considerazione delle necessità del cantiere, ovvero della dimensione dell'edificio e dello spazio utile per l'essiccazione dei mattoni.

- **Pressa manuale** per essere messa in funzione si serve della forza umana e può essere di due tipologie: meccanica e idraulica. La pressa manuale meccanica (figura 23) è attivata da un operaio che applica una forza sufficiente alla compattazione della terra, che a sua volta verrà moltiplicata dai meccanismi dello strumento in modo da raggiungere i 1,5-2 Mpa di pressione. Con questo tipo di utensile si posso



fabbricare fino a 300 mattoni al giorno. Invece, la pressa manuale idraulica viene attivata nello stesso modo ma i suoi meccanismi idraulici permettono di raggiungere i 2-10 Mpa di pressione e di produrre fino a 1000 blocchi al giorno.

- **Pressa motorizzata** utilizza una fonte di energia per creare la forza adatta alla compattazione, che deriva o da combustibili o dall'elettricità, anch'essa può essere meccanica o idraulica. La pressa motorizzata meccanica (figura 24) utilizza la forza lavoro del motore per trasmettere la compressione alla massa di terra producendo una pressione che varia dai 4 ai 24 MPa, dipende dalla potenza del motore. Invece con pressa motorizzata idraulica la forza lavoro del motore è l'energia utile a produrre la pressione per la fabbricazione del BTC e viene moltiplicata dai meccanismi idraulici fino a superare i 20 Mpa. Con le presse motorizzate si possono produrre da un minimo di 800 blocchi fino a 50000 con delle presse di tipo industriale.

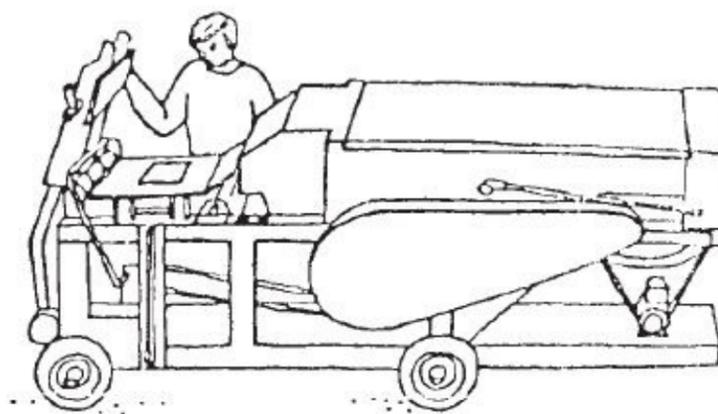


Figura 23 e 24: esempi di pressa meccanica a sinistra e di motorizzata a destra (fonte: E.A.Adam, A.R.A.Agib, *Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Parigi, 2001)

1.7.3. Le varie tipologie di BTC

I blocchi di terra compressa possono essere paragonati ai classici mattoni in laterizio per forma e dimensione e, come questi ultimi, esiste un'infinita gamma di **tipologie** per soddisfare le diverse esigenze che si incontrano nel costruire un edificio con questo materiale. Esistono quattro grandi famiglie di blocchi¹²:

- **Blocchi solidi** (figura 25), che presentano una forma a parallelepipedo (chiaramente ne esistono di varie dimensioni) e vengono usati per la costruzioni di muri esterni ma possono adempiere gran parte delle funzioni.
- **Hallow blocks** (figura 26), che sono caratterizzati da delle cavità che interessano il 5-10 % del volume e, usando delle tecniche più sofisticate anche il 30%. Queste cavità migliorano l'aderenza tra i blocchi

¹² H. Hpuben, V. Rigassi, P. Garnier, *Compressed Earth Block- Production Equipment*, CRATerre-EAG, Bruxelles, 1996. p.8.

e diminuiscono l'uso di malta, in alcuni casi vengono messi in opera anche con delle barre di ferro per l'edificazione di murature.

- **Blocchi forati** (figura 27) presentano un peso minore e la loro produzione è necessario uno stampo più elaborato per la realizzazione delle parti vuote. Vengono utilizzati per le murature rinforzate da barre metalliche ma anche per applicazioni speciali nei tetti ventilati o per decorazioni.
- **Blocchi a incastro** (figura 28), che possono essere assemblati senza l'uso di malta grazie alla loro particolare conformazione che gli permette di incastrarsi perfettamente tra loro. Vengono realizzati con uno stampo a posta ed è necessaria una maggiore pressione per la loro fabbricazione. Non vengono utilizzate per murature rinforzate.

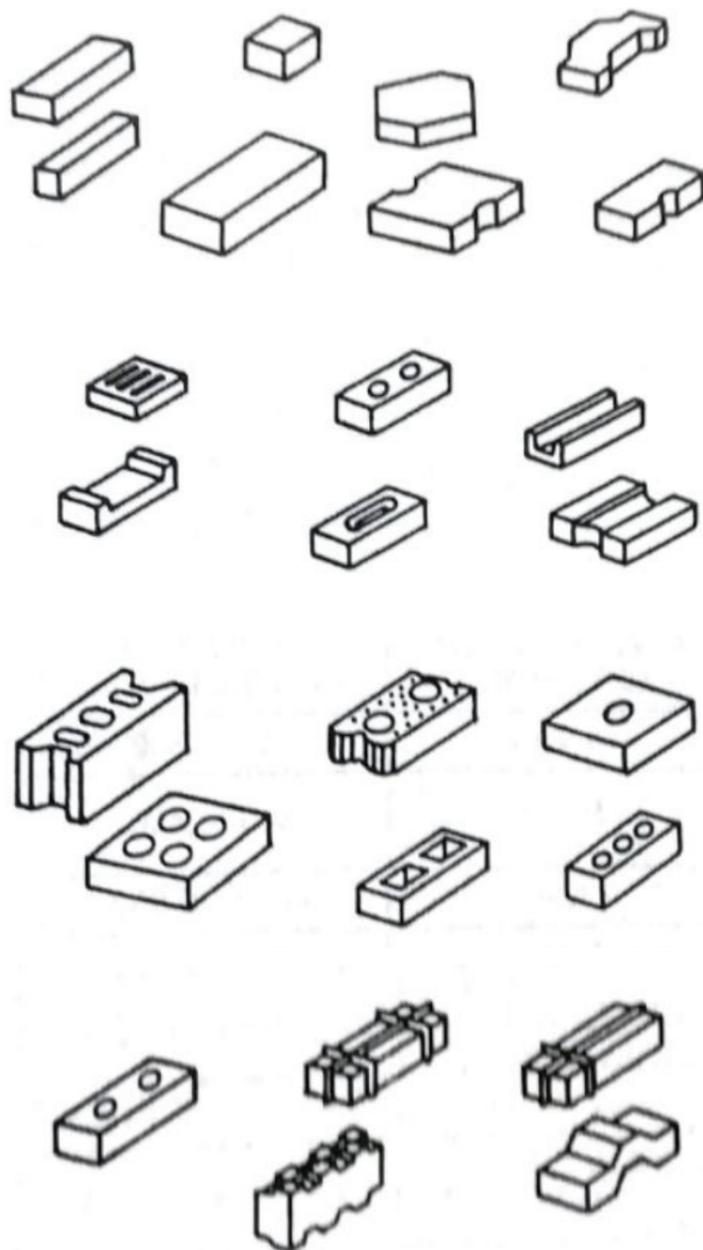


Figure 25,26,27,28: vari tipologie di BTC (Fonte: H. Guillaud, T. Joffroy, P. Odul, CRATerre-EAG, *Compressed Earth Blocks, Manual of design and construction*, Vol. II, GTZ, Eschborn, 1995, p. 8.)

1.7.4. La messa in opera dei BTC

La posa in opera dei BTC non risulta particolarmente difficoltosa, non a caso sono il materiale prediletto nei caso di **autocostruzione**, in quanto si tratta di elementi non molto pesanti e dalla forma regolare, di semplice fabbricazione. Chiaramente, la loro modalità di posa dipende anche dalla tipologia e risulta differenze se si tratta di mattoni classici o a incastro. Nel caso più semplice, ovvero nell'**assemblaggio di murature** con blocchi a parallelepipedo è necessario munirsi solo di filo di piombo e di strumenti che controllino il giusto allineamento. Per assicurarsi una coesione della massa muraria migliore e per una distribuzione dei carichi più efficace, tra i blocchi si consiglia di stendere dei sottili strati di **malta**. È buona norma usare come malta di giuntura una miscela molto liquida realizzata con la stessa terra con cui sono stati fabbricati i blocchi, una volta asciugata si fonderà alla tessitura muraria rendendola monolitica. Anche dal punto di vista estetico, avendo lo stesso colore, lo strato di giunzione sarà quasi impercettibile. Un altro consiglio è quello di bagnare i mattoni prima di posizionarli per facilitare la presa. Proseguendo con l'innalzamento della muratura, i corsi di mattoni devono essere posizionati facendo attenzione che ogni blocco sia posizionato a cavallo perfettamente ai due del corso inferiore, questo accorgimento è fondamentale per dare al muro maggiore coesione (procedimento illustrato nella figura 29 e 30). Un altro buon accorgimento per preservare i mattoni, costituiti quasi totalmente di terra, è quello di proteggerli dall'umidità di risalita realizzando uno zoccolo in calcestruzzo o ponendo delle guaine.

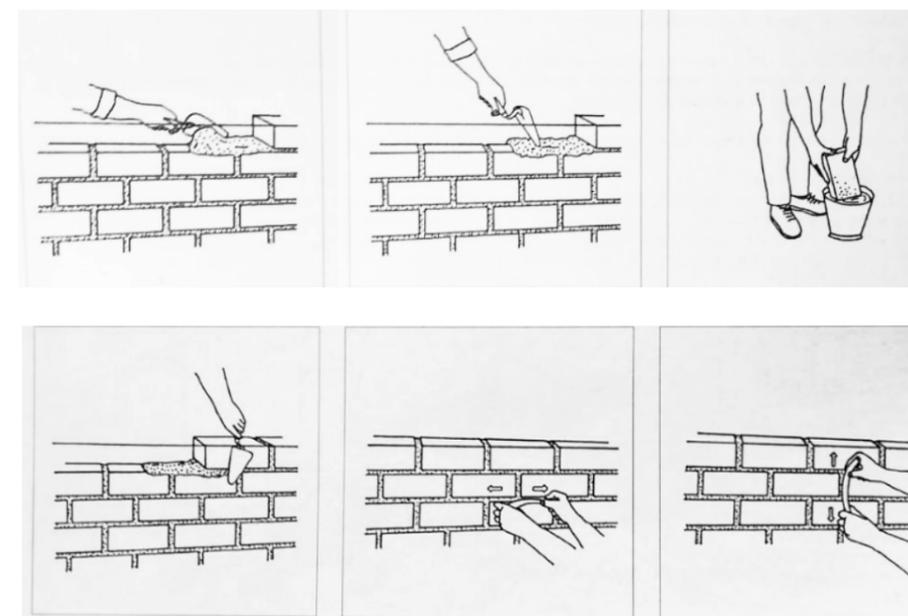


Figura 29: Procedimento illustrato della posa in opera di BTC solidi (Fonte: H. Guillaud, T. Joffroy, P. Odul, CRATerre-EAG, *Compressed Earth Blocks, Manual of design and construction*, Vol. II, GTZ, Eschborn, 1995, p. 20.)

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA:**Libri e manuali**

- A. Giorgi, *Guida pratica alle costruzioni in terra cruda*, Aracne, Roma, 2014.
- G. Minke, *Earth Construction Handbook. The building material earth in modern architecture*, WIT Press, Southampton, Boston, 2000.
- H. Guillaud, T. Joffroy, P. Odul, CRATerre-EAG, *Compressed Earth Blocks, Manual of design and construction*, Vol. II, GTZ, Eschborn, 1995.
- H. Hpuben, V. Rigassi, P. Garnier, *Compressed Earth Block- Production Equipment*, CRATerre-EAG, Bruxelles, 1996.

Articoli

- E- Hamard, B. Cazacliu, A. Razakamanantsoa, J.. Morel, *Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building*, in "Building and Environment", Vol. 106, 2016, pp. 103-119.
- F. Pacheco-Torgal, S. Jalali, *Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction*, in "Construction Building Materials", Vol. 29, 2012, pp. 512-519.
- J. D. Sittona, B. A. Storya, *Estimating soil classification via quantitative and qualitative field testing for use in constructing compressed earth blocks*, in "Procedia Engineering", Vol. 145, 2016, pp. 860-867.
- L. Miccoli , U. Müller, P. Fontana, *Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob*, in "Construction and Building Materials", Vol. 61, 2014, pp. 327-339.

Tesi

- G. Solitro, *La terra cruda per l'autocostruzione con tecnologie "appropriate e appropriabili": interventi nei Paesi emergenti : alcuni casi studi*, Tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2012/2013
- J. J. Cid Falceto, *Durabilidad de los bloques de tierra comprimida, Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción*, Tesi di Dottorato, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid a.a. 2011/2012.
- M. Carcedo Fernández, *Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula*, Tesi magistrale, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, a.a. 2012/2013.

Documenti

- E.A. Adam, A.R.A.Agib, *Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Parigi, 2001.
- *Interlocking Stabilised Soil Blocks. Appropriate earth technologies in Uganda*, UN-HABITAT, Nairobi 2009.

- *Sustainable Urban Development in Africa*. UN-HABITAT, Nairobi, 2015.

Siti

- <http://craterre.org/>, consultato il 13/11/2018
- <http://eartharchitecture.org/?cat=81>, consultato il 28/01/2019
- <https://unhabitat.org/>, consultato il 13/11/2018

CAPITOLO 2:

UN ESEMPIO DI ARCHITETTURA "IBRIDA": IL PROGETTO DI MARSABIT

"Lavorare con il popolo" .

John Turner 1957, durante un'esperienza di autocostruzione in Perù.

2.1. Autocostruzione in terra nei paesi del *Global South*

“Per **autocostruzione** intendiamo un processo edilizio in cui l’utente, in parte o *in todo*, è “soggetto” nelle diverse fasi del processo edilizio stesso, a partire dalla fase di progettazione fino alla fase di gestione, passando attraverso stadi che possono essere di montaggio, di elementi di costruzione dell’edificio, manutenzione ordinaria e straordinaria”¹. L’autocostruzione nei paesi del *Global South* esprime il tentativo di incentivare ed educare la popolazione a questo concetto, dunque di pensare ed agire secondo una filosofia di autonomia e **autogestione** del proprio intorno, che va di pari passo alla presa di coscienza che è possibile migliorare la propria condizione abitativa. In questo specifico contesto, oltre alla strumentalità del processo, si intende una rivoluzione culturale basata sull’autorealizzazione e sul soddisfacimento delle proprie esigenze. L’autocostruzione è uno strumento adeguato per creare lo “spirito di gruppo”, per scambiare opinioni ed esperienze, per collaborare nella risoluzione di problemi, ma soprattutto per estendere questa partecipazione a livello sociale, in modo da favorire lo sviluppo di una comunità che si autogestisce e che è in grado di rispondere ai problemi che il singolo non potrebbe risolvere. Quando si decide di intraprendere un progetto in un paese emergente, bisogna tenere in considerazione diverse problematiche, quali la mancanza di strumentazione, di risorse economiche e soprattutto di conoscenze tecniche, che a volte comporta la costruzione di edifici con metodi e materiali sconosciuti rispetto al contesto. Quindi, nella fase di elaborazione del progetto, è fondamentale analizzare le soluzioni adottate tradizionalmente a livello **locale**, per capirne le ragioni e farle proprie attraverso un riadattamento delle strategie. È questo il caso in cui si tratta di applicare delle tecnologie “appropriate”² o meglio di **tecnologie ibridate**, “fondandosi sulla situazione tecnologica locale, che usino elementi avanzati e avanzatissimi per far fare un salto di qualità, a parità o quasi di costi, alla tecnologia locale”³. Proprio da queste necessità, nasce la riscoperta della **terra** come materiale da costruzione, vista come una via di uscita per fronteggiare l’incremento demografico delle zone rurali, anche se la diffusione di pregiudizi l’hanno dipinta come un materiale povero. In realtà la terra, come nessun altro materiale, possiede intrinsecamente quei requisiti di comfort ed economicità, che tanto richiede la progettazione contemporanea, che mira all’eco-sostenibilità e bio-compatibilità. Inoltre, a renderla così competitiva per l’autocostruzione nei paesi emergenti sono le seguenti caratteristiche:

- **Reperibilità locale.** La terra cruda è il materiale più reperibile al mondo ed è legato al luogo di origine, producendo quindi un’architettura molto centrata sul territorio.
- **Risparmio di risorse e di energia.** La maggior parte della terra che serve alla costruzione può essere estratta dallo stesso scavo della fondazione, abbattendo così il consumo di energia di estrazione, di costi di trasporto e di fabbricazione, grazie alla sua facile trasformazione
- **Lavorabilità.** È ciò che davvero rende la terra un materiale da auto-costruzione, in quanto il suo processo di trasformazione è molto semplice e alla portata di tutti; basta solo un supervisore che illustri il procedimento. Inoltre, la sua plasticità permette una rapida ripresa in caso di

¹ G. Ceragioli, Nuccia Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell’architettura*, CLUT, Torino, 1989, p. 684.

² Con questa espressione si intende una tecnologia che risponde agli obiettivi voluti o che serve a raggiungere un determinato scopo, che nel caso dei paesi emergenti è quello di consentire delle condizioni di vita accettabili. G. Ceragioli, Nuccia Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell’architettura*, CLUT, Torino, 1989, p. 163.

³ G. Ceragioli, Nuccia Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell’architettura*, CLUT, Torino, 1989, p. 731.

errore. Si crea, dunque, un forte legame tra l'uomo e la sua manualità, capacità che gli permette di autorealizzarsi.

- **Proprietà fisiche.** Con aggiunta di altri materiali naturali come paglia, trucioli di legno o pietra pomice e/o con uno spessore di 40 cm si riescono a soddisfare sia le esigenze di isolamento termico e anche di quello acustico. In alcune parti del mondo in cui il clima è molto caldo, le strutture di terra si combinano alle torri del vento, sempre in terra, e sono capaci di abbassare la temperatura interna dell'edificio anche di 8-10°C rispetto a quella esterna.
- **Controllo di umidità.** Le costruzioni in terra sono in grado di assorbire l'umidità in eccesso e di rilasciarla quando l'aria è troppo secca attraverso il processo di evaporazione. Quindi, l'umidità relativa all'interno si mantiene in condizioni ottimali, quindi tra il 50 e il 70%.
- **Inerzia termica.** Questa proprietà permette di immagazzinare calore che mantiene stabile la temperatura degli ambienti migliorando la qualità dell'aria e le condizioni termoigrometriche all'interno.
- **Resistenza al fuoco.** Una muratura realizzata con balle di paglia e intonacate o in terra cruda raggiunge una resistenza al fuoco molto elevata, codificata R90 (90 minuti), decisamente maggiore di quella del calcestruzzo di 30 minuti.
- **Possibilità di riutilizzo.** Il suo riciclo, in caso di demolizione di una vecchia costruzione raggiunge anche il 100%, se la terra non è stata mescolata ad aggregati solubili.



Figura 1: esempio di autoconstruzione di una scuola infantile a Mkiu (Fonte: http://www.mattone-sumattone.eu/Index/Progetto.asp?Id_At=9159t3d82w1145442122)

2.2. L'operato delle ONG per l'emergenza abitativa

Nella situazione al limite del *Global South*, dove non esiste alcun servizio da parte delle istituzioni statali, il ruolo delle **ONG** è fondamentale per assicurare alla popolazione un minimo di assistenza. Le attività di queste organizzazioni si ispirano ad un approccio che prevede:

- La condivisione della **good governance**, ovvero del rispetto dei diritti umani, della trasparenza amministrativa ecc.;
- La coerenza tra le varie **politiche di sviluppo**: regole commerciali e apertura verso i mercati a beneficio dei PVS⁴, sostenibilità del debito, flussi pubblici di aiuto, promozione degli investimenti esteri;
- Collaborazione tra **sistemi-Paese**, quindi con le ONG, gli enti locali, le imprese, le istituzioni universitarie per portare risorse umane preziose per lo sviluppo locale;
- Sviluppo complementare tra le **attività di sostegno** sanitario, di educazione e formazione della popolazione, di assistenza alimentare, di sviluppo rurale e delle imprese, delle infrastrutture e di tutela del patrimonio.

La presenza di questi enti è sicuramente positiva e di grande aiuto per la promozione di una vita migliore ma ha creato una sorta di **dipendenza**, tanto che gli abitanti spesso pretendono più dalle ONG che dal loro governo.

Tra le organizzazioni più attive troviamo la **UN-HABITAT**, il primo organismo ufficiale delle Nazioni Unite dedicato all'urbanizzazione, il suo compito quindi è di assistere i programmi nazionali relativi agli **insediamenti umani** attraverso la fornitura di capitale e assistenza tecnica. UN-HABITAT prevede città ben pianificate, ben governate ed efficienti e nuovi insediamenti umani, con alloggi adeguati, infrastrutture, accesso universale all'occupazione e ai servizi di base come acqua, energia e servizi igienico-sanitari⁵. L'agenzia è impegnata negli Obiettivi del Millennio per lo sviluppo, che si propongono di dimezzare entro il 2020 il numero di persone che vive nelle baraccopoli, "la sua missione è proprio di promuovere lo sviluppo di insediamenti umani socialmente e ecologicamente sostenibili e il raggiungimento di un adeguato rifugio per tutti"⁶. UN-HABITAT è finanziata dai governi e delle fondazioni umanitarie con **fondi volontari**. Proprio su questa scia, si inserisce il caso studio che verrà analizzato in questa tesi: un progetto residenziale di UN-HABITAT che verrà realizzato in Kenya, "The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County".

2.3. Il progetto di HABITAT: The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County

Le tendenze innovative in campo costruttivo sono state adottate in tutti i paesi del mondo grazie agli accordi stipulati con la nuova **Agenda 2030**; ogni stato ha la proprie responsabilità nei confronti dei danni inflitti al pianeta.

⁴ Paesi in Via di Sviluppo

⁵Descrizione completa su <https://unhabitat.org/goals-and-strategies-of-un-habitat/>.

⁶UN-HABITAT, 2018 su <https://unhabitat.org/goals-and-strategies-of-un-habitat/>.

Le città stanno affrontando sfide demografiche, ambientali, economiche, sociali e spaziali senza precedenti. È in corso un fenomeno verso l'urbanizzazione, con 6 persone su 10 nel mondo che dovrebbero risiedere nelle aree urbane entro il 2030⁷. Oltre il 90% di questa crescita avverrà in Africa, Asia, America Latina e Caraibi. In assenza di un'urbanistica efficace, le conseguenze di questa rapida urbanizzazione saranno drammatiche. In molti luoghi del mondo, gli effetti possono essere già avvertiti: mancanza di alloggi adeguati e **crescita di baraccopoli**, infrastrutture inadatte e obsolete, che si tratti di strade, trasporti pubblici, acqua, servizi igienici o elettricità, aumento della povertà e della disoccupazione, scarsa sicurezza e problemi di criminalità, inquinamento e conseguenti danni alla salute, nonché disastri naturali o provocati dall'uomo o altre catastrofi dovute agli effetti dei cambiamenti climatici. Mentalità, politiche e approcci all'urbanizzazione devono cambiare perché la crescita delle città e delle aree urbane si trasformi in opportunità che non lasceranno nessuno indietro. UN-Habitat, il programma delle Nazioni Unite per gli insediamenti umani, è "al timone di questo cambiamento, assumendo una *leadership* naturale e un ruolo catalizzatore nelle questioni urbane"⁸.

Nel Settembre del 2016, viene stipulato un accordo che porta all'avvio del programma "*The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County*", in cui viene proposta la realizzazione di 100 unità abitative nella città di Marsabit, capitale della omonima regione a Nord-Est del Kenya (Figura 2), sviluppate con la collaborazione di *HAMK University of Applied Sciences of Finland*, *Strathmore University Energy Research Centre* e con il supporto tecnico di *Nordic Climate Fund*. Marsabit come molte città dei paesi in via di sviluppo, sta affrontando un rapido incremento urbanistico, quindi ha bisogno di un preciso programma di pianificazione per evitare che la sua periferia diventi un luogo disordinato e soprattutto poco sicuro. Difatti, il progetto di UN-HABITAT non si occupa semplicemente del disegno architettonico e funzionale delle residenze ma promuove anche i diritti della società e mira a smuovere il mercato del lavoro locale, creando così nuovo impiego nel campo della costruzione sostenibile.

Gli obiettivi principali che questo progetto si prefigge sono i seguenti⁹:

- **Miglioramento degli alloggi**, che sia più conformi alle necessità della popolazione. Dai documenti reperiti appare evidente l'urgenza di creare nuove unità abitative per promuovere uno sviluppo adeguato dell'area periferica e utilizzando le risorse locali. Inoltre, il coinvolgimento delle parti interessate è fondamentale per tutto il processo progettuale per quanto riguarda la *design*, l'approvvigionamento di materie e per le questioni sociali ed ambientali. Si cercherà di trasmettere le conoscenze tecnologiche per favorire la ripetibilità.
- **Migliorare l'integrazione dell'energia sostenibile**, in quanto il rifornimento di elettricità da parte dello stato è insufficiente anche se, per aiutare lo sviluppo dell'insediamento, il progetto residenziale verrà affiancato da quello della rete elettrica nazionale.
- **Implementazione della gestione pre-progetto** e alla soddisfazione delle nuove leggi che riguardano l'impatto ambientale, in modo che l'autore di qualunque progetto possa fornire dati associati all'ambiente ecologico. Un progetto avrebbe, quindi, una strategia di monitoraggio

⁷ <https://unhabitat.org/un-habitat-at-a-glance/>.

⁸ UN-HABITAT, 2018 su <https://unhabitat.org/un-habitat-at-a-glance/>.

⁹ *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey. Marsabit, Settembre 2016*, pp. 9-24.

e *auditing* completa in grado di assicurare una vasta consapevolezza sui cambiamenti ambientali e sociali che potrebbero verificarsi.

Gli obiettivi del programma "*The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County*" sono stati citati precedentemente perché sono in parte condivisi da questa tesi, soprattutto per quanto riguarda la parte dedicata alla progettazione degli alloggi. Grazie a Zeltia González Blanco, uno degli architetti e consulente di UN-HABITAT nonché membro della *itd-UPM*¹⁰, conosciuta durante un incontro avvenuto nella sede della *itd* di Madrid, è nato l'interesse verso settore umanitario. I suoi racconti sul Kenya, la possibilità di sperimentare nuove soluzioni architettoniche in un paese tanto diverso, unite al tentativo di dare un piccolo contributo per risolvere alcune delle più gravi problematiche che affligge la popolazione locale, hanno portato all'idea di questa tesi.



Figura 2: Illustrazione dell'Africa con zoom sulla contea di Marsabit. (Fonte: elaborazione propria).

¹⁰ *Technology Innovation Center for Development della Universidad Politécnica de Madrid*, ovvero il Centro di Ricerca per lo Sviluppo Sostenibile dell'università madrilenza

2.4. Marsabit: il contesto del progetto

2.4.1. Dati geografici

La contea di Marsabit è la più ampia del Kenya con un'estensione totale di 66 923 Km² (Figura 3). È situata tra le seguenti coordinate geografiche: latitudine 02° 57' Nord e 04° 27' Nord, longitudine 37° 57' Est e 39° 21' Est, confinando a Nord con l'Etiopia, a Est con le contee di Wajir e Isiolo e a Sud con la provincia di Samburu. Comprende quattro circoscrizioni: Laisamis, Moyale, Saku. In quella più a Nord sono presenti le città principali, ovvero Marsabit, la capitale, e Moyale, la più popolata.

La maggior parte del territorio si trova in un vasto bassopiano con un'altitudine compresa tra i 300 e i 900 m sul livello del mare, scendendo in maniera più dolce verso Sud-Est. La pianura è delimitata a Ovest e a Nord da colline e catene montuose che includono: il monte Kulal (2235 m) a Nord-Ovest, il Ol Donyo Ranges (2066 m) a Sud-Ovest, il Monte Marsabit (1685 m) nella parte Nord orientale della provincia e le montagne attorno al Sololo-Moyale (circa 1400 m) a Nord-Est. Il deserto Chalbi è la caratteristica fisica predominante, in quanto forma una grande depressione che copre un'area di 948 m², disteso tra i 435-500 metri di elevazione¹¹.

La maggior parte della **contea è arida**, fatta eccezione per le aree vicine alle montagne, in cui si concentrano i maggiori insediamenti umani, in quanto il clima è più favorevole e mitigato dall'altitudine. Un'altra importante risorsa per l'area, dal punto di vista naturalistico e per la creazione di un microclima migliore, è la foresta Marsabit, ovvero il *Marsabit National Park* (Figura 4).

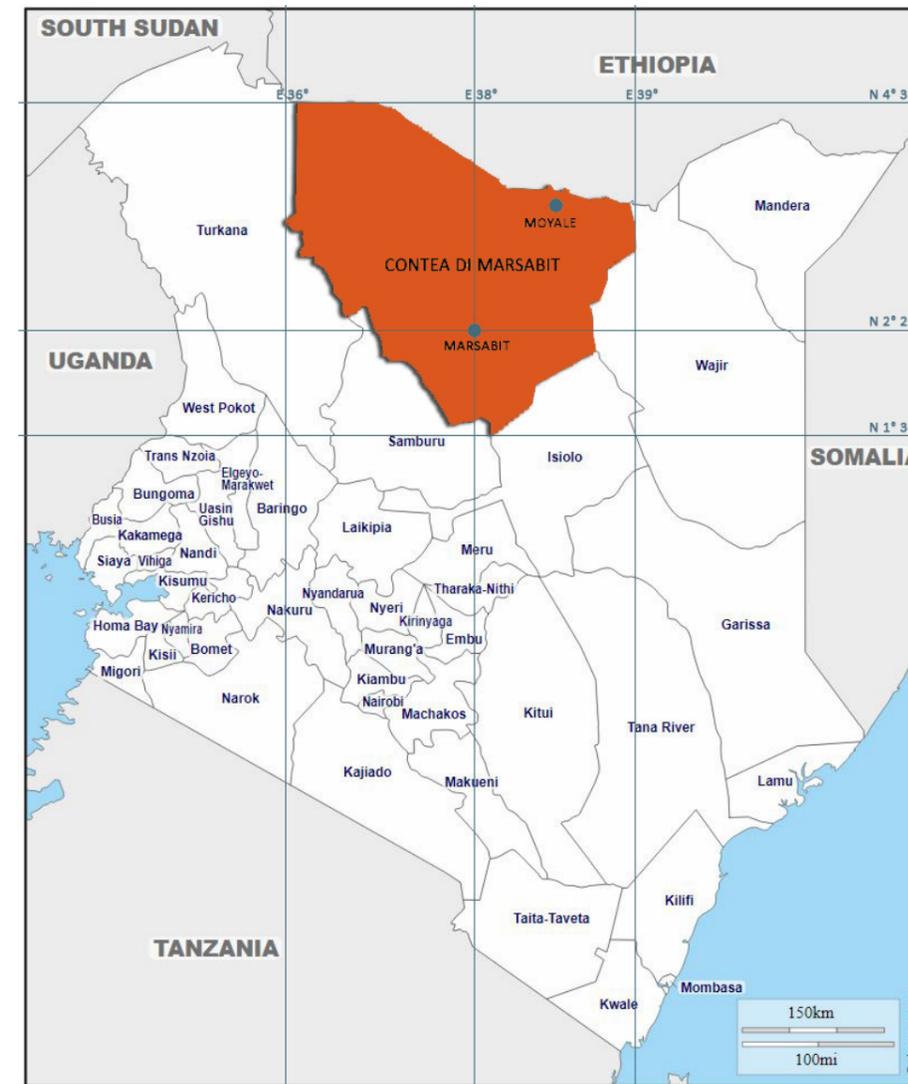
2.4.2. Dati climatici

La contea di Marsabit presenta un clima caldo-arido, includendo differenti tipologie di aree, che si estendono dal mare con un'altitudine di 0 m fino zone collinari di 500 m. Le massime di temperatura oscillano seguendo l'andamento della variazione di temperatura diurna. L'umidità, specialmente nelle ore più torride, è bassa. Inoltre, le brezze sono generalmente leggere e non presentano una direzione predominante. I mesi più caldi, in cui la temperatura massima media dell'aria è di 25.7°C e la minima è di 15.9°C, presentano una variazione media di 9.8°C, mentre, l'umidità relativa si aggira attorno al 73% e l'irradiazione solare globale all'orizzonte è di circa 6.1 kWh/m² al giorno. La media annuale delle precipitazioni è 693 mm.

Le **ore diurne** sono davvero **torride**, quelle con temperatura maggiore sono spesso accompagnate da un'umidità dell'aria bassa o moderata e, alcune volte, da una leggera brezza che impedisce alle superfici di inumidirsi e che quindi, abbassa l'umidità nelle ore più calde, attenuando il livello di discomfort. La differenza di temperatura giornaliera, quindi, oscilla tra quelle diurne molto elevate e quelle **notturne più fresche** e relativamente confortevoli.

Il vento è generalmente debole, ma persistente e, solo in alcune località,

può essere forte. Ciò porta alla formazione di improvvise e violente **tempeste di vento** e, di tanto in tanto, si verificano anche tempeste di sabbia in alcune aree delle zone più sensibili a questo fenomeno, un esempio è quella vicina del lago Turkana. Questo contesto climatico comporta l'adozione di particolari strategie a livello progettuale, molto diverse da quelle abituali usate nei climi freddi o temperati, in grado di fronteggiare l'asprezza di un clima equatoriale¹².



¹² I dati riportati sono stati forniti da UN-HABITAT attraverso un apposito manuale di progettazione per il clima caldo-arido: A. Agevi; Jerusha Ngungui, *Manual on Sustainable Building for Hot and Arid areas. Marsabit country*, in "Sustainable building design for tropical climates. Principles and Applications for Eastern Africa". Nairobi, UN-Habitat, 2017.

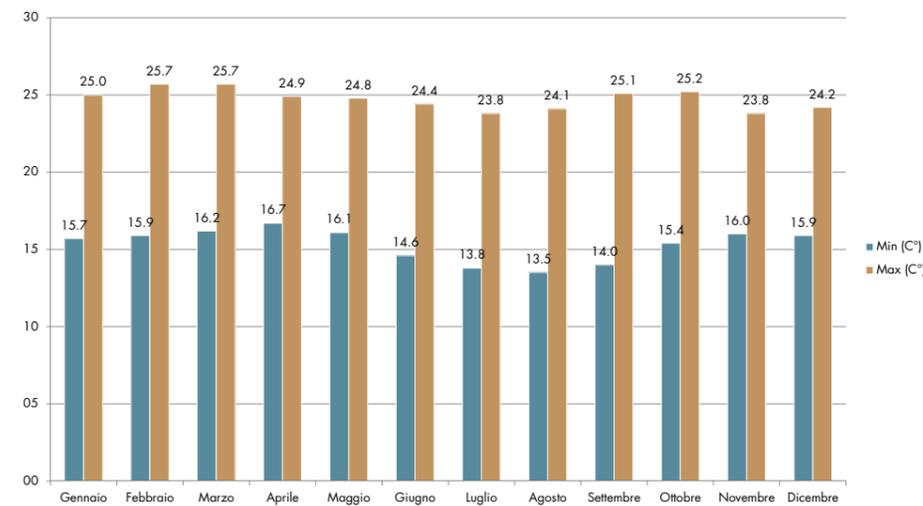
Figura 3. Cartina Kenya. (Fonte: elaborazione propria).

Figura 4. Paradise Lake nel Marsabit National Park. (Fonte: <http://www.fkingssafaris.com/MarsabitNationalReserve.htm>).

¹¹ Dati ufficiali aggiornati al 2017 del *Country Government of Marsabit*

• TEMPERATURA DELL'ARIA

La temperatura dell'aria è influenzata da fattori geografici (latitudine, topografia e idrografia), dall'irradiazione solare, dal vento e dal luogo (se si tratta di un'area rurale o urbana). Il *range* delle temperature giornaliere e mensili non è sufficiente per il calcolo delle perdite e dei guadagni termici di un edificio, in quanto questo segue il comportamento conseguente ai suoi criteri di progettazione. I **mesi più caldi** nella contea di Marsabit sono **Febbraio, Marzo e Aprile** mentre **Luglio e Agosto** i più freschi, secondo i dati della WMO¹³ (figura 5). Le elevate temperature diurne comportano la ricerca di soluzioni progettuali che tendono ad abbassare la temperatura interna, con il fine di creare degli ambienti termicamente confortevoli. Ciò è possibile solo attraverso opportune scelte tecnologiche che intessano la progettazione dal livello compositivo a quella prettamente tecnica, in altre parole dall'orientamento dell'edificio alla scelta delle stratigrafie.



• PIOVOSITÀ

Il tasso, l'intensità e la quantità di pioggia determina il fabbisogno di drenaggio, l'impermeabilizzazione dell'involucro esterno, gli sbalzi del tetto, le dimensioni delle grondaie, le strategie per la protezione dall'acqua, ecc. A Marsabit sono presenti due stagioni piovose chiamate rispettivamente (come si deduce dal grafico della figura 6):

- Le lunghe piogge (da Marzo a Maggio)
- Le corte piogge (da Ottobre a Dicembre)

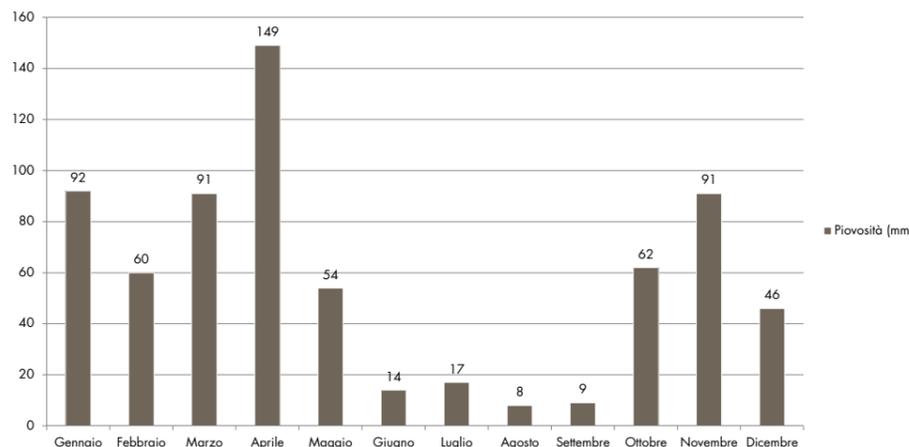


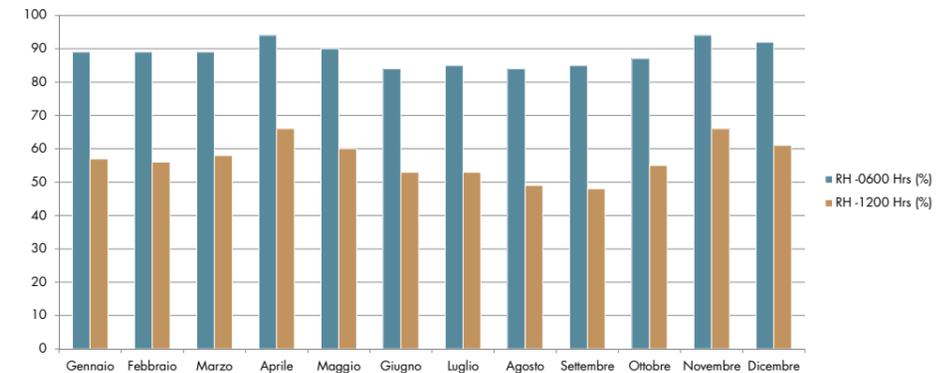
Figura 5. Grafico delle temperature medie mensili (30 giorni) di Marsabit (Fonte: <https://www.wmo.int>).

Figura 6. Grafico delle piovosità di un anno di Marsabit (Fonte: <https://www.wmo.int>).

¹³ World Meteorological Organization, ente intergovernativo che si occupa di meteorologia a livello mondiale.

• UMIDITÀ RELATIVA

L'umidità relativa influenza il comportamento dei materiali da costruzione, soprattutto per ciò che riguarda il loro tasso di deterioramento. Un'alta umidità relativa comporta la corrosione dei metalli e la deformazione fino allo sbriciolamento di alcuni materiali, in particolare del legname. Nella contea di Marsabit, l'**umidità relativa media** è del **73%** con la percentuale **più alta in Aprile** e la **più bassa in Settembre**, coincidendo così con il mese più piovoso e con quello più asciutto (Figura 7). Se si adopera la terra per la costruzione, il comfort interno dell'edificio è assicurato dalle sue proprietà fisiche che consentono l'assorbimento o il rilascio di una percentuale di umidità, giovando così al benessere dell'utenza.



• RADIAZIONE SOLARE

Con radiazione solare si intende il flusso che emette il sole sotto forma di onde elettromagnetiche, radiazione infrarossa, radiazione ultravioletta e luce visibile. Essa è la fonte di gran parte dell'energia del nostro pianeta, che influenza molti dei fenomeni atmosferici. La conoscenza dell'apporto della radiazione solare in una determinata località influenza il progetto di un edificio in termini di orientazione e composizione formale; collocazione e dimensione delle aperture; scelta dei più adeguati elementi di oscurazione, isolamento del materiale, spazi per la ventilazione ecc. A Marsabit, i **valori massimi e minimi** di radiazione solare sono rispettivamente di 6.79 e di 5.54 kWh/m²/giorno che si verificano a **Settembre**, il primo, e **Novembre**, il secondo i dati di WMO (Figura 8).

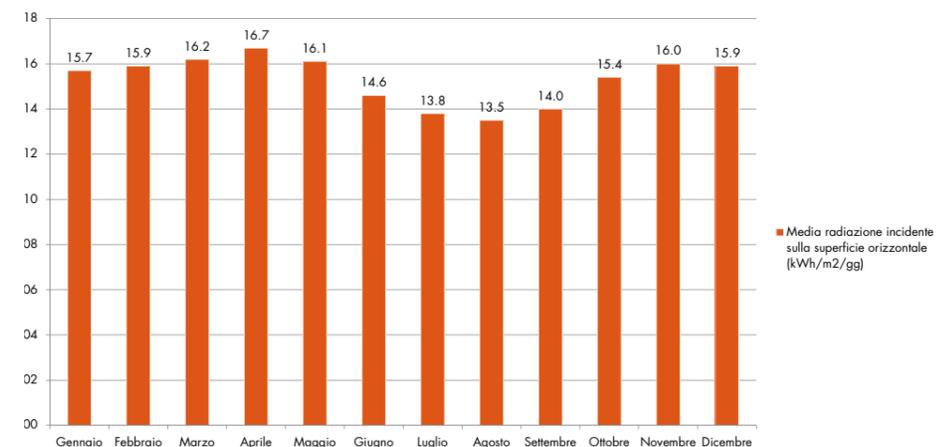


Figura 7. Dati riferiti alle medie di umidità relativa (Fonte: <https://www.wmo.int>).

Figura 8. Valori medi dell'incidenza solare all'orizzonte (Fonte: <https://www.wmo.int>).

• VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO

Con la parola vento si intende il movimento di masse d'aria causate dai differenti gradienti di temperatura dell'aria, quindi da differenti valori di pressione atmosferica. Il naturale movimento dell'aria consente la ventilazione naturale di cui si beneficia nelle seguenti modalità: aiuta il mantenimento della qualità dell'aria nell'edificio e soprattutto il livello minimo di ricircolo dell'aria contaminata interna con quella esterna, provvedendo così al comfort termico.

La conoscenza dei modelli di vento del luogo può essere utile alla progettazione perché può promuovere la ventilazione naturale e proteggere gli occupanti da situazioni ventose poco confortevoli. Lo studio delle caratteristiche del vento consente la determinazione di specifiche riguardanti la forma dell'edificio, l'orientamento, le dimensioni e la posizione delle aperture, la configurazione dello spazio interno e la precisa collocazione del manufatto all'interno del lotto e l'eventuale presenza di una barriera per attenuarne gli effetti. Il diagramma raffigurante la rosa dei venti a Marsabit mostra una **direzione predominante da Sud** e, in minor proporzione, da Sud-Est (Figura 9).

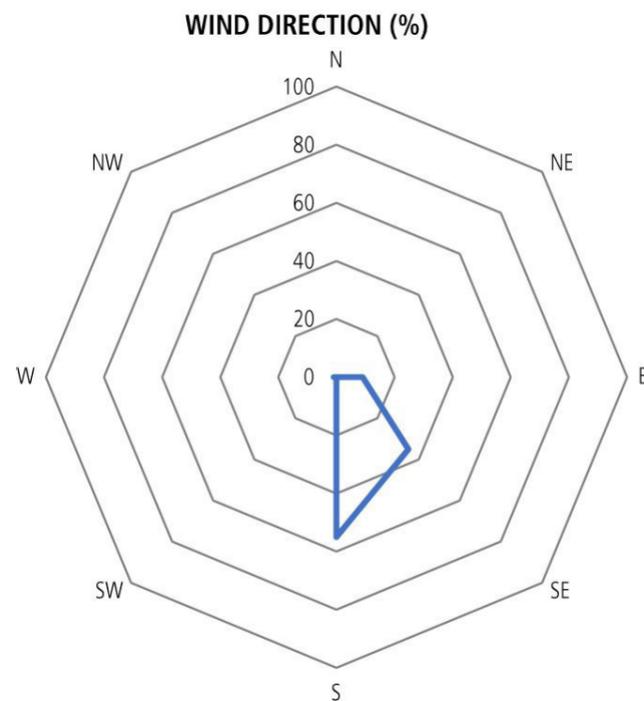


Figura 9. Grafico direzione predominante venti a Marsabit. (Fonte: <https://www.wmo.int>).

2.4.3. Dati demografici ed economici

In accordo con il Census nazionale¹⁴, la contea di Marsabit ospita circa **291 166 abitanti**. La popolazione, di cui il 52% è di genere maschile e il 48% è di genere femminile, è composta da varie comunità etniche: la Gabbra, che vive per la maggiore nel deserto del Chalbi, la Cushitic Rendille, che risiede nel deserto del Kaisut, la Borana, che risiede nel Moyale, Waso e Saku; la Turkana, che in parte vive nelle aree di Loiyangalani e

¹⁴ Dati ufficiali aggiornati al 2009 del Kenya National Bureau of Statistics.

Samburu però, per la maggiore, nei territori attorno a Korr, Laisamais e Karere. La contea ha una densità di popolazione media di quattro persone in 20 Km² con le più alte concentrazioni all'interno dei centri urbani, in particolare Marsabit, Moyale, Sololo e Leisamis. Nel corso degli anni, le comunità hanno adottato elementi del mondo occidentale come l'istruzione formale e l'impiego. Al momento sono iscritti circa 40.000 studenti 126 scuole elementari della contea, con altre 1.100 frequentanti scuole superiori. Nonostante il *Free Primary Education* (FPE) e *Free Secondary School* (FDSS), c'è scarsa alfabetizzazione dato che solo il 27% e il 22% della popolazione è in grado di leggere e scrivere e, inoltre, vi è un alto tasso di abbandono scolastico a causa di pratiche culturali regressive. Questo si traduce in mancanza di competitività nel mercato del lavoro interno e esterno alla contea e quindi, conseguentemente, è presente un'alta disoccupazione¹⁵.

La contea di Marsabit ha un **alto potenziale di sviluppo**: quasi ogni famiglia possiede bestiame, assumendo le connotazioni di una piccola industria di allevamento e ciò ha un importante impatto sull'economia locale e sociale. Altre attività redditizie su piccola scala sono la pesca, la raccolta della sabbia, l'estrazione (di pietre, di sale, di gemme e pietre preziose) e commercio su piccola scala. Per quanto riguarda il commercio, i prodotti trattati riguardano l'agricoltura e l'allevamento: manzo, mais, fagioli, frumento, legumi, frutta e Miraa (Khart).

La contea è dotata di importanti **risorse naturali**: la fauna e la flora selvatica, i laghi, le montagne, le foreste e i pascoli (Figura 10). La loro bellezza scenica è fonte di attrazione turistica, difatti, il Parco Nazionale di Marsabit, la riserva di Sibilo e South Island National Park, il lago Turkana, Sokote e Paradise sono molto frequentati e rappresentano un gran potenziale di crescita per il settore turistico.

Uno dei punti focali di interscambio della contea è la città di Moyale, attraverso la quale vi è una vivace circolazione di beni e servizi con l'Etiopia. Per quanto riguarda la città di Marsabit, il principale centro urbano dell'area, possiede una posizione geografica che ne ha favorito l'ammmodernamento urbanistico, lo sviluppo economico e imprenditoriale. Inoltre, grazie alla strada che la collega alla città di Moyale, vi è una fioritura dello scambio commerciale con l'Etiopia, che, unito ai servizi urbani offerti, la rende un centro attrattivo per scopi mercantili e per il trasferimento stabile di molte comunità da ogni parte del Kenya.



¹⁵ Dati presenti in *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey, Marsabit, Settembre 2016*, pp. 40-54.

Figura 10. Monte Kulal, (Fonte: http://ke.geoview.info/mont_kulal_kenya,56918296p).

2.5. L'architettura dei villaggi tradizionali

Per comprendere le scelte da adottare in un progetto in paese emergente, è necessaria una breve digressione sulla storia passata e sui fattori che hanno influenzato la **trazione architettonica**. L'architettura tradizionale della contea di Marsabit, così come nel resto del Kenya e dell'Africa rurale, è quella delle **comunità**, ovvero delle tribù autonome di diversa etnia, disseminate nel territorio. Non esiste un'architettura tradizionale secondo l'accezione comune, ma le sue origini vanno scovate attraverso l'analisi della vita e delle necessità di queste popolazioni, per lo più costituite da gruppi di famiglie di pastori nomadi. La migrazione, quindi, è uno dei principali fenomeni che interessa il paese, che detta la modalità di costruzione delle abitazioni, strettamente legata al territorio e alle sue caratteristiche geografiche. Di conseguenza, i materiali da adoperare sono influenzati direttamente dalla scelta del sito e si tratta di risorse naturali di facile **reperibilità** e costo pari a zero; si utilizzano essenzialmente legno, argilla e fango. La scelta di questi è una delle motivazioni per cui le testimonianze storiche sono molto scarse. Un altro fattore preponderante è il clima equatoriale di questa zona; quest'ultimo gioca un ruolo fondamentale anche nella morfologia delle abitazioni, in quanto ne detta la forma, le aperture e il modo di viverle.

L'Africa subsahariana è abitata da migliaia di popolazioni, pertanto è difficile fornire una classificazione tipologica delle abitazioni, ma si può tentare di raggrupparle a seconda delle caratteristiche della struttura :

- **Tipo 1:** struttura con elementi rigidi. Struttura ricoperta di paglia ed erba, erba o canne; i muri sono realizzati con pali verticali scavati nel terreno, su cui sono legati gli orizzontamenti a coppie parallele. Lo spazio tra questi è riempito da cespugli o da fango o da un misto dei due. A volte il fango viene sostituito da un misto di sterco di bovini e ceneri e ricoperto da gesso bianco. Con meno frequenza, i tamponamenti verticali venivano edificati con blocchi di terra essiccati al sole (Figura 11).
- **Tipo 2:** struttura con elementi flessibili piantati nel terreno da un'estremità. I muri e il soffitto sono un tutt'uno e sono realizzati con piccoli alberi e erba o da sterco. (Figura 12)
- **Tipologia 3:** la struttura è costituita da elementi flessibili piantati nel terreno attraverso le due estremità. Essa è a forma di cupola ed è realizzata con dei ramoscelli legati insieme e ricoperti da tessuti, pelli, erba o foglie. (Figura 13)

Tutte queste costruzioni sono accumulate da una **forma circolare** che genera una cupola o un cono, in quanto è una delle più facili da realizzare e permette di controllare a 365° l'intorno. Per quanto riguarda le aperture, la cui quantità e forma dipendono dal clima, sono in genere molto poche e di forma rettangolare; in molti casi è presente solo la porta, che provvede alla ventilazione naturale dell'abitazione, all'infiltrazione di luce e alla *privacy*, se chiusa. L'organizzazione interna è quasi sempre un *open space* in cui si distribuiscono le varie funzioni: cucinare, dormire e accumulare utensili per la vita quotidiana. Le tipologie descritte fanno parte di un'architettura "primitiva" e "naturale", dalla quale discendono abitazioni più o meno complesse, che si evolvono, diventando più complesse, fino ad assumere una conformazione molto simile a quella occidentale.



Figura 11. Tipologia abitazioni 1. K.A. Andersen, *African Traditional Architecture. A study of housing and settlement patterns of rural Kenya*. Nairobi. Oxford University Press. 1977, pag.40.

Figura 12. Tipologia abitazioni 2. K.A. Andersen, *African Traditional Architecture. A study of housing and settlement patterns of rural Kenya*. Nairobi. Oxford University Press. 1977, pag.40.

Figura 13. Tipologia abitazioni 3. K.A. Andersen, *African Traditional Architecture. A study of housing and settlement patterns of rural Kenya*. Nairobi. Oxford University Press. 1977, pag.41.

2.5.1. Il processo di evoluzione della casa nella storia

L'Africa subsahariana è stata da sempre caratterizzata da un'ampissima varietà di tribù e popolazioni, fra le quali è molto difficile trovare un nesso di parentela etnica e linguistica. Questa profonda **diversità culturale** si rispecchia anche nelle forme abitative, prodotte da tradizioni locali e dai relativi modi di vivere e influenzate dai materiali disponibili e dal clima. Proprio per queste ragioni, è molto difficile analizzare nel complesso l'evoluzione della casa che interessa l'intera Africa subsahariana, quindi verranno analizzate le forme e tipi di abitazione maggiormente diffuse nel territorio del **Kenya**, stato in cui si trova il progetto "The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County". Le tipologie tradizionali seguono approssimativamente un percorso che inizia dalla soluzione più semplice a quella più elaborata, partendo dalle capanne dei pastori nomadi fino a giungere a edifici urbani a più piani che prevedono l'uso di pietra e malta di calce.

La classificazione e la nomenclatura adottate per descrivere l'evoluzione dell'abitazione riprende quella elaborata da Alberto Arecchi, nel libro "La casa Africana" (da pagina 165 a pagina 178), in cui è presente l'analisi "evolutiva" dell'intero continente.

- **Tipologia 1 "Tende e case mobili"**: pianta rotonda o rettangolare con profilo emisferico o ovale, caratterizzata da un'armatura a pali arcuati, ricoperti da fogliame, pelli, stuoie vegetali o, in casi più rari, spalmati di intonaco di terra. Sono abitazioni pensate per essere facilmente smontate e trasportate, associate ad un recinto per il bestiame.
- **Tipologia 2 "Abitazioni stabili in materiali vegetali o pelli"**: capanne a pianta circolare con diametro maggiore o uguale all'altezza, i cui muri sono realizzati in terra spalmata su graticci di legno o foglie di palma. Il tetto è conico in materiali vegetali. L'abitazione, in alcuni casi, è circondata da verande coperte. Il villaggio è organizzato attorno a dei cortili comuni.
- **Tipologia 3 "Abitazioni stabili in materiali vegetali o pelli"**: costruzioni a pianta rettangolare, con tetto a padiglione (quattro falde) coperto di foglie di palma intrecciate. Talvolta, le due falde più lunghe ricoprono le altre due. I muri sono realizzati in terra in cui sono presenti le aperture in cui inserire le porte in legno intagliato. Vengono chiamate tradizionalmente *Arish* e sono molto diffuse ancora oggi nel territorio kenyota (con alcune modifiche a seconda della disponibilità di materiale), come moderna evoluzione della capanna rotonda. Questa tipologia si incontra maggiormente lungo le vie di comunicazione e nelle periferie urbane.
- **Tipologia 4 "Case di pietra"**: edifici articolati con locali rettangolari, costituiti da muratura in pietrame e malta di calce. Il tetto è coperto da materiali vegetali, con falde inclinate a diversa pendenza. È possibile la presenza di più piani fuori terra.
- **Tipologia 5 "Casa di pietra"**: edifici con diversi locali a pianta quadrata su più livelli. Si tratta di palazzi singoli o affiancati che costituiscono quartieri o isolati dei centri urbani. I muri sono in pietra e rico-

perti da uno strato di intonaco di calce. I tetti sono piani e presentano delle terrazze, essi sono sorretti da travi in legno o tronchi di palma ricoperti di sabbia e calce.

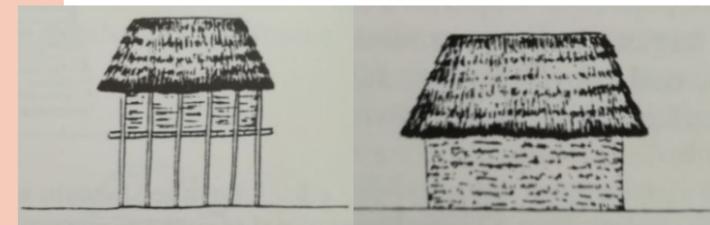
A partire dall'epoca coloniale, quest'architettura tradizionale inizia a risentire degli influssi di quella europea, portando un cambiamento che coinvolgerà non solo l'architettura ma l'intera cultura e modi di vivere del continente.

Nel seguente schema sono illustrate le varie tipologie.

Tipologia 1



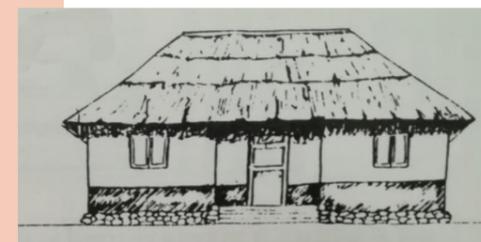
Tipologia 2



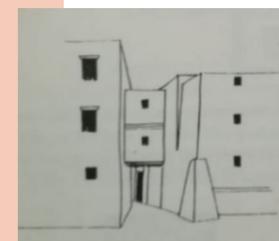
Tipologia 3



Tipologia 4



Tipologia 5



2.5.2. L'evoluzione nel XX secolo e le tipologie di Marsabit

"In tutto il continente africano, nel corso dell'ultimo secolo, modi di vita e culture tradizionali sono **profondamente mutati** nel confronto-scontro con il mondo moderno. Le condizioni economiche, politiche e sociali si sono alterate con la costituzione dapprima degli Stati coloniali e poi di quelli indipendenti, nel contesto di una società sempre più "internazionalizzata"¹⁷. Sarebbe riduttivo, però, interpretare la trasformazione dalla capanna (a pianta rotonda) all'abitazione (a pianta rettangolare) al progresso culturale portato dalla colonizzazione europea. Nonostante lo sconvolgimento della società africana, i governi coloniali non intendevano "interferire con la cultura indigena"¹⁸, ma il loro operato causò radicali cambiamenti nello stile di vita della popolazione e nel loro habitat tradizionale. A causa della nuova economia monetaria e alla costruzione di città di stampo occidentale (con servizi scolastici, lavorativi, commerciali, di trasporto ecc.), iniziò un **flusso migratorio** dalle campagne verso i centri urbani, che tutt'ora ancora interessa gran parte del continente. In altre parole, "l'abbandono delle forme di vita tradizionali, chiamato con un neologismo detribalizzazione, trova la propria origine nelle nuove condizioni urbane"¹⁹. Questa spinta verso la **modernità**, molte volte è voluta dagli stessi abitanti per ragioni di prestigio e si riflette nell'**architettura residenziale** (figura 14): l'uso di materiali moderni come il calcestruzzo mostra una crescita nella piramide sociale, nonostante si tratti di un impegno economico molto più alto e con minor riscontro in termini di prestazioni legate alle esigenze dell'utenza per un clima caldo-arido, tipico dell'Africa subsahariana. Questo processo interessa tutti i livelli della società, difatti, chi non può permettersi l'acquisto di materiali da costruzione "occidentali" utilizza quelli a **basso costo** facilmente reperibili in sito, imitando l'**aspetto** degli edifici **moderni**. Questo fenomeno è stato riscontrato anche a Marsabit attraverso un'analisi urbanistica effettuata da UN-HABITAT che suddivide le tipologie abitative in quattro categorie e ne individua la diffusione sul territorio²⁰ (tabella 1). Proprio per le motivazioni elencate precedentemente, il progetto proposto "The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County" aspira a realizzare unità abitative il più vicino possibile al tipo di casa moderna.



Figura 14: Nairobi County Government, esempio di edificio di stampo coloniale (Fonte: <https://www.imagenesmi.com/im%C3%A1genes/nairobi-county-government-ad.html>).

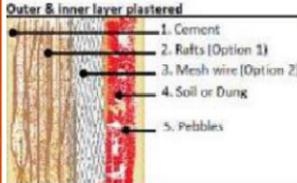
Tipologia abitativa	Sistemazione interna	Remarks e diffusione (secondo il sondaggio)
<p><i>Dome shaped house (Daase)</i></p> 		<p>Costituita da una cupola ricoperta di erbe e arbusti, attualmente è poco diffusa perché associata alla povertà. Viene costruita dalle donne della comunità.</p> <p>Diffusione a Marsabit 1%</p>
<p><i>Conical shaped house (Quutule)</i></p> 		<p>Adesso il tetto è costituito da una lastra metallica e l'interno presenta caratteristiche più moderne verso le aree urbane. È associata alla povertà e veniva costruita dalle donne e dai loro mariti.</p> <p>Diffusione a Marsabit 4%</p>
<p><i>Rectangular house (Arishi)</i></p> 	<p><i>Wall profile (Materials)</i></p> 	<p>Forma e materiali più moderni, spesso non hanno finestre. Si trovano soprattutto nelle aree urbane, l'interno è moderno e sono connesse alla rete elettrica.</p> <p>Diffusione a Marsabit 86%</p>
<p><i>Modern house</i></p> 	<p><i>Sitting room and kitchen space</i></p> 	<p>Si tratta di una vera e propria casa moderna, caratterizzata da poche aperture. All'interno c'è la cucina, il bagno e la latrina (anche se spesso non sono connessi alla rete fognaria).</p> <p>Diffusione a Marsabit 9%</p>

Tabella 1: Descrizione e diffusione delle tipologie abitative di Marsabit. (Fonte: *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey. Marsabit, Settembre 2016, pp. 71-72*).

Verranno, però, adoperati materiali da costruzione tradizionali ma con delle tecnologie modernizzate, che conservano la semplicità di trasformazione del prodotto e la manodopera non specializzata a basso costo; lo scopo di UN-HABITAT è quello di formare la popolazione all'autocostruzione, in modo da renderla autonoma per le necessità future. Inoltre, un altro importante fattore da non tralasciare, è che l'impiego di risorse naturali come la terra, per le loro esigenze di continua manutenzione, hanno "un carattere evolutivo che permette di adattare la distribuzione degli alloggi in caso di aumenti o riduzioni degli appartenenti al nucleo familiare"²¹.

²¹ A. Arecchi, *La casa Africana*, Clesav Città Studi, Milano, 1991, p.91.

¹⁷ A. Arecchi, *La casa Africana*, Clesav Città Studi, Milano, 1991, p.180.

¹⁸ A. Arecchi, *La casa Africana*, Clesav Città Studi, Milano, 1991, p.180.

¹⁹ A. Arecchi, *La casa Africana*, Clesav Città Studi, Milano, 1991, p.192.

²⁰ Questo studio tipologico fa parte dell'analisi territoriale rintracciabile in *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County, Environmental And Social Baseline Survey. Marsabit, Settembre 2016, pp. 71-73.*

2.6. L'intorno del progetto

Il progetto *"The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County"* è collocato nella città di **Marsabit**, che, come molte altre aree urbane del Kenya, è affetta da un'emergenza abitativa causata dall'alto tasso di crescita demografica e dalla forte migrazione dalle campagne. Molte comunità risiedono attorno ai grandi centri urbani, in quanto il clima è più favorevole e vi è molta più sicurezza. Uno dei principali motivi dell'emigrazione è la fuga dai conflitti tra alcuni gruppi tribali, che ha generato un flusso verso le città e un conseguente aumento della popolazione povera che necessita un miglioramento degli standard abitativi. Difatti, guardando alcune foto della città, si nota come gli standard di vita siano precari e le infrastrutture scarse o quasi inesistenti (Figura 15 a 19). Le foto di Marsabit sono state fornite dall'arch. Zeltia Blanco, che attualmente si trova nel luogo di progetto per le prime fasi di costruzione.



Figura 15. Strada di Marsabit. (Fonte: Zeltia Blanco)

Figura 16. Strada di Marsabit. (Fonte: Zeltia Blanco)



Figura 17. Edificio di Marsabit. (Fonte: Zeltia Blanco)

Figura 18-19. Strada di Marsabit. (Fonte: Zeltia Blanco)

La maggior parte del **territorio** della città di Marsabit è **arido**, così come nel resto della contea, fatta eccezione per le aree attorno ai monti, ovvero quelle delle riserve naturali (Figura 20).



Figura 20. Vista da satellite di Marsabit. (Fonte: GoogleEarth).

Proprio vicino alle foreste si nota come gli insediamenti siano più densi, ma questo provoca un danno nei confronti di queste importantissime risorse e ciò è stato tenuto in considerazione per la scelta del sito del progetto. Difatti, è stato collocato **lontano dalla linea della foresta**, in un'area a Nord-Ovest di Marsabit, occupata dalla comunità dei Borana. Inoltre, il sito è collegato al centro di Marsabit da una strada ed è stata prevista la realizzazione di tutti i servizi necessari: elettricità, acqua potabile e opere ingegneristiche (Figura 20 a 23).



Figura 20. Planimetria del contesto del progetto. (Fonte: Elaborazione propria).



Figura 21. Vista da satellite dell'area di progetto. (Fonte: Elaborazione propria).

Figura 22-23. Sito del progetto (Fonte: Zeltia Blanco)

2.7. La planimetria

Il progetto residenziale "The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County" è costituito dalla pianificazione di un'area per la realizzazione **100 unità abitative**, di cui sono stati realizzati 5 prototipi, uno per ogni diversa tipologia di abitazione (Figura 18). Il progetto, dunque, prende inizio da queste 5 unità pilota di diverse dimensioni in lotti da 10x25 metri per soddisfare le differenti esigenze delle famiglie che verranno ospitate, queste vengono ripetute diverse volte intorno a quattro cortili principali.

La pianificazione del sito è stata organizzata come segue²²:

- Organizzazione di unità abitative in **gruppi di 25 unità** e sotto-gruppi di 5-7 unità.
- Questo permetterà di fornire servizi di base aggiuntivi per ogni cortile e di predisporre lo sviluppo abitativo in modo **flessibile**.
- Organizzazione di **cluster** e sotto-cluster intorno a spazi pubblici per adattarsi al modo di vivere comune.
- Ogni gruppo sarà dotato di un'area situata verso il confine a Sud, che fornirà al cluster i seguenti servizi: una barriera di fitta vegetazione per rallentare i forti venti e le tempeste di polvere, i collettori di nebbia e la raccolta dell'acqua piovana, un'area dedicata alle reti solari fotovoltaiche.



Figura 24. Planimetria del progetto inserita nel contesto. (Fonte: Elaborazione propria).

A seguire sono state inserite le rappresentazioni planimetriche del lotto di progetto (Figura 25-26).

Figura 25. Planimetria generale del progetto. (Fonte: Rielaborazione propria).

Figura 26. Planimetria parziale, zoom sul primo blocco abitativo. (Fonte: Rielaborazione propria).

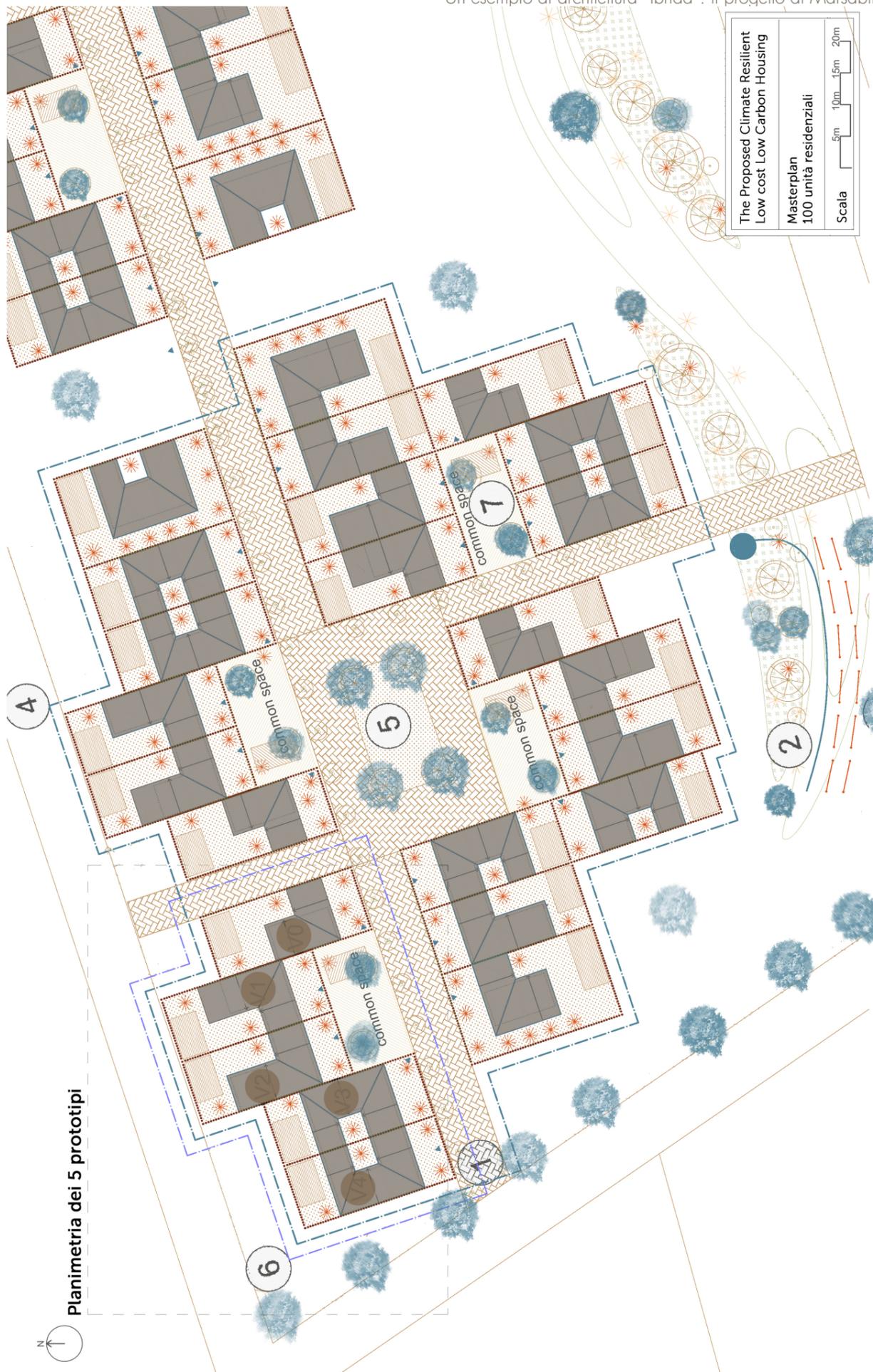


CLIMATE RESILIENT LOW COST BUILDING IN MARSABIT COUNTRY
Planimetria complesso abitativo

- 1 strada principale direzione raccomandata per clima caldo arido
- 2 barriera vegetale al vento uso di vegetazione endemica
- 3 raccoglitori di nebbia protezione dal vento e raccoglitore d'acqua per ogni blocco
- 4 blocco tipo 25 residenze
- 5 spazi aperti comuni spazio comune per la gestione dei rifiuti
- 6 cortile tipo 5-10 residenze per cortile
- 7 spazi comuni per attività di gestione per l'energia

The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing
Masterplan
100 unità residenziali
Scala
0m 20m 40m 60m

Un esempio di architettura "ibrida": il progetto di Marsabit



Un esempio di architettura "ibrida": il progetto di Marsabit

2.8. Le tipologie abitative

Il progetto, come già detto in precedenza, prende inizio dalle **5 unità pilota** di diverse dimensioni. Quattro di loro si sviluppano su un solo piano fuori terra e varia la dimensione, influenzando il numero delle stanze: da 1 a 3 camere da letto, soggiorno, bagno, latrina separata con rubinetto dell'acqua e doccia, cucina²³, cortile, giardino sul retro e antistante. La quinta unità sarà realizzata su due piani fuori terra con stanze aggiuntive nella parte superiore. La distribuzione delle stanze e il *design* della residenza saranno progettati per facilitare la costruzione di stanze aggiuntive man mano che le famiglie crescono e le loro esigenze si modificano. La struttura e lo spazio abitativo saranno progettati per consentire la costruzione di due piani per ulteriori stanze o unità abitative aggiuntive in futuro. Quindi, la **flessibilità** dello spazio è uno dei requisiti fondamentali da rispettare. Inoltre, al fine di soddisfare le diverse esigenze culturali e sociali, le unità possiedono degli **spazi privati e semiprivati**: il bagno separato (latrina); latrina con rubinetto dell'acqua per la pulizia; spazio all'aperto per cucinare e lavare i panni; giardino per la coltivazione di ortaggi; spazio per il parcheggio nella parte anteriore; una stanza patronale più grande delle altre; recinzione con vegetazione per prevenire l'eccessivo irraggiamento e ridurre i costi delle schermature; cortile con pareti di blocco forato da mantenere *privacy*; serbatoi d'acqua individuali; spazi pubblici per la vita quotidiana.

Le 5 tipologie si sviluppano a partire da un nucleo centrale, dal quale si diramano i vari spazi aggiuntivi. Il **nucleo**, che costituisce la prima tipologia, ovvero la **V0**, è formato da una cucina, da un bagno con lavandino e doccia e da uno spazio giorno comune (Figura 27).

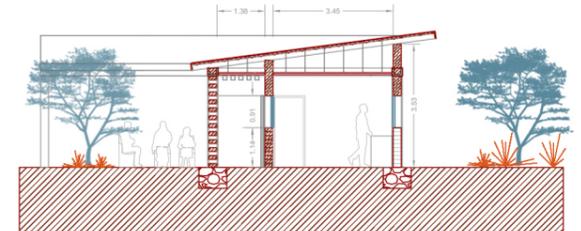
²³ La presenza della cucina interna all'abitazione è stata richiesta dagli abitanti di Marsabit, in quanto molto volte sono esterne e comuni a più nuclei residenziali.

Figura 27. Pianta e sezione tipologia V0. (Fonte: Rielaborazione propria).

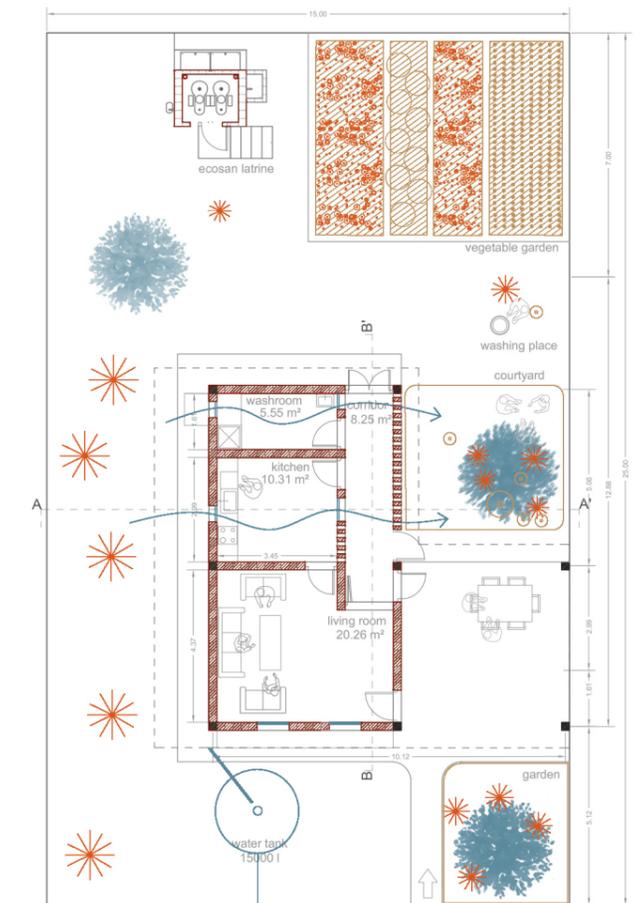
Figure da 28 a 32, a seguire. Rappresentazioni delle tipologie V1, V2, V3 e V4 in pianta prospetto e sezione. (Fonte: Rielaborazione propria).

TIPOLOGIA V0 Unità base

Sezione AA'

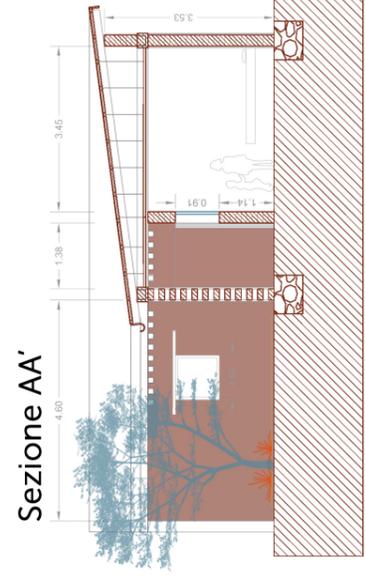
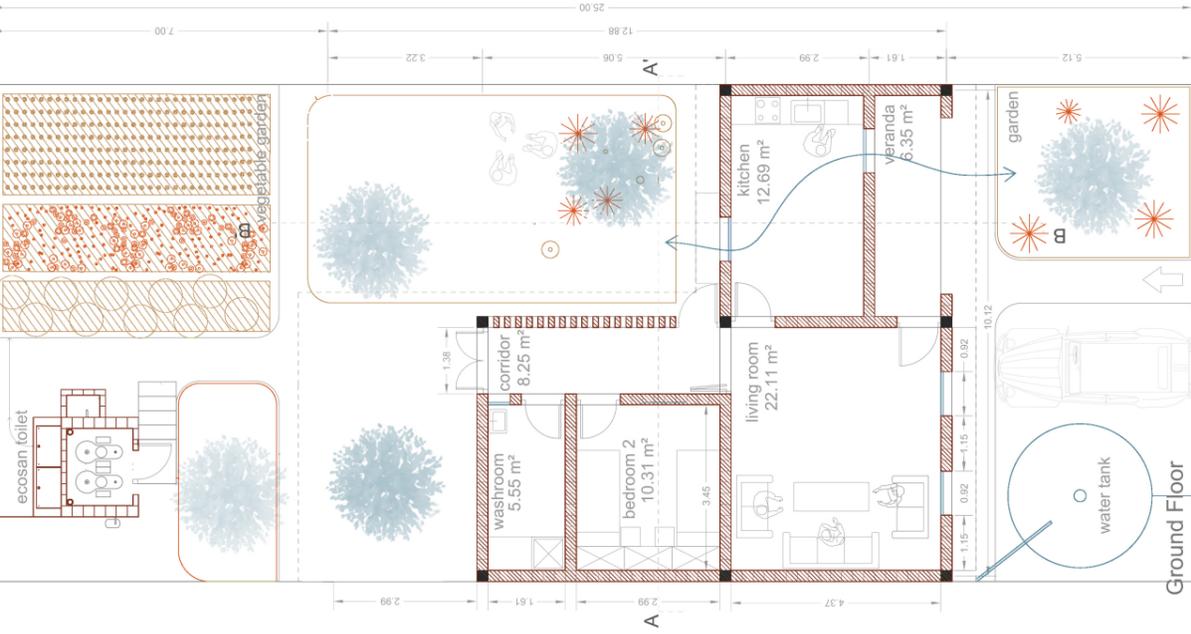


Piano terra

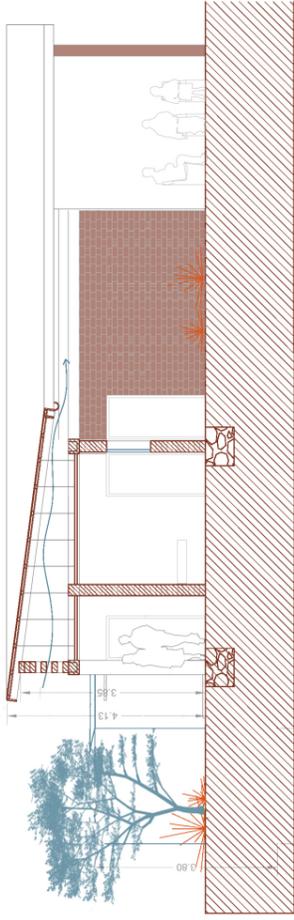


The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon
Tipologie abitative
Scala 1/300

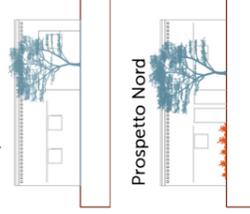
Un esempio di architettura "ibrida": il progetto di Marsabit



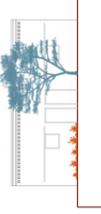
Sezione BB'



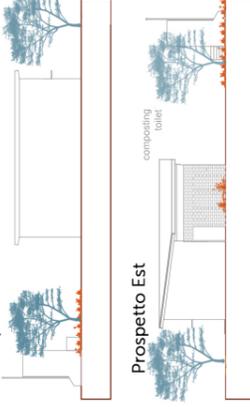
Prospetto Sud



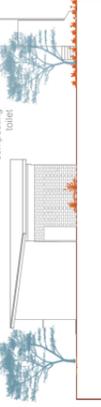
Prospetto Nord



Prospetto Ovest

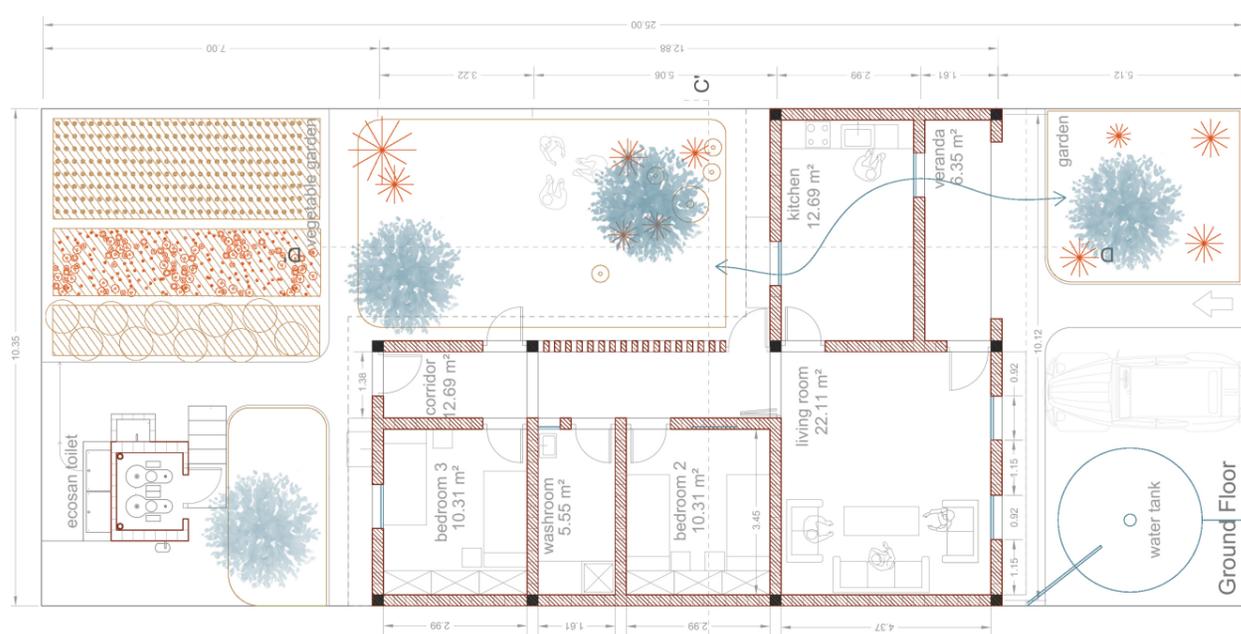


Prospetto Est

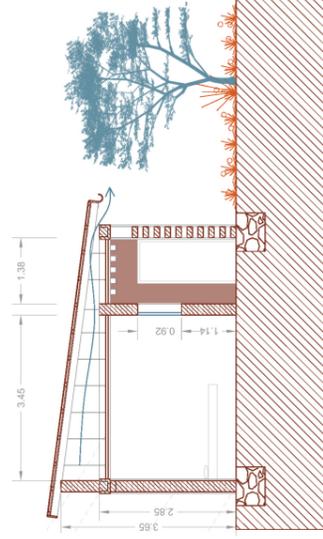


The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon
Tipologie abitative
Scala 1/100; prospetti 1/300

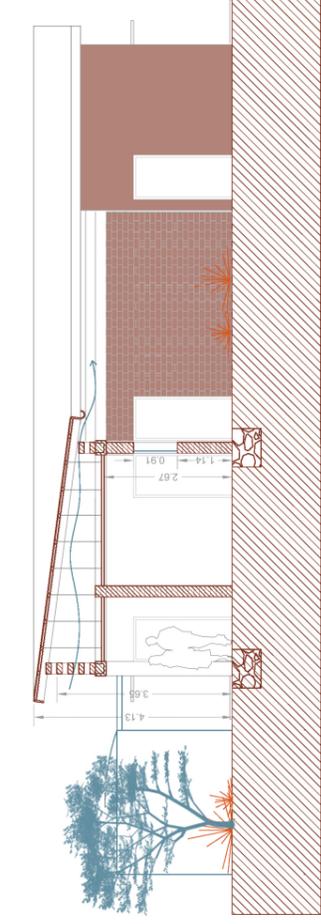
Un esempio di architettura "ibrida": il progetto di Marsabit



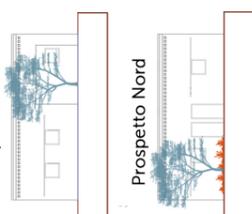
Sezione CC'



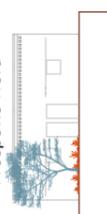
Sezione DD'



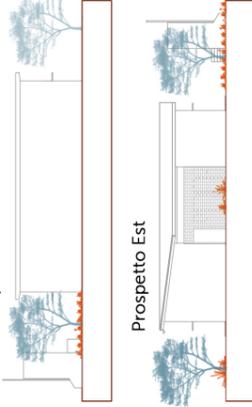
Prospetto Sud



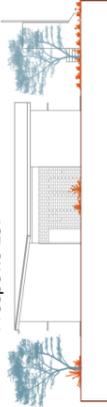
Prospetto Nord



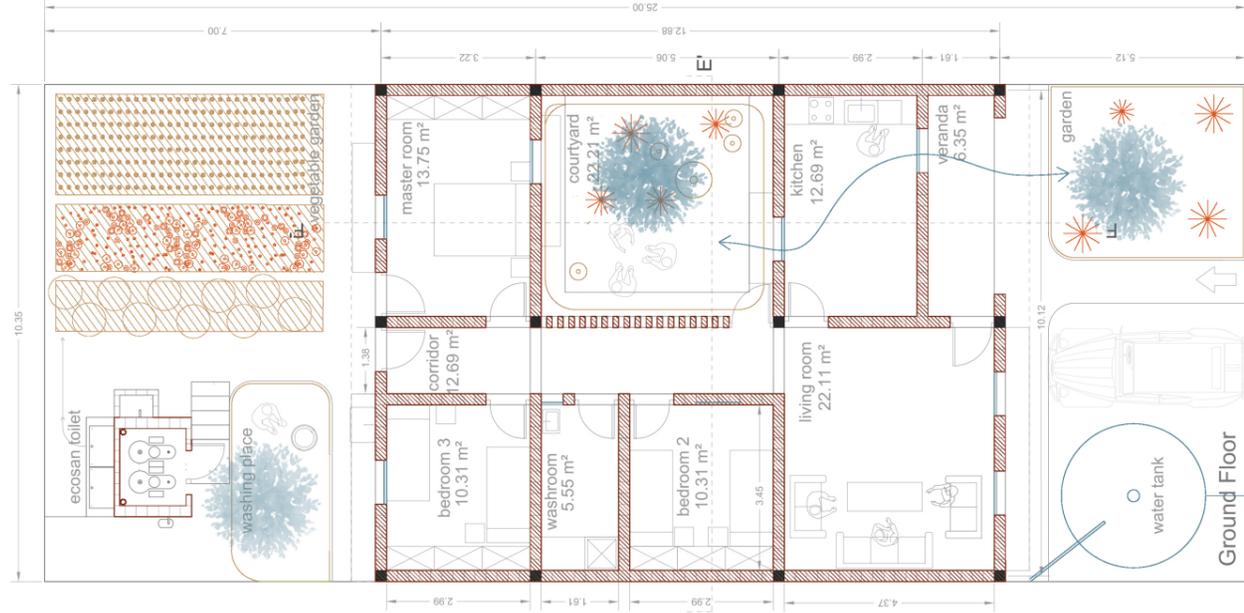
Prospetto Ovest



Prospetto Est

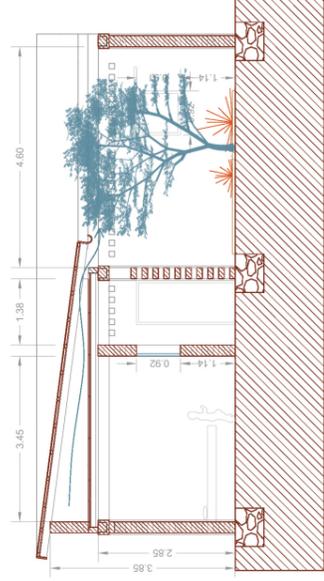


The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon
Tipologie abitative
Scala 1/100; prospetti 1/300

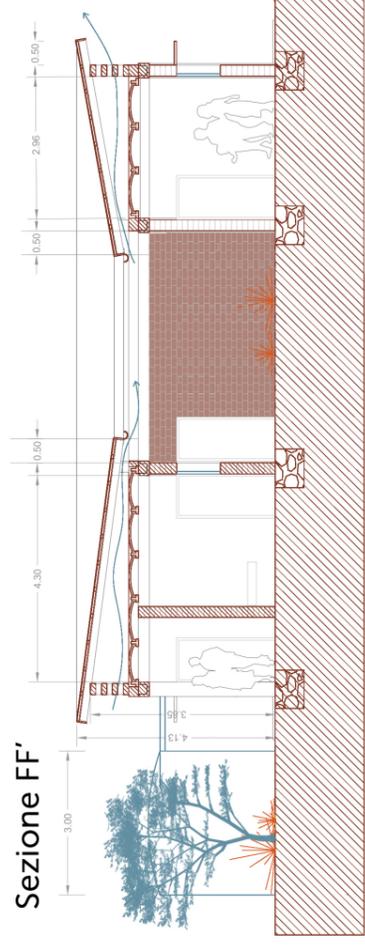


Un esempio di architettura "ibrida": il progetto di Marsabit

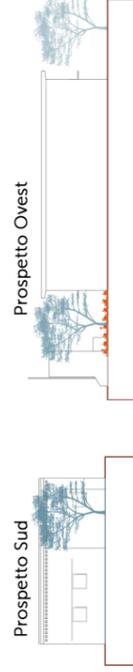
Sezione EE'



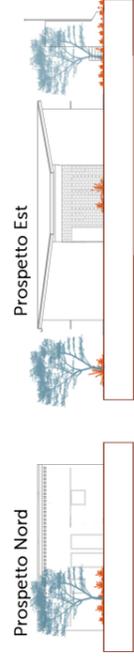
Sezione FF'



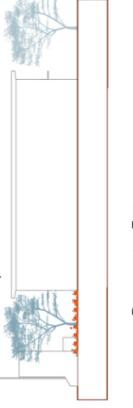
Prospetto Sud



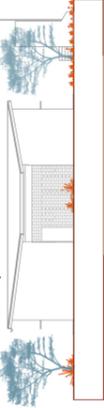
Prospetto Nord



Prospetto Ovest



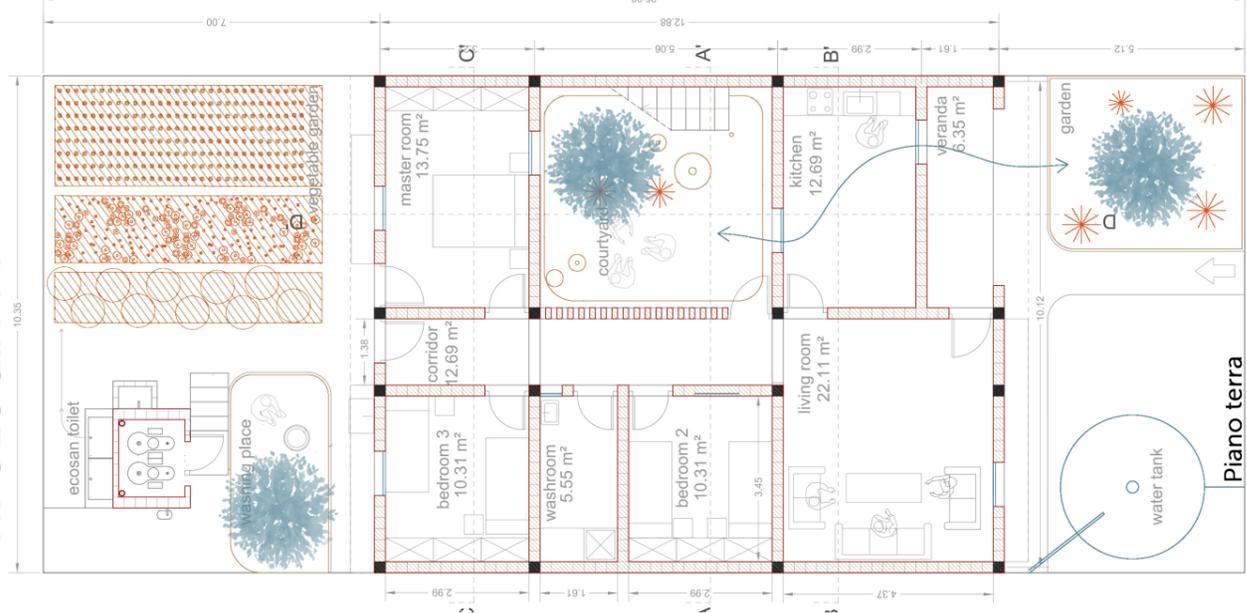
Prospetto Est



The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon

Tipologie abitative

Scala 1/100; prospetti 1/300



Un esempio di architettura "ibrida": il progetto di Marsabit

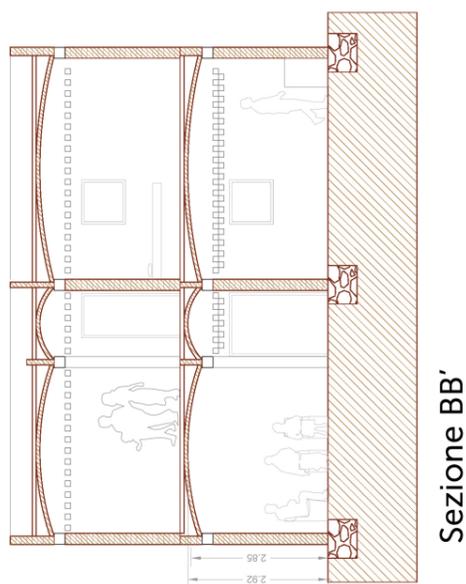
The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon

Tipologie abitative

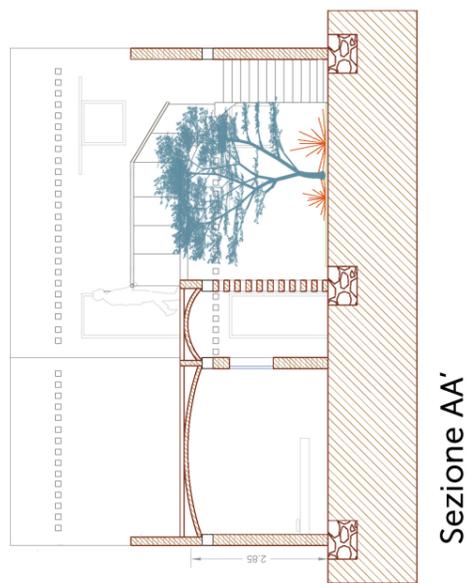
Scala 1/100

Piano primo

Piano terra



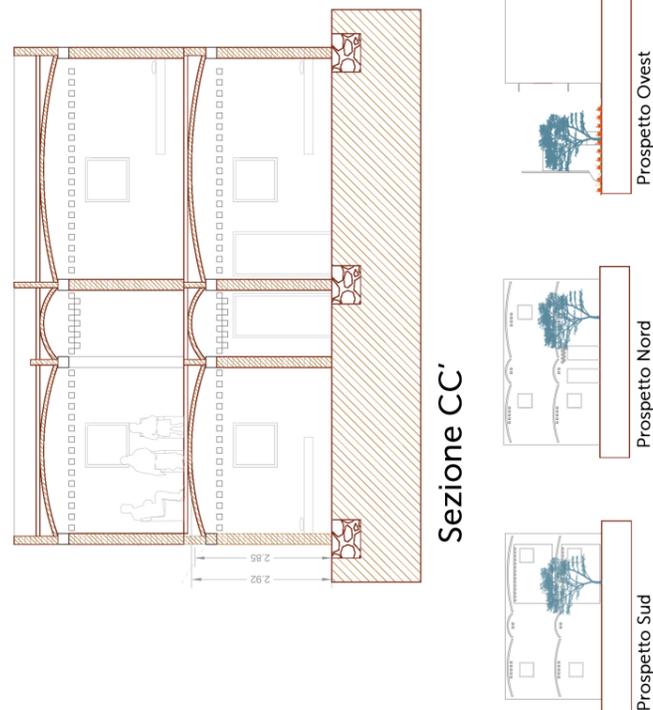
Sezione BB'



Sezione AA'



Sezione DD'

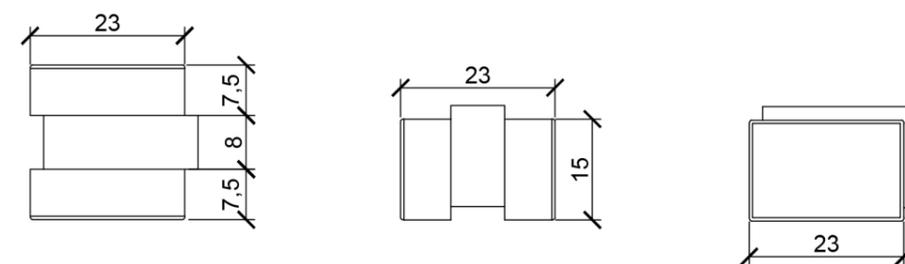


Sezione CC'

2.9. Le soluzioni tecnologiche

Le 100 unità abitative dell'intervento sono state progettate in modo da **minimizzare l'impatto ambientale** sul contesto e limitare il più possibile i consumi energetici. Un altro importante fattore da tenere in considerazione è il *budget* previsto, quindi, la vera sfida è stata la ricerca di materiali e tecniche costruttive a **basso costo** che rispettassero le esigenze di sostenibilità imposte e che fossero **idonei** alla progettazione in **clima caldo-arido**. Per raggiungere questi targets sono state selezionate le seguenti tecnologie:

- **Interlocked Stabilized Soil Blocs (ISSB)**. Si tratta di mattoni realizzati con terra cruda compressa e stabilizzata con una piccola percentuale di cemento, che si incastrano tra loro, grazie alla particolare forma (Figura 33). Questa tipologia è stata scelta perché rende la muratura più coesa, senza l'utilizzo di malta. Ogni blocco misura 230x230x115 mm e viene prodotto con il supporto di una pressa manuale, ovvero la *Hydrophone machine* (Figura 34). L'uso di risorse da costruzione naturali e locali riduce notevolmente il costo di costruzione, avendo un impatto ambientale minimo. Difatti, la miscela di terra che si utilizzerà nella fabbricazione dei ISSB, deriverà dallo scavo delle fondazioni. Sul terreno sono già stati effettuati alcuni simple test, su campioni prelevati a 1 m di profondità, per verificare che le proprietà granulometriche ne consentano l'utilizzo edilizio. Per il momento, le prove effettuate sono poche ma mostrano la presenza di polvere vulcanica e un basso contenuto di sabbia. I progettisti hanno previsto una miscela ottimale per i blocchi di terra, aggiungendo opportune percentuali di sabbia e argilla in modo da ottenere la seguente composizione: argilla e limo tra il 15-35%, sabbia tra il 50-75%, cemento tra il 5-7%, acqua all'incirca il 10% e una percentuale ancora da stabilire di polvere vulcanica, già presente nella tessitura del suolo²⁴. I progettisti non sono stati in grado di fornire altre informazioni sulla fonte dei materiali aggiuntivi (sabbia²⁵, ghiaia, limo e argilla) e quanto sarebbe d'impatto il loro acquisto sul costo del progetto. Difatti, al momento non è stato possibile reperire dati più precisi né sulla miscela degli ISSB né sulla conformazione del terreno, in quanto i lavori sono stati temporaneamente sospesi per via di problematiche legate all'appartenenza del lotto²⁶. Nonostante, la composizione apparentemente non ottimale del terreno, la terra è considerata un appropriato materiale per la costruzione in questo progetto, grazie alla possibilità di recuperare conoscenze vernacolari e grazie alle sue proprietà termiche. Questi sono solo alcuni dei suoi numerosi vantaggi che lo rendono molto competitivo nei processi di autocostruzione, come nel caso di questo intervento; è presente in tutte le tipologie residenziali, dalla V0 a V4.



²⁴ Informazioni fornite da Zeltia Blanco.

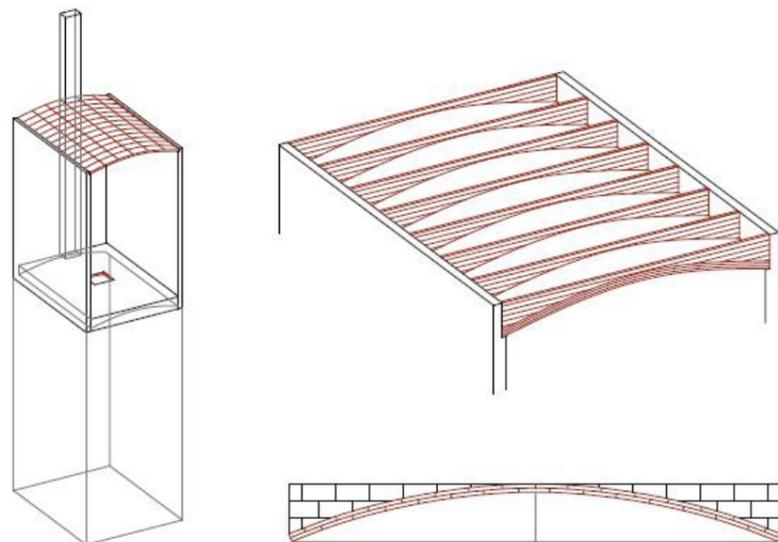
²⁵ La sabbia probabilmente sarà estratta da cave presenti nella contea: *Environmental And Social Baseline Survey*. Marsabit, Settembre 2016, p.77.

²⁶ Informazioni fornite da Zeltia Blanco in una mail del 25/01/2019.

Figura 33. ISSB del progetto, disegno con quote. (Fonte: Elaborazione propria).



- **Volta catalane.** Volta ribassata a tegole sottili utilizzata nella tipologia V4 come solaio a lastra a costo ridotto. Questa tecnologia fa uso di materiali semplici ed ecologici, in quanto è previsto l'uso di piastrelle di terra stabilizzata o di argilla e gesso²⁷, riducendo il prezzo di costruzione rispetto ad un solaio in cemento, in quanto non ha bisogno di acciaio o cemento. Le piastrelle sono incastrate tra loro grazie alla loro forma e forze di pressione, formando archi e volte autoportanti. Le sue caratteristiche strutturali, che consentono ampie campate usando materiali naturali senza rinforzo, insieme al suo basso costo e alla semplicità della loro messa in opera, lo rende un'opzione adatta ed economica per questo tipo di costruzione (Figura 35). Le volte si prestano, grazie alla loro conformazione, ad assolvere le esigenze di ventilazione, difatti sono state realizzate fin dall'antichità nei territori dell'Africa subsahariana.



²⁷ I progettisti non hanno fornito le fonti e le modalità di fabbricazione delle piastrelle.

Figura 34. Pressa per la produzione degli ISSB (Fonte: Zeltia Blanco)

Figura 35. Volta della tipologia V4. Sustainable low cost housing development in Marsabit County. Housing and site planning project, pag. 19.

- **Tetto ventilato.** Nella tipologia V1 e V2 è stato proposto un tetto ventilato a unica falda, orientato secondo la direzione opposta rispetto a quella prevalente del vento, per favorire la ventilazione naturale, tramite effetto Venturi attraverso delle aperture permanenti praticate sulle pareti dell'edificio. L'abitazione è protetta dal surriscaldamento delle ore diurne del tetto da un solaio in compensato (Figura 36), anche se la lamiera in alluminio zincato che costituisce la copertura inclinata non è la soluzione ottimale per l'isolamento termico e acustico²⁸.

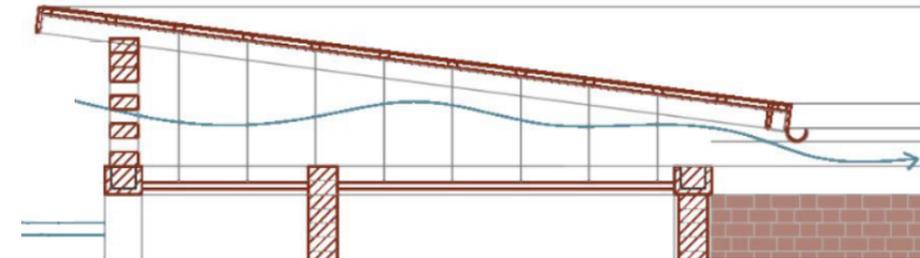


Figura 36. Zoom tetto ventilato tipologia V1-V2. (Fonte: Elaborazione propria).

- **Struttura in calcestruzzo armato.** Le tipologie abitative presentano una struttura portante in calcestruzzo armato, costituita da una fondazione con plinti dalla quale si innalzano pilastri a sezione quadrata da 23x23 cm e travi. Una scelta di questo tipo è legata alla necessità di flessibilità dello spazio, quindi alla possibilità di ampliare l'unità abitativa al crescere del nucleo familiare. L'utilizzo di questo materiale "occidentale" comporta, però, una manodopera specializzata, strumentazione adeguata in cantiere e il conseguente aumento del prezzo rispetto ad una muratura autoportante con gli ISSB. Una struttura costituita da muratura portante risulterebbe ugualmente adatta, con i dovuti accorgimenti, anche sopraelevando le abitazioni perché ogni stanza è concepita come una "struttura a sé".
- **Landie Slubs.** Nella tipologia V3 è stata utilizzata una particolare tecnica per i solai, che ha origine in India, ma è già stata ampiamente utilizzata in Kenya. Con questa metodologia, l'unità V3 potrà crescere verticalmente in futuro, in caso di necessità. I solai vengono costruiti per mezzo di elementi prefabbricati relativamente piccoli di calcestruzzo: ogni lastra, che al massimo misura 1 m², è rinforzata da telaio di legno alla quale è attaccato un pesante pezzo di stoffa di lino, che, in fase di essiccazione, la deforma attraverso il suo peso e la rende una piccola cupola (Figura 37). Le lastre indurite vengono posate manualmente su travi a T rovescio in cemento armato e viene aggiunto un getto di cemento per completare il solaio. La fabbricazione delle unità di cemento e delle travi a T avviene nel sito di progetto: le casseforme da utilizzare sono costruite, per quanto sia possibile, da materiali di recupero reperibili nel raggio di 30 Km²⁹ e il cemento scelto è il Savannah Cement 32.5 R³⁰, comprato da un rivenditore a Marsabit. Questo tipo di tecnologia costruttiva, però necessita di una manodopera specializzata, ovvero di personale che sia in grado di lavorare con il calcestruzzo. Dunque, i solai Landie sono sostenuti solo su due lati paralleli, non c'è nessun ulteriore rinforzo per lo strato superiore, e

²⁸ La lamiera è l'unico materiale che non viene prodotto in sito, ma gli architetti di UN-HABITAT non hanno fornito ancora informazioni che riguardano la loro reperibilità.

²⁹ I progettisti non hanno ancora risolto la questione dei telai per la fabbricazione di questo particolare solaio.

³⁰ Descrizione completa su <http://savannahcement.com/savannah-32-5r/>, azienda del settore con sede a Nairobi.

utilizzano il principio dell'arco per la distribuzione dei carichi. Questo design consuma meno cemento rispetto alla tradizionale costruzione di solai in calcestruzzo e consente di risparmiare molte ore di lavoro. Di conseguenza, il prezzo per la costruzione diminuisce, anche se, probabilmente, non è la tecnologia migliore da applicare in campo di autocostruzione, nonostante i suoi numerosi vantaggi, legati alla flessibilità delle unità abitative.

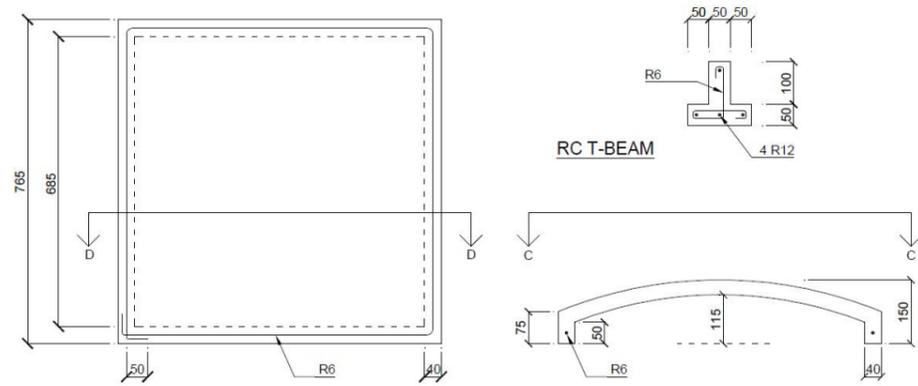


Figura 37. Elementi Landie Slub. D. Kvarnström, *Construction of low cost houses in informal settlements. A case study of the Nairobi region*, tesi magistrale, Chalmers University Of Technology, Göteborg, 2014, pag. 29.

2.10. Stratigrafie

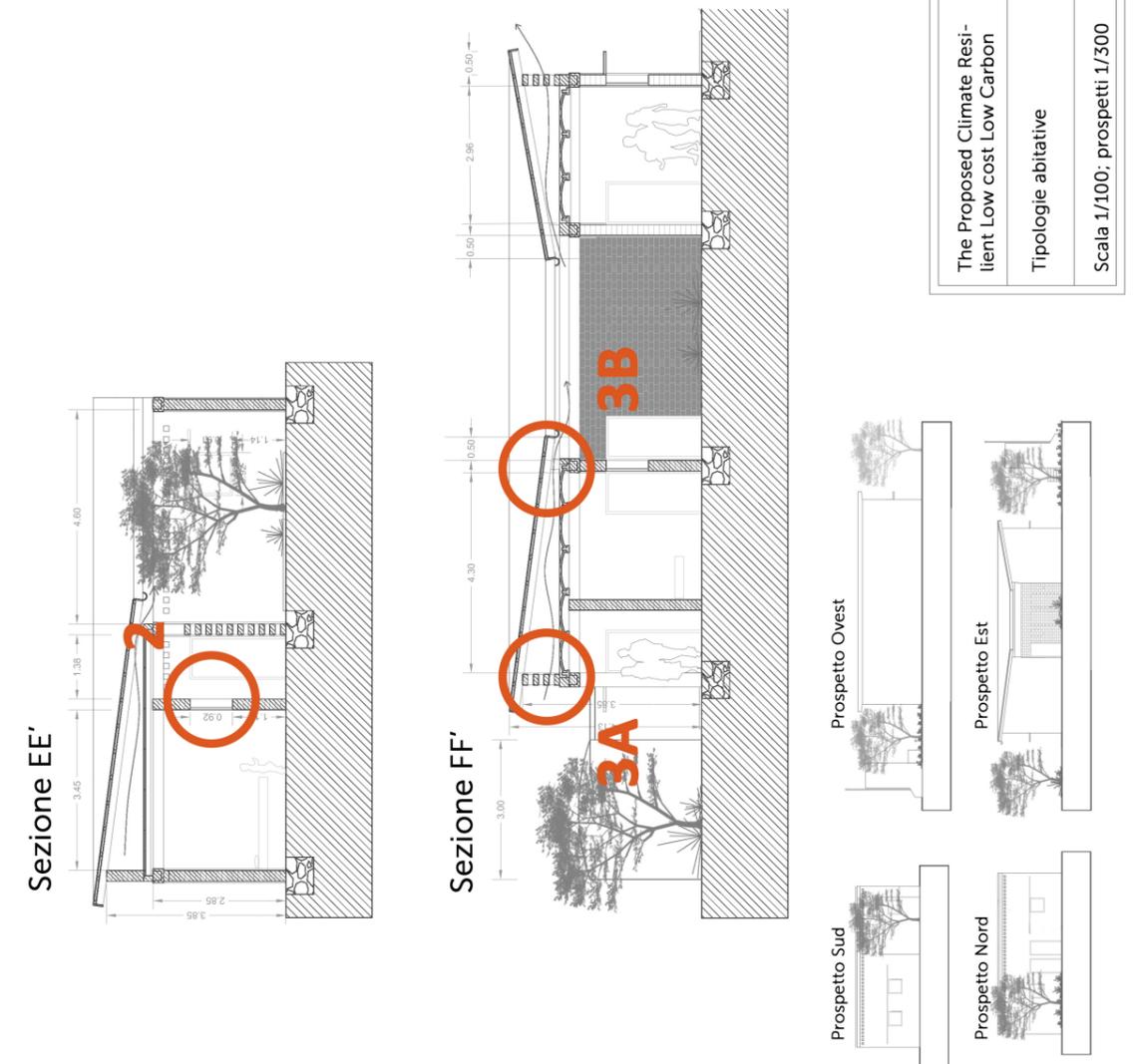
Nel seguente paragrafo vengono illustrati alcuni dei dettagli costruttivi³¹ del progetto "The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit Country" per comprendere in maniera più specifica il funzionamento degli elementi principali dell'edificio:

- L'angolo delle pareti
- Il serramento
- La copertura
- Parete forata

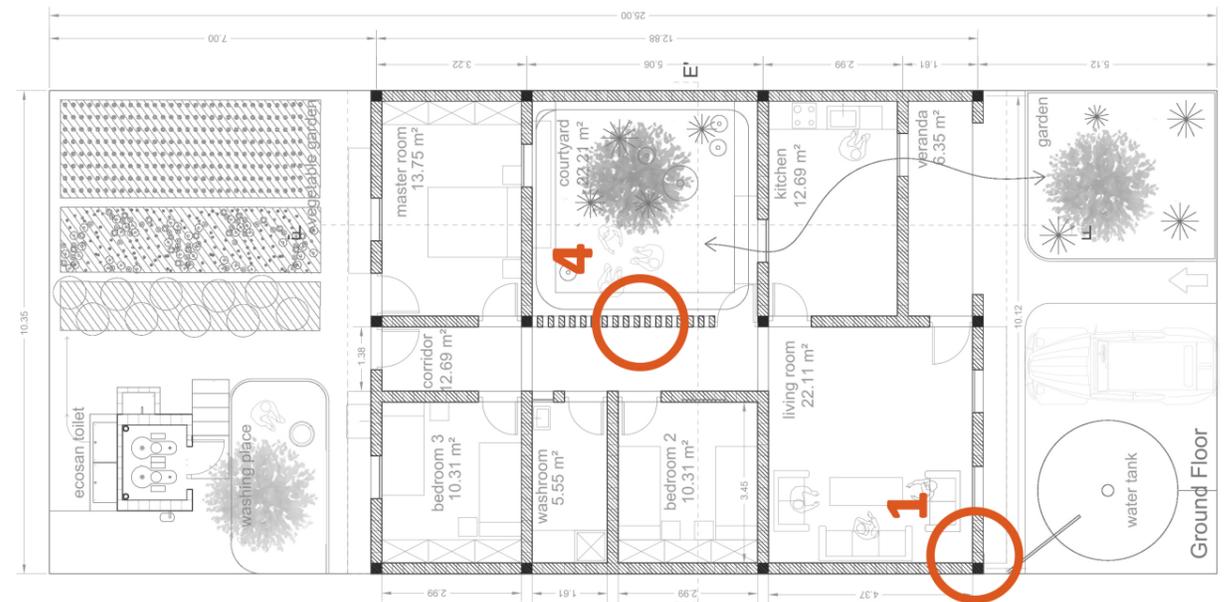
I dettagli in seguito sono relativi alla **tipologia V3** (Figura 38), in quanto è l'evoluzione più completa della precedenti, ma tutte le unità sono state realizzate seguendo le stesse tecniche, fatta eccezione per le coperture. Difatti, quella della tipologia V4 è stata descritta precedentemente, in quanto è stata realizzata mediante una volta catalana.

Figura 38, nella pagina accanto. Indicazione per i dettagli costruttivi. (Fonte: Rielaborazione propria).

³¹ I dettagli sono frutto di una elaborazione personale basata sui disegni e sulla relazione del progetto fornita da UN-HABITAT e sull'analisi di edifici realizzati con le medesime tecniche costruttive.

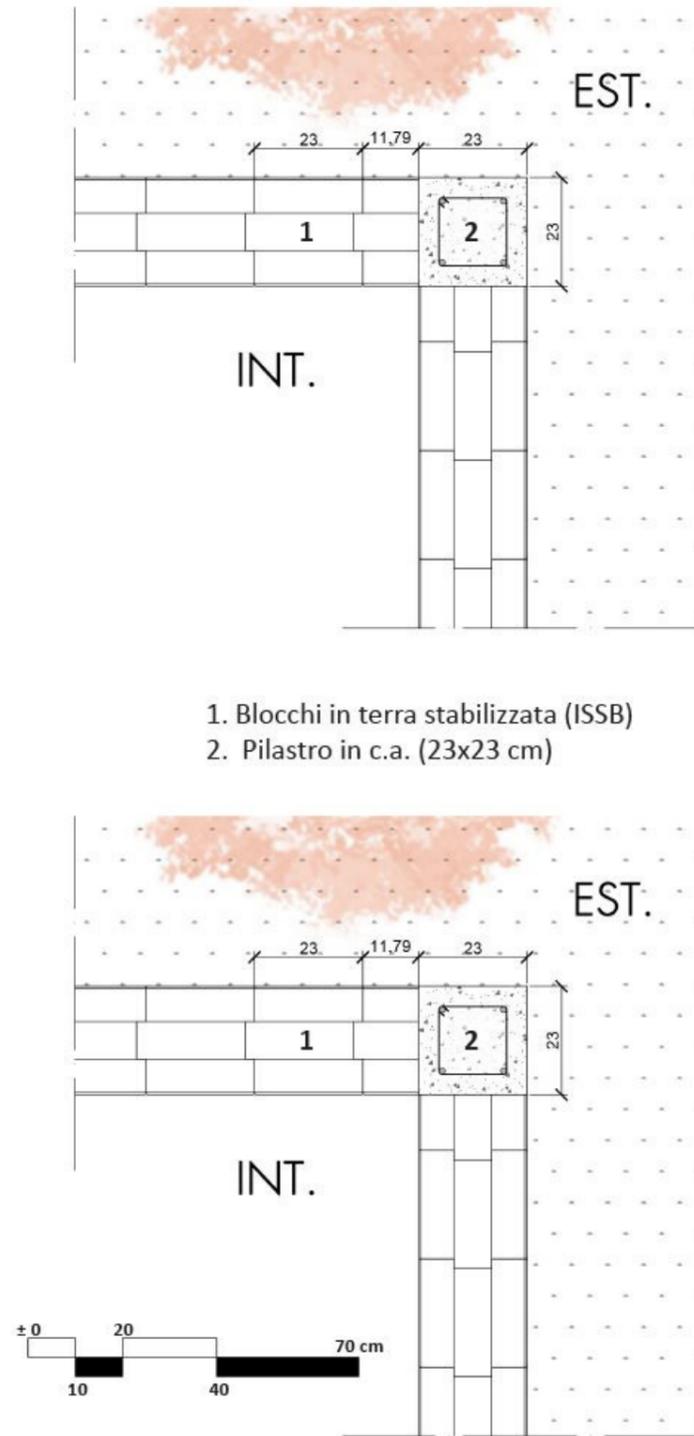


TIPOLOGIA V3



- **Dettaglio 1: angolo pareti esterne** (figura 39)

Il primo disegno illustra il primo corso di mattoni mentre la seconda rappresentazione il secondo corso. Nella posa in opera degli ISSB, essi vengono incastrati in maniera "sfalzata" rispetto al corso inferiore, partendo dagli angoli, ma in questo caso c'è un pilastro in calcestruzzo armato, quindi il primo blocco viene tagliato.



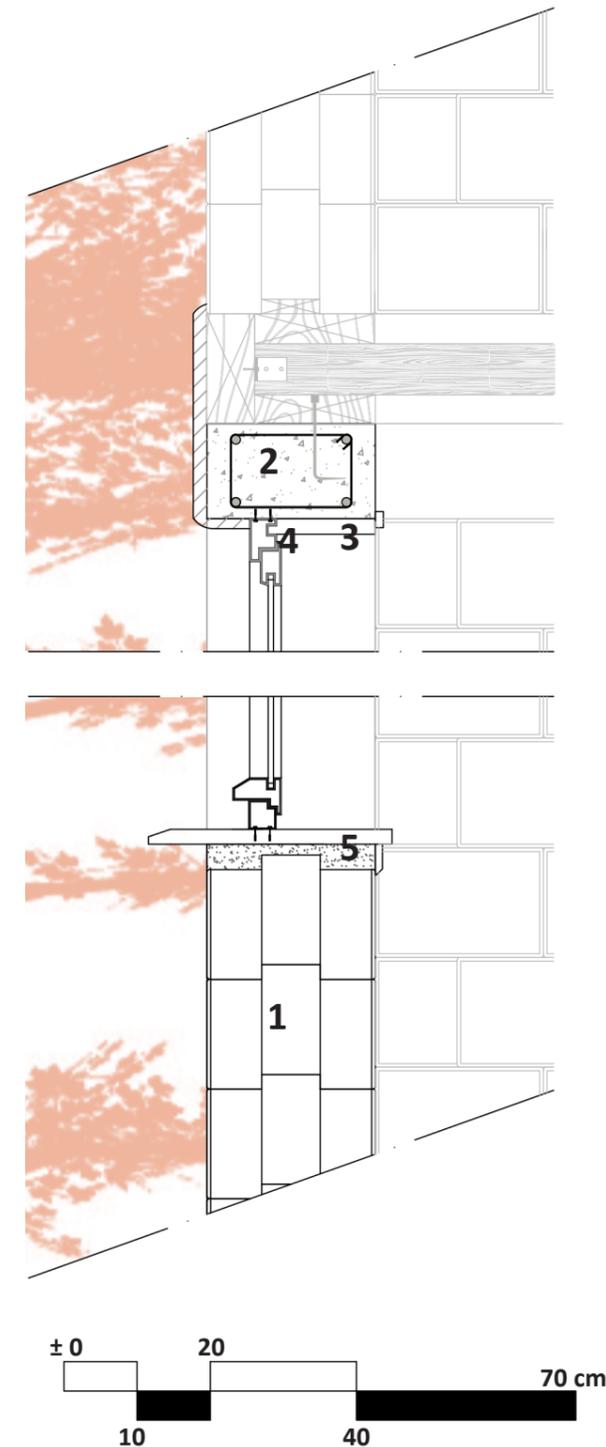
1. Blocchi in terra stabilizzata (ISSB)
2. Pilastro in c.a. (23x23 cm)

1. Blocchi in terra stabilizzata (ISSB)
2. Pilastro in c.a. (23x23 cm)

Figura 39. Dettaglio angolo, prima e secondo corso. (Fonte: Elaborazione propria).

- **Dettaglio 2: serramento** (Figura 40)

Nodo del serramento, che termina con la trave su cui si imposta la copertura e funge da architrave. I serramenti sono realizzati con profili metallici.



Legenda:

1. Blocchi in terra stabilizzata (ISSB)
2. Trave in c.a. (23x13 cm)
3. Controtelaio
4. Davanzale
5. Infisso metallico

Figura 40. Dettaglio serramento metallico. (Fonte: Elaborazione propria).

- Dettaglio 3A: tetto ventilato e solaio (figura 41)

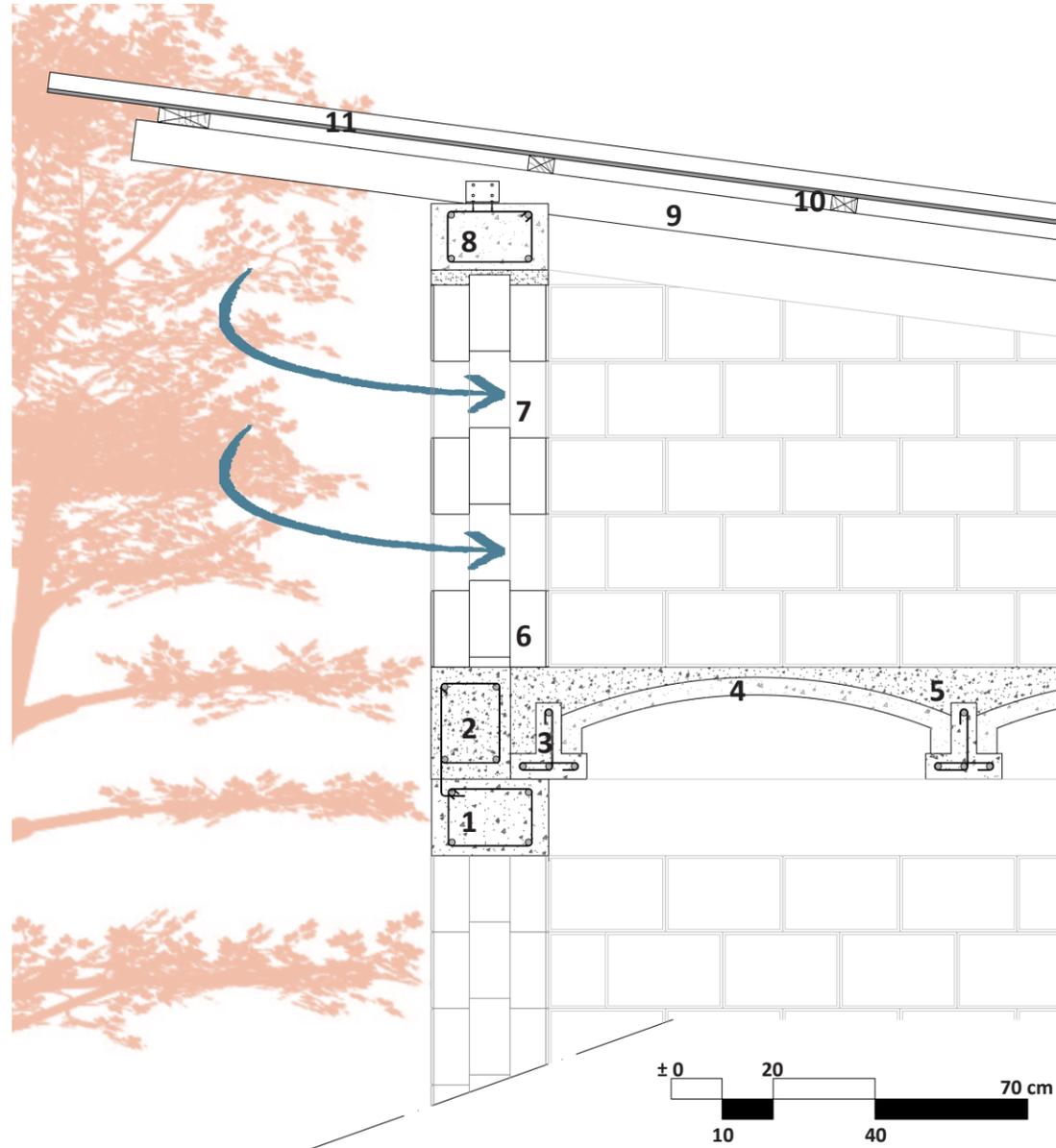


Figura 41. Dettaglio tetto e solaio Landie. (Fonte: Elaborazione propria).

Legenda:

1. Trave in c.a. (15x 23 cm)
2. Raccordo con solaio in c.a.
3. Trave a T in c.a.
4. Unità in calcestruzzo
5. Getto di riempimento in cls
6. Blocchi in terra compressa (ISSB)
7. Ventilazione permanente
8. Trave di coronamento in c.a. (13 x 23 cm)
9. Trave copertura (materiale non verificato)
10. Listello
11. Lamiera grecata in acciaio zincato

- Dettaglio 3B: tetto ventilato e solaio (figura 42)

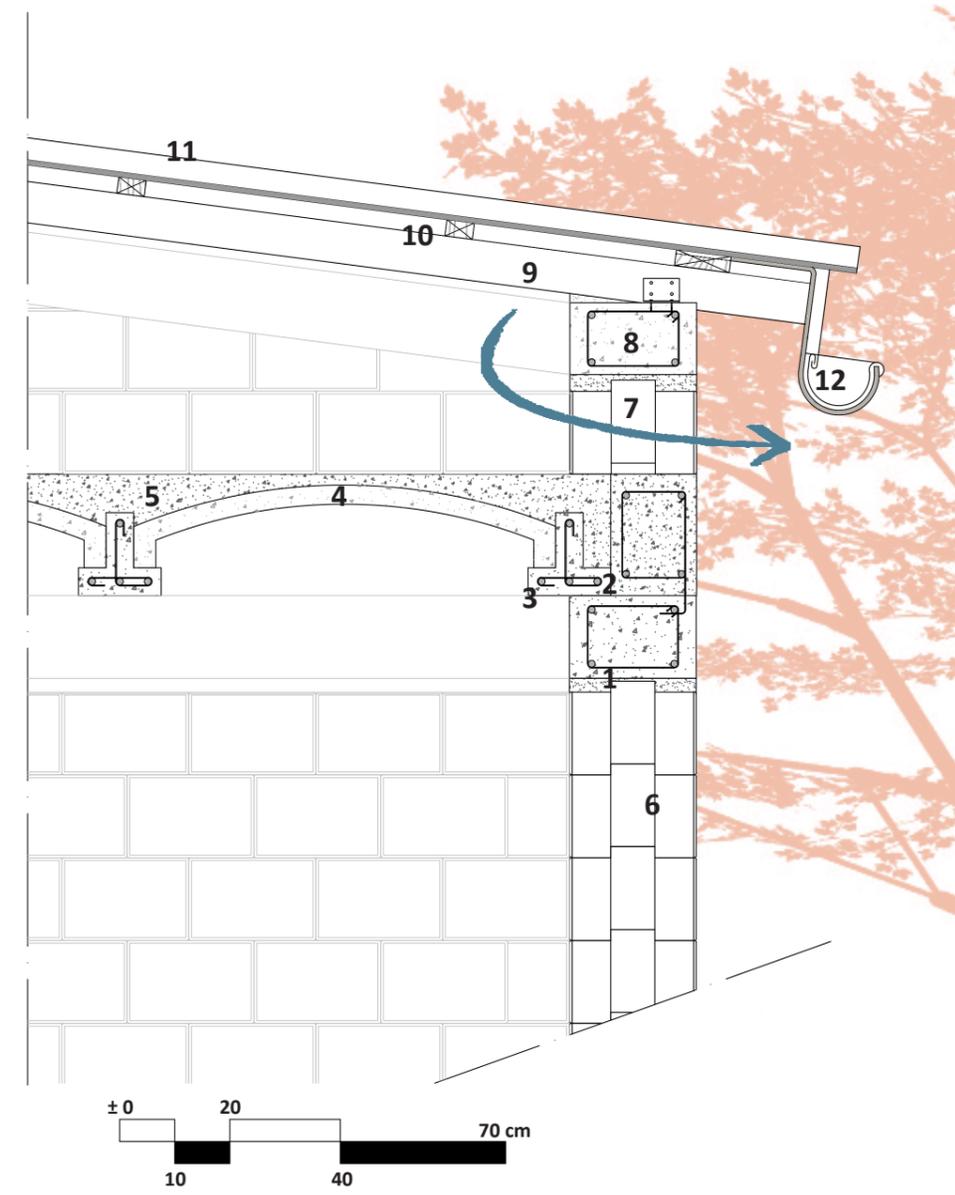


Figura 42. Dettaglio tetto e solaio Landie. (Fonte: Elaborazione propria).

Legenda:

1. Trave in c.a. (15x 23 cm)
2. Raccordo con solaio in c.a.
3. Trave a T in c.a.
4. Unità in calcestruzzo
5. Getto di riempimento in cls
6. Blocchi in terra compressa (ISSB)
7. Ventilazione permanente
8. Trave di coronamento in c.a. (13 x 23 cm)
9. Trave copertura (materiale non verificato)
10. Listello
11. Lamiera grecata in acciaio zincato
12. Gronda per sistema di raccolta dell'acqua piovana

• Dettaglio 4: parete per la ventilazione permanente (figura 43)

In questa porzione di muratura, appartenente alla copertura, sono realizzati dei fori, seguendo il ritmo della posa in opera dei blocchi.

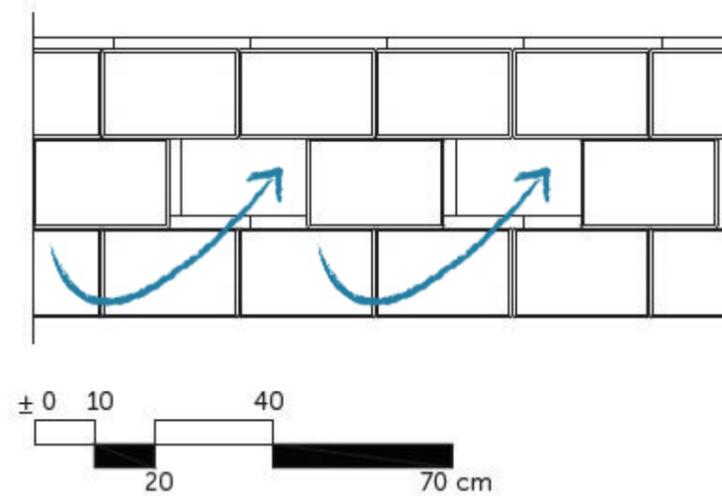


Figura 43. Dettaglio parete per ventilazione. (Fonte: Elaborazione propria).

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA:

Libri e manuali:

- A. Arechi, *La casa Africana*, Clesav Città Studi, Milano, 1991.
- A. Agevi; Jerusha Ngungui, *Manual on Sustainable Building for Hot and Arid areas. Marsabit country*, in "Sustainable building design for tropical climates. Principles and Applications for Eastern Africa". Nairobi, UN-Habitat, 2017.
- K.A. Andersen, *African Traditional Architecture. A study of housing and settlement patterns of rural Kenya*, Nairobi, Oxford University Press, 1977.
- A. Campioli, M. Lavagna, *Tecniche e Architettura*, Città Studi, Torino, 2013.
- A. Giorgi, *Guida pratica alle costruzioni in terra cruda*, Aracne, Roma, 2014.
- G. Ceragioli, N. Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell'architettura*, CLUT, Torino, 1989.
- G. Pavani, *Autocostruzione: un modo "nuovo" di fare architettura per soddisfare i crescenti bisogni dell'umanità*, in *Autocostruzione Oggi*, Ente Fiere di Bologna, Bologna, 1982, p. 129-133.
- P. Oliver, *Shelter in Africa*, Barrie and Jenkins, Londra, 1971.

Tesi:

- A. Castoldi, *Romamwe primary school: progetto per un'aula polifunzionale a Ndaragwa, Kenia*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2014-2015.
- D. Kvarnström, *Construction of low cost houses in informal settlements. A case study of the Nairobi region*, tesi magistrale, Chalmers University Of Technology, Göteborg, 2013-2014.
- F. Borghi, *Kenya – Regione Nyanza: l'evoluzione della casa tradizionale in relazione al mutare dei materiali da costruzione disponibili*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2002-2003.
- G. Cattaneo, *Architettura "low-cost" in Kenya: progetto di una scuola in autocostruzione a Siongiroy (Rift Valley)*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2012-2013.
- G. Solitro, *La terra cruda per l'autocostruzione con tecnologie "appropriate e appropriabili": interventi nei Paesi emergenti : alcuni casi studi*, Tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2012/2013.
- P. Damiani, R. Mascioscia, *Progettazione partecipata del centro culturale ACREF nella baraccopoli di Baba Dogo a Nairobi. Dalla scala urbana alla sperimentazione del prototipo di serramento*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2006/2007.

Documenti:

- V. Kitio, Z. Gonzalez Blanco, M. Jose Rojo Callizo, *Sustainable low cost housing development in Marsabit County. Housing and Site Planning Project. Climate resilient low cost buildings in Marsabit County*. Nordic Climate Facility. UN-HABITAT, 30 Aprile 2018.
- *Interlocking Stabilised Soil Blocks. Appropriate earth technologies in Uganda*, UN-HABITAT, Nairobi, 2009.

- *Sustainable Urban Development in Africa*. UN-HABITAT, Nairobi, 2015.
- *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit Country. Environmental And Social Baseline Survey*. Marsabit, Settembre 2016.

Sitografia:

- http://ke.geoview.info/mont_kulal_kenya,56918296p, consultato il 22/11/2018
- <http://savannahcement.com/>, consultato il 13/10/2018
- <https://unhabitat.org/>, consultato il 15/11/2018
- <https://wmo.int.>, consultato il 21/11/2018

CAPITOLO 3:

LE ESIGENZE DEL PROGETTO

"La casa è così considerata come valore d'uso e, secondo Hassan Fathy, nelle modalità con cui questa si inserisce nell'habitat risiede la tradizione contadina "unica salvaguardia della loro cultura"."

Maurizio Morandi, *Autocostruzione e partecipazione*, in "Autocostruzione Oggi", Ente Fiere di Bologna, Bologna, 1982, p. 53.

3.1. Le esigenze dell'utenza e la teoria della qualità

La determinazione delle **esigenze** della fruizione dell'edificio è un passo fondamentale per la progettazione, necessaria per definire molte caratteristiche del manufatto. Queste si possono suddividere in "assolute" e "relative"¹ indicando come "assolute" quelle il cui eventuale non soddisfacimento compromette la vita dell'uomo, mentre quelle "relative" determinano il grado di *comfort*. Stabilite queste esigenze bisogna tradurle in esigenze di tipo funzionale, quindi relazionarle a funzioni tipiche da **oggetto edilizio**, quali sostenere, dividere, coprire, isolare ecc. Questa operazione può essere interpretata come la prima fase progettuale concreta, in cui si inizia a pensare ai materiali e alle tecnologie di costruzione con la prerogativa di soddisfare quelle specifiche necessità.

In ogni progetto, la verifica delle esigenze è fondamentale perché l'utenza deve essere soddisfatta dell'opera edilizia, difatti si può parlare di una teoria esigenziale-prestazionale, ovvero di un approccio metodologico al processo edilizio che sviluppa le soluzioni di progetto partendo dall'analisi delle classi di esigenza fino alla **definizione dei requisiti** e delle specifiche di prestazione, allo scopo di valutare la qualità dell'intero intervento o di parte di esso, degli elementi tecnici e/o di quelli spaziali che lo compongono. Proprio attraverso questa metodologia progettuale, il caso studio *"The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County"* verrà analizzato e valutato in ogni parte.

Prendendo come riferimento la norma "UNI 8289-1981 Esigenze dell'utenza finale" che definisce delle **classi di esigenze**, in tutto 7, che sono viste come "esplicitazioni dei bisogni dell'utente finale tenuto conto dei vincoli che l'ambiente naturale pone all'ambiente costruito. La loro individuazione passa attraverso l'analisi dei bisogni da soddisfare confrontati con i fattori di tipo ambientale, culturale, economico"². Le classi sono raggruppate nella tabella a seguire, secondo le definizioni della normativa:

Nome	Definizione
Sicurezza	Insieme delle condizioni relative all'incolumità degli utenti, nonché alla difesa 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 e allo svolgimento delle attività degli utenti
Fruibilità	Insieme delle condizioni relative all'attitudine del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute e allo svolgimento delle attività degli utenti
Aspetto	Insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema edilizio da parte degli utenti
Gestione	Insieme delle condizioni relative all'economia in esercizio del sistema edilizio
Integrabilità	Insieme delle condizioni relative all'attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi funzionalmente tra di loro
Salvaguardia dell'ambiente	Insieme delle condizioni relative al mantenimento e miglioramento degli stati dei sovrasistemi di cui il sistema edilizio fa parte

¹ G. Ceragioli, Nuccia Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell'architettura*, CLUT, Torino, 1989, p. 116.

² Definizione propria della norma UNI 8289-1981. Esigenze dell'utenza finale.

Tabella 1: classi di esigenze secondo la norma UNI 8289-1981 Esigenze dell'utenza finale.

Dalla soddisfazione delle esigenze, deriva la qualità edilizia, definita come "l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche dell'oggetto edilizio, o di sue parti, che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare in termini edilizi, attraverso prestazioni, esigenze espresse o implicite"³. In altre parole, la qualità non è altro che il **soddisfacimento di un bisogno**, il raggiungimento della compatibilità tra necessità e soluzione architettonica, dell'integrazione tra idee possibili e cose concretamente realizzabili.

La teoria esigenziale-prestazionale, nominata in precedenza e con la quale si intende valutare qualitativamente l'intervento preso in analisi, determina la qualità attraverso la definizione di cosa si vuole dall'oggetto edilizio e non di come si vuole. Difatti si fonda sul **trinomio di esigenza, requisito e prestazione**, in cui il primo termine corrisponde all'esplicitazione delle richieste; il secondo alla richiesta rivolta ad un determinato elemento edilizio (spazio, ambiente, componente) di possedere caratteristiche di funzionamento tali da soddisfare determinati bisogni, quindi la trasposizione a livello tecnico delle esigenze; il terzo alla descrizione del comportamento di un determinato componente o elemento edilizio all'atto dell'impiego⁴.

3.2. Le esigenze di Marsabit

Lo studio dello stile di vita della popolazione keniota e delle sue comunità autonome, dell'esame dell'architettura tradizionale locale, uniti alle preziose informazioni fornite da UN-HABITAT attraverso le *"Environmental And Social Baseline Survey"*⁵ hanno portato alla considerazione di un primo insieme di esigenze, che riguardano, per la maggiore, aspetti sociali legati alle abitudini delle persone. Per rendere l'analisi del progetto *"The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County"* più rigorosa e approfondita è stata presa in considerazione la norma "UNI 8289-1981 Esigenze dell'utenza finale" per dare una precisa suddivisione ai vari ambiti di pertinenza, in assenza di una normativa keniota.

Le esigenze individuate nascono dall'**unione dei normali bisogni** dei fruitori di un edificio residenziale e da quelle particolari legate al modo di vivere la casa della **popolazione del Kenya**, quindi delle attività che loro svolgono sia all'interno e sia nell'intorno immediato della loro casa, per le quali sono necessari appositi spazi. Difatti, "per un Africano, l'idea di casa per una famiglia è piuttosto quella di una radura o di un cortile"⁶, considerazione che sempre dovrebbe essere tenuta a mente in un progetto situato in questo contesto. Un altro fattore incisivo, è stato il clima di Marsabit, ovvero un clima caldo e secco che comporta caratteristiche e strategie progettuali completamente diverse da quelle di un clima temperato.

Le esigenze relative al progetto sono elencate in seguito e mantengono la **divisione delle sette classi**, proprie della norma UNI, ma viene precisato, in alcuni casi, se sono quelle appartenenti alla normativa o se derivano da un'elaborazione delle ricerche effettuate.

³ Definizione fornita dalla norma UNI 10838:1999 Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia.

⁴ Definizioni in Campioli, M. Lavagna, *Tecniche e Architettura*, Città Studi, Torino, 2013.

⁵ Si tratta di un dossier elaborato dai progettisti di UN-HABITAT che presenta un'approfondita analisi del territorio in tutti i suoi aspetti, dedicando una prima parte allo studio sociale e culturale della comunità attraverso un questionario somministrato ad un campione consistente di famiglie di Marsabit, per capire le esigenze locali e le richieste della popolazione in funzione di un nuovo progetto residenziale.

⁶A. Arecchi, *La casa Africana*, Cleav Città Studi, Milano, 1991, p. 56.

SICUREZZA

- Generiche
 1. **Statica della struttura dell'edificio:** insieme delle condizioni relative alla incolumità degli utenti, nonché alla difesa e prevenzione di danni in indipendenza dai fattori accidentali nell'esercizio del sistema edilizio;
 2. **Qualità dei materiali da costruzione:** utilizzo di materiali conformi alle normative di qualità, evitando ciò che è troppo economico e scadente, inoltre gli elementi e componenti esposti all'aria interna e al sistema di ventilazione, devono consentire l'eliminazione di ogni emissione tossico-nociva per l'utente⁷;
- Specifiche
 3. **Protezione dall'intensa radiazione:** insieme delle condizioni che permettono la salvaguardia degli utenti dalla radiazione solare diurna all'interno dell'edificio, evitando il surriscaldamento di quest'ultimo;
 4. **Protezione dalle piogge intense** (periodi delle piogge): insieme delle condizioni che permettono la salvaguardia dell'utenza e dell'edificio dalle piogge intense;
 5. **Protezione della tempeste di polveri:** Insieme delle condizioni che permettono la salvaguardia sia degli utenti che dell'edificio dalle improvvise tempeste di polveri;
 6. **Protezione dalle intrusioni esterne** (animali selvaggi, tribù nemiche): salvaguardia degli utenti e dell'ambienti interni da eventuali intrusioni esterne.

BENESSERE

- Generiche
 7. **Garantire il benessere fisico e psicologico, legato alle attività della vita quotidiana da svolgere all'interno:** insieme delle condizioni relative a stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute ed allo svolgimento delle attività degli utenti
 8. **Garantire le condizioni di comfort termoigrometrico nell'ambiente interno:** impiegare materiali e tecnologie ad elevata capacità termica, e adozione di strategie progettuali adeguate alla climatologia locale
 9. **Garantire le condizioni di comfort visivo nell'ambiente interno:** il livello di illuminazione naturale deve essere garantito in modo adeguato
 10. **Garantire le condizioni di comfort acustico nell'ambiente interno:** scelte progettuali devono essere adeguate a proteggere da fonti di rumore esterni gli spazi interni
- Specifiche
 11. **Garantire la presenza di aree comuni in cui svolgere attività collettive** (discussioni, cucinare, lavare i panni, lavorare le pelli): scelte progettuali relative allo spazio esterno adeguato alla stile di vita e allo svolgimento delle attività degli utenti;
 12. **Accesso all'acqua potabile:** possibilità di utilizzare acqua potabile all'interno dell'edificio;

⁷ UNI 11277:2008. Sostenibilità in Edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione.

13. **Accesso ai servizi igienici:** possibilità di accedere all'utilizzo di latrine nell'immediato intorno.

FRUIBILITÀ

- Generiche
- 14. **Accessibilità:** scelte progettuali che permettono l'accesso alle abitazioni anche da parte di utenti con disabilità;
- 15. **Durevolezza e affidabilità della costruzione:** insieme delle condizioni che permettono la conservazione della qualità degli elementi costruttivi;
- Specifiche
- 16. **Flessibilità degli spazi e possibilità di ampliamento:** scelte progettuali che consentono di ampliare gli spazi e di variare le destinazioni d'uso.

ASPETTO

- Generiche
- 17. **Regolarità delle superfici:** assenza di irregolarità apparenti;
- 18. **Finiture oggetti:** alla percezione tattile, legato al processo costruttivo degli elementi;
- 19. **Integrazione al contesto:** l'impatto dell'opera rispetto ai caratteri paesaggistici del contesto deve essere adeguato.

GESTIONE

- Generiche
- 20. **Convenienza economica in tutte le fasi di vita delle abitazioni:** possibilità di minimizzare i costi a partire dalla fase di progettazione a quella di dismissione dell'edificio;
- 21. **Possibilità di operare una manutenzione semplice ed economica:** possibilità di operare manutenzioni in maniera agevole, senza un gran dispendio economico.
- Specifiche
- 22. **Garantire soluzioni tecnologiche compatibili con l'autocostruzione:** adozione di tecniche costruttive semplici ed economiche, in modo da coinvolgere nei lavori di costruzione la popolazione locale;
- 23. **Messa in opera di materiali di provenienza locale:** scegliere materiali facilmente reperibili sul territorio e di evocazione vernacolare, in modo da ridurre il più possibile i costi di trasporto.

INTEGRABILITÀ

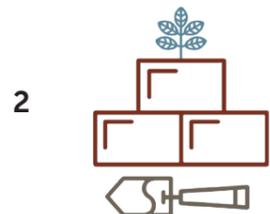
- Generiche
- 24. **Attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi tra loro:** progettazione integrata delle varie parti che collaborano tra loro.

SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE

- Generiche
- 25. **Minimo impatto sull'ecosistema:** i materiali, gli elementi e i componenti devono avere un ridotto carico energetico, durante tutto il ciclo di vita, e ridotte emissioni inquinanti.
- 26. **Recuperabilità:** i materiali, gli elementi e i componenti devono avere un elevato grado di riciclabilità per poterli adoperare dopo la demolizione
- Specifiche
- 27. **Equilibrio ecologico, integrazione della natura nella costruzione e nella vita quotidiana:** integrazione delle vegetazione nel progetto

In seguito, è stato inserito un "riassunto grafico" delle esigenze del progetto, che sono state accompagnate da un'icona rappresentativa.

SICUREZZA



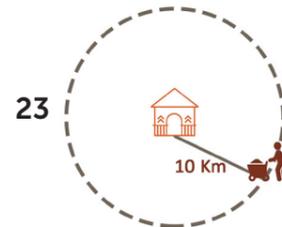
BENESSERE



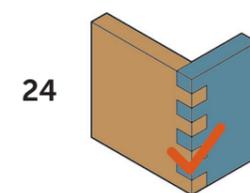
FRUIBILITÀ



GESTIONE



INTEGRABILITÀ



SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE



LEGENDA

SICUREZZA

1. Statica della struttura dell'edificio
2. Qualità materiali da costruzione
3. Protezione dall'intensa radiazione
4. Protezione dalle piogge intense (periodi delle piogge)
5. Protezione della tempeste di polveri
6. Protezione dalle intrusioni esterne (animali selvaggi, tribù nemiche)

BENESSERE

7. Garantire il benessere fisico e psicologico, legato alle attività della vita quotidiana da svolgere all'interno
8. Garantire le condizioni di comfort termoigrometrico nell'ambiente interno
9. Garantire le condizioni di comfort visivo nell'ambiente interno
10. Garantire le condizioni di comfort acustico nell'ambiente interno
11. Garantire la presenza di aree comuni in cui svolgere attività collettive (discussioni, cucinare, lavare i panni, lavorare le pelli)
12. Accesso all'acqua potabile
13. Accesso ai servizi igienici

FRUIBILITÀ

14. Accessibilità
15. Durevolezza e affidabilità della costruzione
16. Flessibilità degli spazi e possibilità di ampliamento

ASPETTO

17. Regolarità delle superfici
18. Finiture oggetti
19. Integrazione al contesto

GESTIONE

20. Convenienza economica in tutte le fasi di vita delle abitazioni
21. Possibilità di operare una manutenzione semplice ed economica
22. Garantire soluzioni tecnologiche compatibili con l'autocostruzione
23. Messa in opera di materiali di provenienza locale

INTEGRABILITÀ

24. Attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi tra loro

SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE

25. Minimo impatto sull'ecosistema
26. Equilibrio ecologico, integrazione della natura nella costruzione e nella vita quotidiana
27. Recuperabilità

3.3. I requisiti e le strategie per un clima caldo-arido

L'individuazione delle esigenze è il primo passo verso una buona progettazione secondo l'approccio esigenziale-prestazionale che si sta utilizzando per la valutazione del progetto abitativo. Le esigenze dell'utenza vanno rese concrete traducendole in **requisiti edilizi**, ovvero in fattori atti a individuare le condizioni da parte di un organismo edilizio o di sue parti spaziali o tecniche, in determinate condizioni d'uso e/o sollecitazione⁸. Per la determinazione dei requisiti progettuali è stato effettuato uno studio aggiuntivo e più approfondito sul clima di Marsabit attraverso il supporto di un manuale fornito da UN-HABITAT, "*Sustainable Building for hot and arid areas. Marsabit Country*", in cui sono messe a punto una serie di strategie da adottare affinché il progetto risulti adeguato a quella **specifica situazione**. Le esigenze elencate precedentemente saranno riprese e tradotte in requisiti e strategie, i quali a loro volta si riferiscono ad un elemento costruttivo. In seguito sono stati riportati i requisiti principali che dovrebbe possedere un buon progetto in questa specifica area.

1. Statica della struttura dell'edificio:
 - Resistenza meccanica e stabilità;
 - Affidabilità per tutta la vita utile dell'edificio;
 - Robustezza;
2. Qualità dei materiali da costruzione:
 - Idoneità dei materiali scelti
 - Assenza di emissioni tossiche
3. Protezione dall'intensa radiazione:
 - Compattezza dell'agglomerato
 - Presenza di vegetazione
 - Adeguatazza delle aperture
 - Controllo del fattore solare con schermature
 - Riflessività della superficie di copertura
 - Controllo del fattore solare con sbalzi della copertura
4. Protezione dalle piogge intense:
 - Permeabilità del lotto di progetto
 - Impermeabilità delle pareti esterne
 - Resistenza ai fenomeni di umidità di risalita
 - Controllo della portata dei fluidi del sistema di canalizzazione delle acque piovane
5. Protezione dalle tempeste di polveri:
 - Presenza di vegetazione
6. Protezione dalle intrusioni esterne:
 - Visibilità notturna
 - Adeguatazza degli infissi

⁸ Definizione fornita dalla norma UNI 10838:1999 Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia.

7. Garantire il benessere fisico e psicologico, legato alle attività della vita quotidiana da svolgere all'interno:
 - Adeguatazza degli spazi in funzione delle attività
8. Comfort termoigrometrico nell'ambiente interno:
 - Rispetto dell'orientamento lungo l'asse Est-Ovest
 - Presenza di cortili
 - Adeguatazza della distribuzione interna
 - Idoneità delle aperture
 - Adeguatazza delle stratigrafie delle pareti
 - Adeguatazza della stratigrafia della copertura
9. Comfort visivo nell'ambiente interno:
 - Adeguata diffusione del flusso luminoso
 - Adeguatazza della quantità di aperture
 - Idoneità degli spazi in termini di profondità
 - Controllo del flusso luminoso
10. Comfort acustico nell'ambiente interno:
 - Adeguatazza dello spessore delle pareti (interne e esterne)
 - Isolamento della copertura
11. Presenza di aree comuni in cui svolgere attività collettive:
 - Presenza cortili e spazi esterni
12. Accesso all'acqua potabile:
 - Presenza *Tank* per ogni unità abitativa
13. Accesso ai servizi igienici:
 - Presenza latrina per ogni unità abitativa
14. Accessibilità:
 - Comodità per il passaggio dell'utenza con disabilità
15. Durevolezza e affidabilità della costruzione:
 - Resistenza degli elementi costruttivi dall'acqua e umidità
 - Resistenza degli elementi costruttivi dall'erosione
16. Flessibilità degli spazi e possibilità di ampliamento:
 - Adeguatazza della disposizione delle unità abitative
 - Attrezzabilità strutturale che permette variazioni spaziali
17. Regolarità delle superfici:
 - Correttezza nella posa in opera
18. Finiture oggetti:
 - Controllo della qualità nella produzione degli elementi

19. Integrazione al contesto:
- Adeguatezza nella composizione e forma dell'edificio
 - Adeguatezza della gamma cromatica selezionata
20. Convenienza economica in tutte le fasi di vita delle abitazioni:
- Controllo delle scelte progettuali in funzione del budget iniziale
21. Possibilità di operare una manutenzione semplice ed economica:
- Riparabilità
 - Facilità di intervento
22. Garantire soluzioni tecnologiche compatibili con l'autocostruzione:
- Semplicità del processo di trasformazione
 - Maneggevolezza delle attrezzature da cantiere
23. Messa in opera di materiali con provenienza locale:
- Reperibilità in loco delle risorse per la costruzione
24. Attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi tra loro:
- Compatibilità tra le soluzioni tecnologiche
25. Minimo impatto sull'ecosistema:
- Reperibilità dei materiali nell'immediato
 - Controllo della combustione durante la trasformazione delle risorse
 - Presenza di fonti di energia rinnovabile
26. Equilibrio ecologico, integrazione della natura nella costruzione e nella vita quotidiana:
- Protezione delle specie vegetali di particolare valore e inserimento di nuove specie
 - Tutela e valorizzazione della diversità biologica del contesto naturalistico
27. Recuperabilità:
- Riciclabilità di materiali, elementi e componenti tecnologici

3.4. Modalità di analisi

Il seguente paragrafo spiega le modalità con cui effettuare l'analisi sul progetto "The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County" che mette in relazione le sue caratteristiche, valutandole, con quelle che dovrebbe avere una buona progettazione in questo particolare clima. Verranno ripresi tutti i requisiti e le strategie elencate in precedenza e che bisognerebbe adottare, secondo il manuale "Sustainable Building for hot and arid areas. Marsabit Country". Parte di queste sono state riscontrate nel progetto e sono state valutate attraverso una **scala numerica da 0 a 3** (figura 1), mentre quelle assenti saranno un punto di partenza per le proposte di miglioramento da trattare nella prossima parte della tesi.



Figura 1: scala di valori. (Fonte: elaborazione propria)

- Il valore 0 è assegnato nel caso in cui non è possibile valutare quella determinata caratteristica per mancanza di informazioni;
- Il valore 1 è assegnato quando la caratteristica in questione non è stata soddisfatta dal progetto di UN-HABITAT;
- Il valore 2 è assegnato nel caso in cui la caratteristica in questione è parzialmente soddisfatta;
- Il valore 3 è assegnato nel caso in cui la caratteristica in questione è totalmente soddisfatta.

Le strategie analizzate manterranno la divisione dettata dalle classi di esigenze, alle quali sono strettamente correlate, ma a loro volta, ogni requisito, può essere connesso ad un elemento costruttivo o progettuale, divisi nelle seguenti **categorie** (figura 2):

1. Pianificazione dell'area
2. Morfologia dell'edificio e distribuzione degli spazi
3. Aperture e ventilazione
4. Progettazione della copertura
5. Progettazione delle pareti
6. Sistemi (portante, di illuminazione, igienico, ecc.)

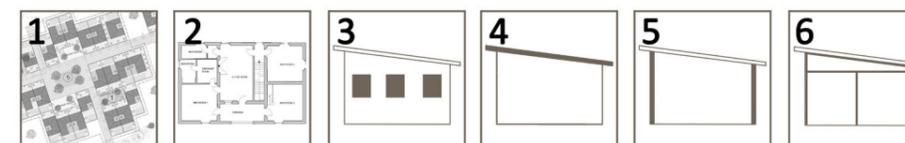


Figura 2: rappresentazione delle categorie. (Fonte: elaborazione propria)

3.5.1. Strategie e requisiti per la sicurezza

1. Statica della struttura dell'edificio:



- Resistenza meccanica e stabilità

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Il progetto presenta una fondazione con plinti di calcestruzzo armato che si eleva attraverso una struttura in travi e pilastri, anch'essi in calcestruzzo. Dunque, trattandosi di un edificio non ancora realizzato, si suppone, dati i carichi non elevati di un'abitazione ad un solo piano fuori terra, che la struttura è idonea a contrastare la produzione di rotture e deformazioni gravi se sottoposta alle azioni di determinate sollecitazioni.

- Robustezza

Valutazione **0** **1** **2** **3**

La robustezza di una struttura indica la capacità di evitare danni sproporzionati (es. crollo) nel caso in cui la struttura subisca danni locali anche gravi dovuti ad esempio a incendi, esplosioni, urti o conseguenze di errori umani⁷. Ciò che ha reso la valutazione positiva è legata ai carichi limitati delle tipologie abitative in quanto, fatta eccezione per la tipologia V4, sono costituite da un solo piano fuori terra. Dunque, in caso di danni è difficile che avvengano dei crolli, in quanto sia le travi che i pilastri presentano una sezione elevata, che potrebbe sostenere carichi molto più elevati.

- Affidabilità per tutta la vita utile dell'edificio

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Una struttura in calcestruzzo armato, se adeguatamente protetta dall'ambiente esterno mantiene invariate le sue proprietà, quindi la sua qualità, nel tempo. I progettisti di UN-HABITAT non hanno fornito informazioni sufficienti che potessero permettere una valutazione di questo aspetto, in quanto non è chiaro se le pareti esterne sono protette da uno strato di intonaco, che ricoprirebbe anche i pilastri e le travi della struttura.

2. Qualità dei materiali da costruzione:



- Idoneità dei materiali scelti

Valutazione **0** **1** **2** **3**

I materiali selezionati per la realizzazione delle unità abitative sono essenzialmente 3: la terra cruda per le pareti, il calcestruzzo per la struttura e la lamiera per la copertura. Essi presentano delle ottime prestazioni se relazionati con i bisogni del progetto. Inoltre, soprattutto per la terra, sono state effettuate diverse analisi per assicurarsi l'utilizzo di una risorsa adeguata e di buona qualità.

- Assenza di emissioni tossiche

Valutazione **0** **1** **2** **3**

I materiali scelti non si presentano dannosi per la salute dell'uomo, in quanto non emettono sostanze nocive o irritanti. Anzi, le proprietà delle terra cruda portano beneficio all'ambiente interno, grazie alle sue caratteristiche fisiche, e agli utenti che lo abitano.

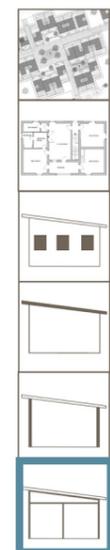
3. Protezione dall'intensa radiazione:



- Compattezza dell'agglomerato

Valutazione **0** **1** **2** **3**

La pianificazione dell'area di progetto è stata concepita ponendo molta attenzione a come rendere gli agglomerati di unità abitative il più compatti possibile, grazie alla vicinanza degli edifici e alla conformazione di strade strette. Questa scelta ha degli effetti positivi in quanto crea molto più ombreggiamento e la possibilità di inserire di cortili interni; queste due strategie sono essenziali per proteggere gli utenti e gli ambienti dalla forte radiazione solare diurna ed evitare il surriscaldamento degli edifici. La figura a seguire (figura 3) mette in risalto questo requisito del progetto.



⁷ definizione dell'Enciclopedia Treccani (Fonte: http://www.treccani.it/enciclopedia/robustezza-statistica_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/).

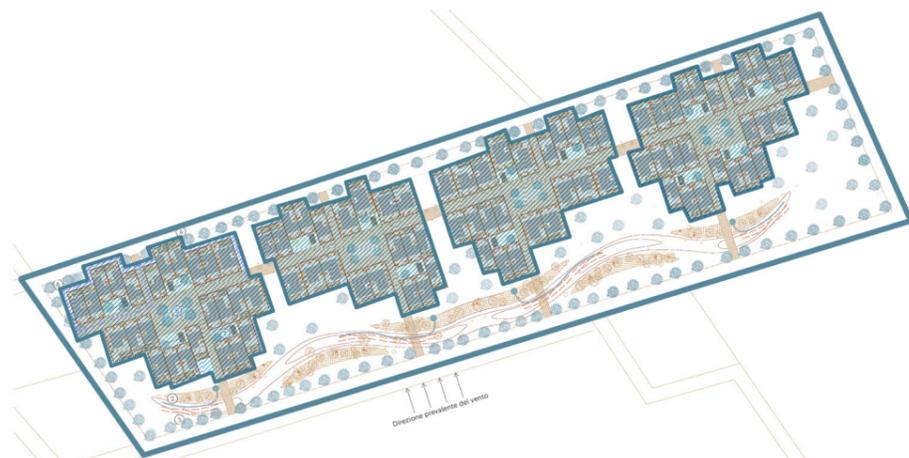


Figura 3. Compattezza dell'agglomerato. (Fonte: elaborazione propria)

- Presenza di vegetazione

Valutazione **0** **1** **2** **3**

L'elemento naturale è fondamentale per il rispetto di una serie di requisiti, ma in questo caso ci si riferisce alla vegetazione come barriera protettiva dal sole, che crea ombreggiamento sugli edifici e che concorre ad evitare il surriscaldamento di questi ultimi. Nella figura a seguire (figura 4) è mostrata ricca presenza di vegetazione nel progetto.



Figura 4. Presenza di vegetazione. (Fonte: elaborazione propria)

- Adeguatezza delle aperture

Valutazione **0** **1** **2** **3**

La quantità di aperture in un clima caldo arido deve essere limitata e contenuta entro una certa percentuale, tra il 10% e il 20%, delle pareti Sud e Nord, riducendo quasi a zero quella degli altri due affacci. La figura in seguito (figura 5) mostra, attraverso i prospetti dell'unità V4 presa come esempio, la distribuzione delle aperture lungo le due facciate e la loro percentuale in funzione delle facciate.

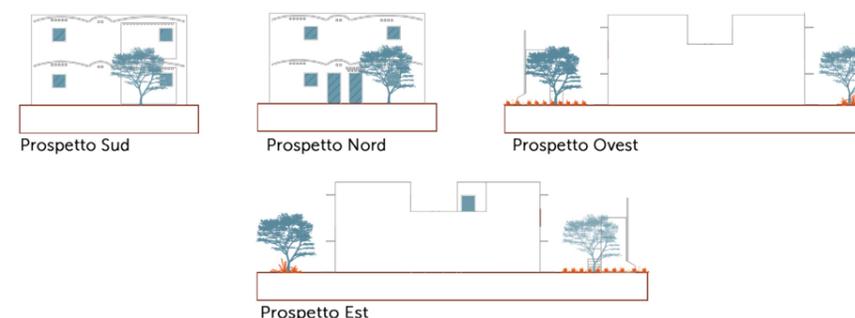


Figura 5. Adeguatezza delle aperture. (Fonte: elaborazione propria)

- Controllo del fattore solare con schermature

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Le schermature orizzontali sono di supporto per evitare il riscaldamento interno e per favorire l'ombreggiamento. Nel progetto sono presenti ma non in tutte le tipologie abitative, dunque sarebbe opportuno inserirle anche nelle altre categorie, soprattutto nelle pareti a Est e Ovest, esposte maggiormente al sole. Inoltre, sarebbe opportuno anche chiarire il materiale di realizzazione di questi schermi, non ancora messo a punto dai progettisti di UN-HABITAT. La figura a seguire (figura 6) evidenzia le schermature presenti nell'unità V4.

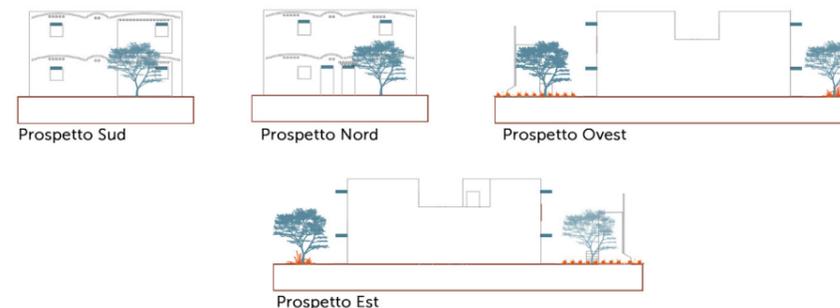


Figura 6. Schermature della tipologia V4. (Fonte: elaborazione propria)

- Riflessività della superficie di copertura

Valutazione 0 1 2 3

L'angolazione del tetto deve essere calcolata in base l'incidenza solare del sito di costruzione, in modo che possa essere il più possibile perpendicolare ad essa e riflettere la maggior quantità di radiazioni. Questo requisito è stato soddisfatto nel progetto.

- Controllo del fattore solate con sbalzi della copertura

Valutazione 0 1 2 3

Gli sbalzi del tetto sono una delle soluzioni per creare ombreggiamento lungo le pareti perimetrali. Per le tipologie abitative non sono previste degli sbalzi accentuati, strategia che permetterebbe di migliorare il benessere termico interno.

4. Protezione dalle piogge intense:



- Permeabilità del lotto di progetto

Valutazione 0 1 2 3

Secondo il manuale "Sustainable Building for hot and arid areas. Marsabit Country" è importante che la superficie permeabile del lotto di progetto non sia inferiore al 40%, quindi quella porzione priva di pavimentazione o di altri manufatti permanenti, entro o fuori terra, che permetta alle acque meteoriche di raggiungere il sottosuolo e non rimanere stagnanti in superficie.

- Impermeabilità delle pareti esterne

Valutazione 0 1 2 3

L'insistere delle acque meteoriche contro le superfici esterne delle pareti composte da blocchi di terra cruda potrebbe, con il passare del tempo, comportare l'erosione dei blocchi, trasportando via porzioni di questi, indebolendo quindi le pareti con la conseguente formazione di altre situazioni di degrado. I progettisti, non hanno ancora deciso se ricoprire le pareti con uno strato di intonaco protettivo o aumentare la percentuale di cemento per la stabilizzazione dei blocchi, quindi questo aspetto non può essere valutato, non essendo in possesso delle informazioni necessarie.

- Resistenza ai fenomeni di umidità di risalita

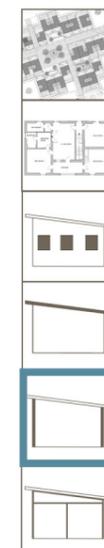
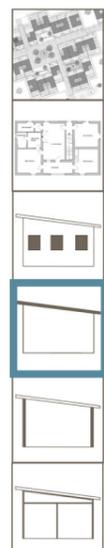
Valutazione 0 1 2 3

La formazione di eventuali pozzanghere e del conseguente stagnamento dell'acqua nella parte inferiore dei muri esterni, potrebbe comportare ad una saturazione dei primi corsi di blocchi con annessi fenomeni di risalita capillare, che comportano una perdita di coesione della terra. Nel progetto non è stato previsto l'inserimento di un basamento o di uno zoccolo protettivo.

- Controllo della portata dei fluidi del sistema di canalizzazione delle acque piovane

Valutazione 0 1 2 3

Il sistema delle raccolte delle acque non è stato ancora dimensionato dai progettisti. Chiaramente bisognerà basarlo e renderlo adeguato alla raccolta delle acque nel mese più piovoso. Inoltre, la raccolta delle acque bianche è fondamentale per in clima arido in quanto le piogge, soprattutto in quei periodi dell'anno in cui sono molto scarse.



5. Protezione dalle tempeste di polvere:



- Presenza di vegetazione

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

L'elemento naturale è fondamentale per il rispetto di una serie di requisiti, ma in questo caso ci si riferisce alla vegetazione come barriera protettiva dalle tempeste di polveri, che in qualche modo attenua il vento e le polveri che investono gli edifici.

6. Protezione dalle intrusioni esterne:



- Visibilità notturna

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

L'illuminazione artificiale durante la notte è fattore fondamentale per incrementare il livello di sicurezza di qualsiasi insediamento, soprattutto in una realtà come quella di Marsabit in cui esitano ancora dispute tra tribù. Nel progetto però non è stata prevista la presenza di un sistema di illuminazione notturna.

- Adeguatezza degli infissi

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

Provvedere all'installazione di serramenti fissi per le aperture, sembra scontato nei normali contesti residenziali, ma non lo è quando si tratta della situazione di un paese del *Global South*. Spesso, in mancanza di fondi si utilizzano delle lastre di ferro e di legno per chiudersi, chiaramente questo non è sufficiente per garantire la sicurezza degli utenti. In questo progetto invece sono stati previsti dei veri e propri infissi, che portano benefici anche in altri ambiti oltre a quello della sicurezza.

3.5.2. Strategie e requisiti per il benessere

7. Garantire il benessere fisico e psicologico (legato alle attività della vita quotidiana da svolgere all'interno)



- Adeguatezza degli spazi in funzione delle attività

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

Gli spazi delle unità abitative sono stati dimensionati tenendo in considerazione le famiglie e il loro numero di componenti, difatti, proprio da questo tipo di ragionamento, nasce la differenziazione delle tipologie. Gli spazi interni sono abbastanza grandi e ogni abitazione prevede una cucina, un salotto, un numero variabile di stanze e un piccolo giardino privato.

8. Comfort termoigrometrico all'interno:



- Rispetto dell'orientamento lungo l'asse Est-Ovest

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

L'analisi del sito e dell'intorno esistente è essenziale per le prime fasi di progettazione ed è fondamentale per i risultati delle prestazioni climatiche dell'edificio. Questo progetto si va ad inserire in un'area lontana da qualsiasi urbanizzazione, quindi il suo contesto è di tipo naturalistico, non ci sono altre costruzioni presenti. A maggior ragione in questi casi, in cui non è presente alcuna protezione dal sole e per esigenza propria di questo tipo di clima, al contrario di quelli temperati, gli insediamenti vengono orientati secondo l'asse Est-Ovest, in modo da massimizzare le facciate a Sud e a Nord e minimizzare le altre due per evitarne il surriscaldamento nelle ore diurne, in quanto il sole persiste per un tempo più prolungato ad Est e Ovest. Esplicativa la figura 6 a seguire.

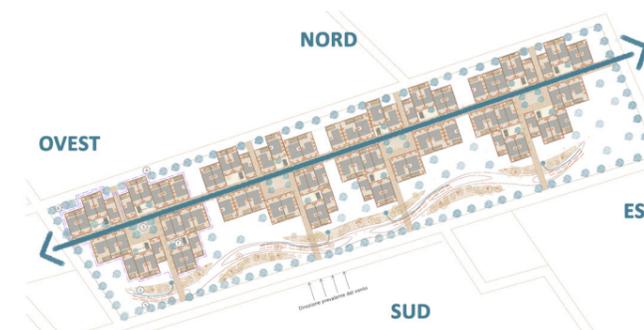


Figura 6. Asse Est-Ovest. (Fonte: elaborazione propria)

- Presenza di cortili

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Nel progetto le abitazioni vengono organizzate attorno a dei cortili interni, che di notte fungono da raccoglitori di aria fresca che viene dissipata lungo i muri esterni degli edifici, raffrescando così l'interno. Nella figura 7 vengono evidenziati proprio questi cortili che sembrano davvero dettare la conformazione dell'agglomerato.



Figura 7. Cortili interni. (Fonte: elaborazione propria)

- Adeguatezza della distribuzione interna

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Una strategica distribuzione interna prevede la collocazione della zona giorno verso Nord, le camere da letto mai verso Ovest e i vani di servizio come ripostigli, scale e cucina verso Ovest. Ciò non è rispettato nel progetto ma è anche difficile da applicare in tutti i casi, in quanto si è data la priorità alla creazione di cortili. Nella figura 8 già si nota come nella tipologia V4 questo non è stato rispettato.

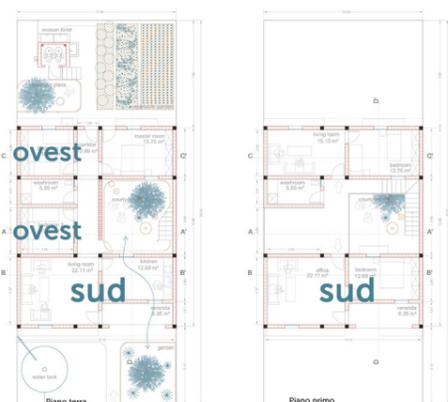


Figura 8. Distribuzione. (Fonte: elaborazione propria)

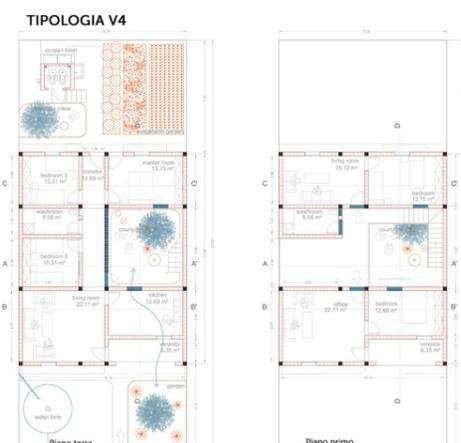
- Idoneità delle aperture

Valutazione **0** **1** **2** **3**

La progettazione delle aperture è il principale fattore che concorre alla realizzazione delle ventilazione naturale, una delle maggiori fonti di comfort per un ambiente. Per questo motivo vanno posizionate in maniera strategica sulle pareti, seguendo dei principi ben precisi basati sull'analisi della direzione dei venti e sull'angolo di incidenza solare.

Una corretta progettazione prevede:

- Una percentuale di aperture compresa tra il 10-20%, rispettata nel progetto, come già visto in precedenza
 - Corretto posizionamento, lungo le pareti dei cortili per favorire la ventilazione notturna e la diffusione dell'aria fresca proveniente dall'esterno.
- Questa strategia è presente nel progetto, come mostra la figura 9.



- Aperature perimetrali lungo la facciata Nord e Sud sono necessarie per favorire la ventilazione incrociata, in quanto la direzione principale del vento viene proprio da Sud. La figura 10 mette in evidenza le finestre lungo il perimetro dell'unità abitativa.

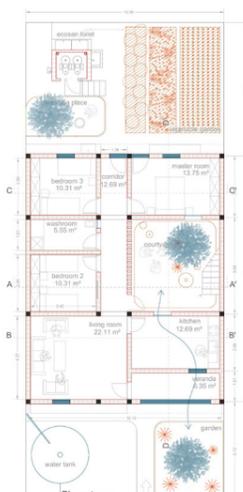


Figura 9. Finestre verso il cortile. (Fonte: elaborazione propria)

Figura 10. Aperture lungo il perimetro. (Fonte: elaborazione propria)

- L'angolazione è importante per favorire i flussi d'aria e, affinché si creino le correnti, non bisogna superare un angolo di 35° con la direzione prevalente del vento. Strategia esposta nella figura 11.

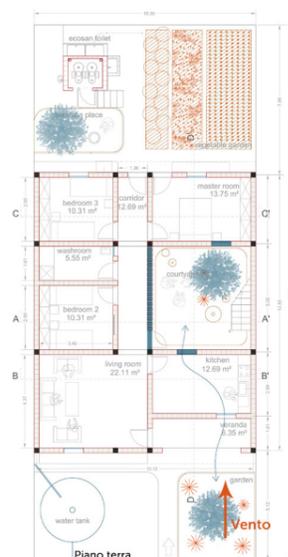
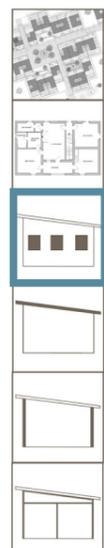


Figura 11. Angolazione. (Elaborazione propria)

- Le schermature orizzontali sono di supporto per evitare il riscaldamento interno e per favorire l'ombreggiamento. Questo è l'unico fattore che riguarda la progettazione delle aperture che dovrebbe essere migliorato.

- Adeguatezza delle stratigrafie delle pareti

Valutazione 0 1 2 3

I muri costituiscono la maggior parte dell'involucro dell'edificio, attraverso i quali avvengono i maggiori scambi di calore con l'ambiente esterno. Il loro spessore deve essere controllato e proporzionato ai guadagni termici necessari, così come la scelta dei materiali deve tenere in considerazione le loro proprietà fisiche. Essi rappresentano la vera e propria massa termica dell'edificio e, in un clima caldo e arido, è una delle fonti di isolamento principale.

- Spessore elevato. La massa muraria deve essere in grado di conservare e raffreddare l'ambiente interno, di conseguenza gli spessori devono essere elevati. Difatti, nel progetto vengono realizzati con ISSB da 23 cm.
- Intercapedine. La presenza di una camera d'aria permetterebbe la creazione di maggiori flussi lungo le pareti, ma non è sempre una soluzione fattibile, perchè aumenterebbe la quantità di materiali e un conseguente aumento del costo di realizzazione. Difatti nelle unità abitative non è presente.

- Materiali isolanti. Le proprietà termiche dei materiali da costruzione è fondamentale per il raggiungimento di un adeguato livello di comfort e nel progetto viene adoperata la terra compressa che possiede ottime capacità igrotermiche.

- Isolamento dei muri esposti al sole. Una strategia con ottimi risultati prestazionali è quella di inserire uno strato di isolante nelle pareti maggiormente esposte, ovvero quella a Ovest e Est. Utilizzando materiali di riciclo il prezzo del progetto non dovrebbe aumentare di molto, quindi potrebbe essere una strategia da proporre.

- Barriere solari. L'inserimento di protezioni attraverso la presenza di vegetazione e di portici eviterebbe l'eccessivo surriscaldamento delle murature esterne. Questo accorgimento è stato preso in considerazione dai progettisti e si nota nella figura 12, riportato in seguito.

- Barriera di alluminio. L'inserimento di una lamina di alluminio aiuterebbe ad incrementare il livello di isolamento delle murature, potrebbe essere una soluzione per un isolamento ulteriore a costo contenuto. Questa, in realtà, avrebbe un effetto importante anche inserita nella stratigrafia delle coperture.

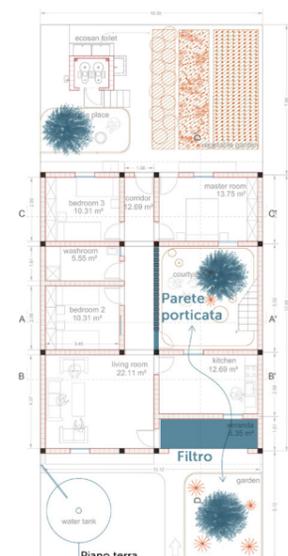
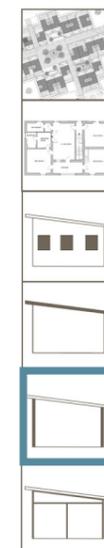


Figura 12. Barriere. (Elaborazione propria)

- Adeguatezza della stratigrafia della copertura

Valutazione 0 1 2 3

Il tetto è la parte dell'edificio che riceve più sole e quindi la maggior fonte di trasmissione di calore verso l'interno. La progettazione di questo elemento, dunque, ha conseguenze critiche sul comfort termico all'interno dell'abitazione. Una situazione termoigrometrica adeguata chiaramente dipende dalla forma, dall'orientamento, dai materiali e dalle tecniche adoperate per la realizzazione. Tendenzialmente, la tipologia più consigliata, sempre secondo il manuale "Sustainable Building for hot and arid areas. Marsabit

"Country", è quella di un tetto ventilato a doppia falda, per massimizzare i flussi d'aria con le caratteristiche riportate in seguito e rappresentate graficamente nella figura 13.

- Superficie riflessiva. L'angolazione del tetto deve essere calcolata in base l'incidenza solare del sito di costruzione, in modo che possa essere il più possibile perpendicolare ad essa e riflettere la maggior quantità di radiazioni. Di questa caratteristica si è già parlato ed è stata riscontata nel progetto.
- Orientazione verso i venti. La falda del tetto deve essere orientata verso la direzione prevalente delle brezze in modo da favorire il flusso d'aria attraverso le aperture permanenti in caso di tetto ventilato. Nelle unità abitative, i tetti sono orientati, dove possibile, verso Sud.
- Isolamento. Il tetto deve essere adeguatamente isolato per evitare il surriscaldamento. Nel progetto l'isolamento avviene attraverso un solaio di separazione che potrebbe essere migliorato.
- Ventilazione. La tipologia di tetto ventilato è la più consigliata per favorire il raffrescamento naturale dell'edificio.
- Inerzia. Con lo scopo di mantenere una più bassa temperatura di consiglia l'utilizzo di materiali pesanti. Nelle unità abitative il tetto è costituito solo da una lamiera d'acciaio che quindi non corrisponde alla richiesta.

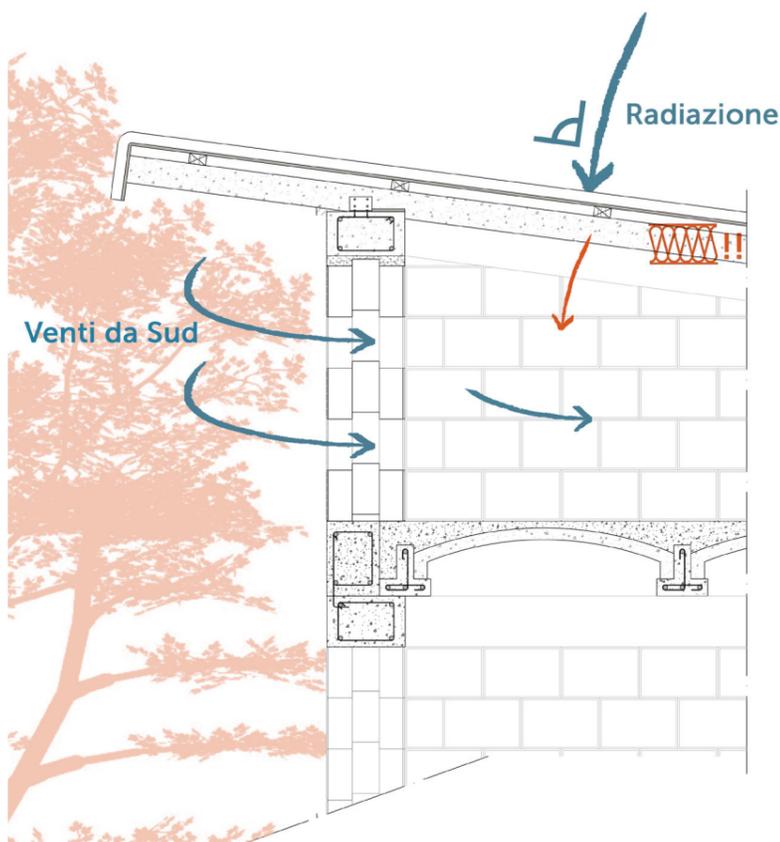


Figura 13. Strategia copertura. (Elaborazione propria)

9. Comfort visivo nell'ambiente interno:



- Adeguata diffusione del flusso luminoso

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Le aperture sono state posizionate in modo da permettere l'ingresso della luce del sole e per consentire ugualmente la vista verso l'esterno. Si applica questo accorgimento per evitare l'eccessiva riflettività sulle pareti interne, in questo modo la luce riflette sul terreno e poi entra all'interno in maniera indiretta.

- Adeguata quantità di aperture

Valutazione **0** **1** **2** **3**

La percentuale delle aperture è uno dei fattori che maggiormente incide nell'illuminazione naturale, ma, in questo tipo di clima, il comfort visivo viene sempre messo in secondo piano rispetto a quello termico, in quanto aumentando le aperture per favorire la visibilità comporterebbe una maggiore esposizione degli ambienti interni alle radiazioni solari. Questa situazione è riscontrabile anche in questo progetto, infatti ci sono delle camere che addirittura non sono dotate di finestra.

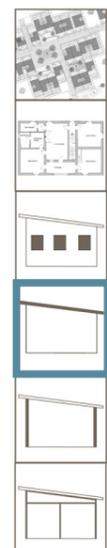
- Idoneità degli spazi in termini di profondità

Valutazione **0** **1** **2** **3**

La profondità degli spazi influenza in maniera determinante il comfort visivo dell'ambiente. Nelle stanze in cui è presente la finestra è stato assicurato almeno il livello minimo di visibilità in tutta l'area.

- Controllo del flusso luminoso

Valutazione **0** **1** **2** **3**



Delle schermature, quali tapparelle o veneziane, sarebbero molto utili per migliorare le condizioni di comfort visivo in caso di eccessiva luminosità, ma anche per limitare l'ingresso di radiazioni all'interno e il conseguente surriscaldamento. Questo aspetto non è stato proprio considerato dai progettisti.

10. Comfort acustico nell'ambiente interno:



- Adeguatezza dello spessore delle pareti (interne e esterne)

Valutazione

0 1 2 3

Uno dei fattori principali e determinanti per un livello di comfort acustico adeguato è lo spessore delle pareti e i materiali adoperati per la realizzazione. Nel progetto, per le pareti interne ed esterne è stato pensato lo stesso materiale ovvero i blocchi di terra compressa che si presentano molto prestanti sia in quanto a spessore (23 cm) sia per quanto riguarda le proprietà fonoassorbenti della terra.

- Isolamento della copertura

Valutazione

0 1 2 3

L'isolamento del tetto è affidato alla semplice presenza di un solaio di protezione in calcestruzzo nella tipologia V3 o in compensato nelle tipologie da V0 a V2, che non è sufficiente ad isolare in maniera adeguata dai rumori esterni, in particolare da quello della pioggia che si abbatte sulla superficie in lamiera zincata della della copertura che aumenta il livello di disturbo.

11. Presenza di aree comuni in cui svolgere attività collettive:



- Presenza cortili e spazi esterni

Valutazione

0 1 2 3

La presenza dei cortili e degli spazi esterni di pertinenza nel progetto dimostra l'attenzione dei progettisti verso le necessità quotidiane e il modo in cui si vive la casa a Marsabit. Fa parte della tradizione di questo popolo vivere anche al di fuori delle loro abitazioni e svolgere insieme una serie di attività, quali cucinare, lavorare le pelli, fare il bucato, discutere con i più anziani ecc.

12. Accesso all'acqua potabile:



- Presenza di *tank* per ogni unità abitativa

Valutazione

0 1 2 3

I progettisti di UN-HABITAT si sono posti con molta attenzione nei confronti delle questioni idriche e soprattutto delle necessità di ogni famiglia fruitrice, prevedendo l'installazione di un sistema di acqua potabile in tutte le unità abitative alimentato da una grande cisterna di raccolta nascosta in giardino.

13. Accesso ai servizi igienici:

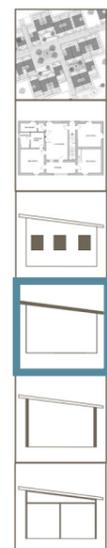


- Presenza latrina per ogni unità abitativa

Valutazione

0 1 2 3

Ogni unità abitativa è dotata da doppia latrina: una all'interno in cui vi è solo un lavabo e poi quella all'esterno ubicata nel giardino di pertinenza dell'unità.



3.5.3. Strategie e requisiti per la fruibilità

14. Accessibilità:



- Comodità per il passaggio dell'utenza con disabilità

Valutazione **0** **1** **2** **3**

L'accessibilità, che nei paesi sviluppati è ormai legge da tanti anni, in questo contesto non è presa in considerazione in quanto l'emergenza abitativa è la questione più urgente da risolvere. Dunque non è possibile applicare alcuna valutazione al progetto in quanto non è stata neanche pensata.

15. Durevolezza e affidabilità della costruzione:



- Resistenza degli elementi costruttivi dall'acqua e umidità

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Requisito non verificato, in quanto non sono state previste delle protezioni contro i fenomeni di degrado portati dall'acqua e dall'umidità di risalita. (Aggiungere il numero della pagina di riferimento)

- Resistenza degli elementi costruttivi dall'erosione

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Requisito non verificato, in quanto non sono state previste delle protezioni contro i fenomeni di degrado portati dall'acqua e dall'umidità di risalita.

- Resistenza degli elementi costruttivi dall'erosione

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Requisito non verificato, in quanto non sono state previste delle protezioni contro i fenomeni di degrado portati dall'acqua e dall'umidità di risalita.

16. Flessibilità degli spazi e possibilità di ampliamento:



- Adeguatezza della disposizione delle unità abitative

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Le unità abitative sono disposte in maniera di creare nuovi spazi per un eventuale intervento di ampliamento per l'aggiunta di una più camere in caso di crescita del nucleo familiare. Questo è possibile anche grazie al loro sviluppo attorno ai cortili.

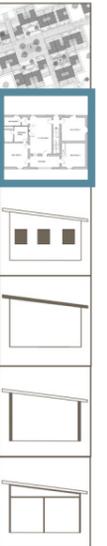
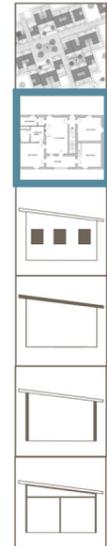
- Attrezzabilità strutturale che permette variazioni spaziali

Valutazione **0** **1** **2** **3**

I progettisti di UN-HABITAT, nell'ottica di permettere di incrementare gli spazi delle unità abitative, hanno inserito una struttura in pilastri e travi in cemento armato, che a prima vista può sembrare una scelta discutibile per un edificio ad un solo piano. Grazie a questo tipo di progettazione si possono sopraelevare gli edifici senza il bisogno di un ulteriore intervento che riguardi la struttura, che già quindi è predisposta a sostenere dei carichi maggiori.

3.5.4. Strategie e requisiti per l'aspetto

17. Regolarità delle superfici:



- Correttezza nella posa in opera

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Questo requisito sarà valutabile solo in seguito alla realizzazione del manufatto, in quanto interessa il processo di costruzione e la corretta posa in opera degli elementi che, in questo caso, sono i blocchi in terra compressa, in modo che non presentino discontinuità o irregolarità apparenti nelle superfici.

18. Finiture oggetti:



- Controllo della qualità nella produzione degli elementi

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Come per il requisito precedente, nemmeno a questo è possibile fornire una valutazione in quanto interessa il corretto svolgimento di produzione degli elementi costruttivi, in particolare degli ISSB, il cui aspetto deve essere uniforme e devono presentarsi lisci al tatto.

19. Integrazione al contesto:



- Adeguatezza nella composizione e forma dell'edificio

Valutazione **0** **1** **2** **3**

L'aspetto formale con cui sono state progettate le unità abitative si conforma perfettamente al contesto, senza deturpare il paesaggio. L'insediamento proposto da UN-HABITAT si inserisce in un lotto fuori dalla città, vicino ad una comunità autonoma di pastori. L'intorno del progetto è un territorio arido, quindi i progettisti hanno goduto di una relativa libertà.

- Adeguatezza della gamma cromatica selezionata

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Al momento non è possibile applicare una valutazione a questo aspetto, in quanto i progettisti non hanno deciso se applicare un intonaco o se lasciare i mattoni in terra a vista. Nel caso in cui i blocchi venissero lasciati scoperti, la colorazione marrone della terra cruda sarebbe perfettamente adeguata al contesto arido dell'insediamento.

5.5. Strategie e requisiti per la gestione

20. Convenienza economica in tutte le fasi di vita delle abitazioni:



- Controllo delle scelte progettuali in funzione del budget iniziale

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Il rispetto del budget è una prerogativa essenziale nella progettazione dei paesi del *Global South* e per l'operato delle ONG, in quanto i fondi derivano da patti con governi o enti o da iniziative di volontariato: UN-HABITAT, proprio per questo, sta rimandando alcune decisioni che riguardano alcuni aspetti del progetto per capire se è in possesso delle risorse economiche necessarie per applicare eventuali migliorie.

21. Possibilità di operare una manutenzione semplice ed economica:



- Riparabilità

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Le scelte della tecnologia di costruzione e dei materiali è fondamentale per la riparabilità che si riferisce alla possibilità di ripristinare un elemento

tecnologico al suo stato iniziale attraverso operazioni non eccessivamente complicate. Nello specifico caso di questo progetto, il requisito è verificato, in quanto si adoperano tecniche semplici caratterizzate da elementi poco complessi.

- Facilità di intervento

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

Con facilità di intervento si intende il requisito che dovrebbe possedere un edificio in termini di semplicità di manutenzione, ovvero di operare in maniera agevole e rapida, senza ricorrere ad interventi più invasivi e complessi che richiederebbero un dispendio economico e di tempo non indifferente. Nel progetto "The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County" ciò è possibile grazie alla sua facile conformazione tecnologica.

22. Garantire soluzioni tecnologiche compatibili con l'autocostruzione:



- Semplicità del processo di trasformazione

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

L'intervento di UN-HABITAT ha lo scopo di rendere partecipe la popolazione di Marsabit attraverso un processo di autocostruzione, sinonimo di tecnologie semplici, tradizionali ed economiche. La tecnica costruttiva principale è quella dei blocchi di terra compressa, che rispetta il requisito a differenza di quelle selezionate per la struttura portante e per la realizzazione dei solaio della tipologia V3. Si tratta di adoperare il calcestruzzo armato, tecnologia molto più performante e duratura della terra, ma che richiede della manodopera specializzata, soprattutto nella posa in opera. Queste scelte non sono ottimali per l'autocostruzione, perchè non ne rispettano le caratteristiche fondamentali.

- Maneggevolezza delle attrezzature da cantiere

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

Questo requisito è strettamente legato a quello precedente ed è basilare per un progetto di autocostruzione. L'impiego di materiali costruttivi come il calcestruzzo comporta l'utilizzo di una strumentazione complessa e poco maneggevole da personale non specializzato, soprattutto se si tratta di realizzare diversi elementi come in questo caso: fondazioni, travi, pilastri e le unità del solaio "Landie".

23. Messa in opera di materiali con provenienza locale:



- Reperibilità in loco delle risorse per la costruzione

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

Il requisito della reperibilità delle risorse è strettamente connesso al principio di autocostruzione, che prevede l'evoluzione di tecniche costruttive tradizionali, con la partecipazione della comunità interessata e con materiali di provenienza locale o in un raggio di chilometri che non incida sul prezzo globale del progetto. Per quanto riguarda l'intervento di UN-HABITAT, questo requisito non è sempre verificato, in quanto, nonostante il calcestruzzo sia comprato a Marsabit città, proviene da un'azienda con sede a Nairobi, a circa 500 Km di distanza, quindi questo provoca un aumento dei costi. La sostituzione di questo materiale con una risorsa naturale e locale porterebbe ad una diminuzione dei costi di trasporto.

3.5.6. Strategie e requisiti per l'integrabilità

24. Attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi tra loro:

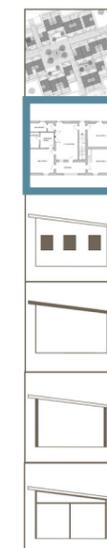
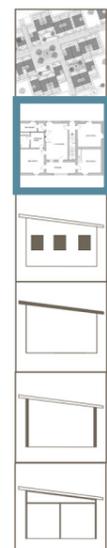


- Compatibilità tra le soluzioni tecnologiche

Valutazione

0	1	2	3
---	---	---	---

La compatibilità tra elementi tecnici è fondamentale per l'esercizio dell'edificio nel corso della sua vita utile; è necessario utilizzare materiali e tecnologie di costruzione tra loro affini, per evitare di creare incongruenze nel corretto funzionamento dell'edificio come unità.



3.5.7. Strategie e requisiti per la salvaguardia dell'ambiente

25. Minimo impatto sull'ecosistema:



- Reperibilità dei materiali nell'immediato

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Il rispetto dell'ecosistema e la sostenibilità ambientale sono la base dei criteri di progettazione della UN-HABITAT, non a caso è stata scelta come materiale da costruzione principale la terra cruda, il materiale locale ed ecologico per eccellenza. Anche se l'adozione di numerosi elementi in calcestruzzo comporta la ricerca del materiale più lontano dal sito di progetto.

- Controllo della combustione durante la trasformazione delle risorse

Valutazione **0** **1** **2** **3**

La produzione degli ISSB non produce alcuna sostanza nociva per l'ambiente. La terra viene estratta dopo uno scavo che avviene attraverso il lavoro umano così come la loro realizzazione vera e propria. La miscela di terra e l'operazione di compressione vengono effettuate manualmente, senza l'utilizzo di strumenti che necessitano carburanti. Ma l'adozione di diversi elementi in calcestruzzo armato comporta un'emissione di carburante in atmosfera sia per il trasporto del materiale sia per la sua trasformazione in prodotti edilizi.

- Presenza di fonti di energia rinnovabile

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Un sistema di pannelli fotovoltaici installati sui tetti avrebbe un'altissima produttività in un'area geografica quasi all'equatore e permetterebbe di risparmiare un gran quantitativo di energia elettrica. Nel progetto, i pannelli sono stati installati negli spazi comuni. Questa scelta è stata comportata dalla possibilità di smontare facilmente le coperture per un eventuale intervento di elevazione.

26. Equilibrio ecologico, integrazione della natura nella costruzione e nella vita quotidiana:



- Protezione delle specie vegetali di particolare valore e inserimento di nuove specie

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Una delle richieste evidenziate dai questionari somministrati alla popolazione di Marsabit è quella di insesire nell'area di progetto della vegetazione, in quanto fa parte del loro stile di vita la sintonia con la natura. Le specie vegetali di particolare valore devono essere protette e inserite nei progetti, inoltre, è previsto, dove possibile, l'inserimento di nuove specie vegetali autoctone nel rispetto dell'equilibrio ecologico dell'ambiente.

- Tutela e valorizzazione della diversità biologica del contesto naturalistico

Valutazione **0** **1** **2** **3**

Nel modo in cui si dà importanza alla tutela della flora autoctona, altrettanto ne bisogna dare alla fauna, anch'essa fondamentale per l'equilibrio dell'ecosistema. Dunque il progetto, cerca di essere discreto e di minimizzare il suo impatto sull'habitat naturale delle specie animali del luogo.

27. Recuperabilità:



- Riciclabilità di materiali, elementi e componenti tecnologici

Valutazione **0** **1** **2** **3**

I materiali, gli elementi e i componenti devono avere un elevato grado di riciclabilità che dipende da diversi fattori: le condizioni relative all'ubicazione del cantiere rispetto alle attività di trattamento e recupero dei materiali, che si possono effettuare nel contesto del nuovo intervento, dalle tecniche costruttive con cui è realizzato il manufatto edilizio; dalla potenzialità dei materiali che costituiscono l'edificio di essere avviati a processi di recupero

e/o riciclaggio (fatta eccezione per la struttura in calcestruzzo, il resto dei materiali possono essere tutti recuperati); dalle condizioni relative alla vicinanza al sistema della viabilità (il progetto si colloca alla fine di una strada che collega direttamente al centro città).

3.6. Valutazione complessiva

Per fornire una valutazione completa del progetto *"The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County"*, in questo paragrafo verranno riassunti i **valori assegnati** alle strategie per una buona progettazione nella specifica area di Marsabit.

Nel complesso, nell'intervento proposto da UN-HABITAT le norme del manuale *"Sustainable Building for hot and arid areas. Marsabit Country"* sono state abbastanza rispettate, difatti il progetto soddisfa molti dei requisiti elencati in precedenza. In maniera più concreta, le valutazioni sono state riportate attraverso una tabella e un grafico, che mettono in relazione il valore (0,1,2,3) e il numero di volte in cui è stato assegnato, fornendo le relative percentuali.

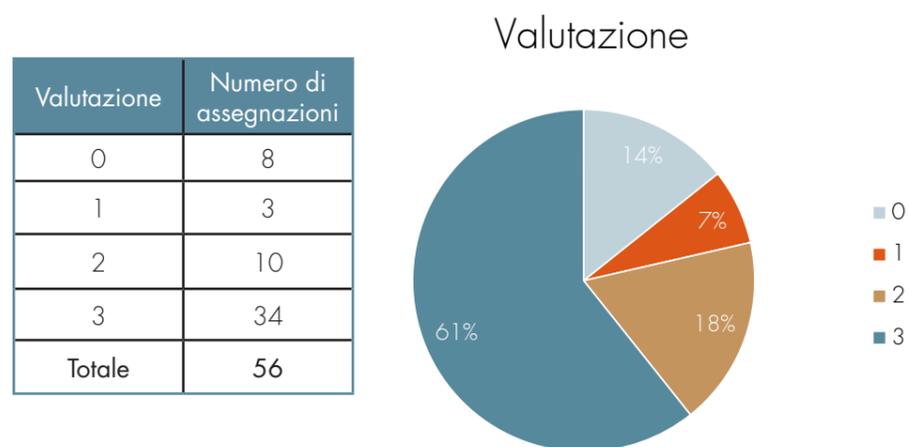


Tabella 2 e grafico 1. Rappresentazione dei risultati. (Fonte: elaborazione propria)

Come mostra il grafico, **il 61% dei requisiti è stato soddisfatto**, ovvero 34 su 56 e la seconda percentuale più alta è rappresentata dal 18% dei requisiti parzialmente soddisfatti. Il 7% rappresenta i requisiti che non sono stati soddisfatti, mentre il restante 14% quelli che non è stato possibile valutare, a causa di mancanza di informazioni. Il tasso di soddisfazione generale è positivo e supera il 50% ma non è un ottimo risultato, sicuramente è possibile migliorarlo cercando di agire sulle carenze che sono state individuate.

È stata eseguita un'ulteriore analisi per individuare quali sono i punti deboli del progetto e quelli forti attraverso le valutazioni delle singole classi di esigenze:

1. Sicurezza

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	3
1	2
2	2
3	11
Totale	18

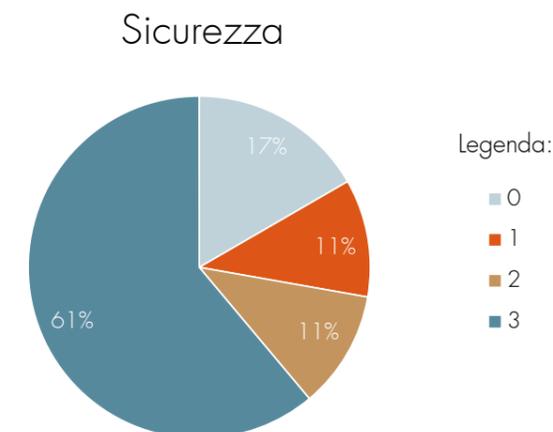


Tabella 3 e grafico 2. Rappresentazione dei risultati sicurezza. (Fonte: elaborazione propria)

2. Benessere

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	0
1	1
2	4
3	11
Totale	16

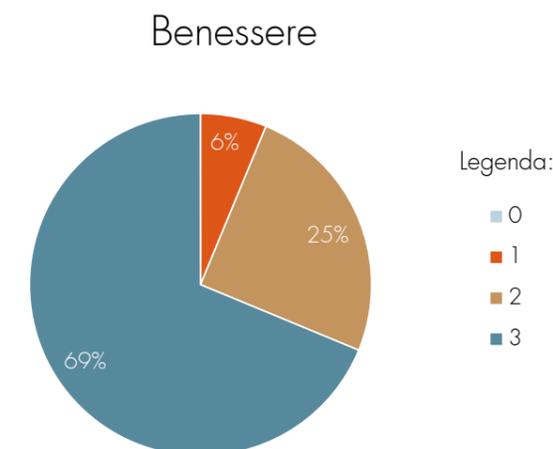


Tabella 4 e grafico 3. Rappresentazione dei risultati benessere. (Fonte: elaborazione propria)

3. Fruibilità

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	2
1	1
2	0
3	2
Totale	5

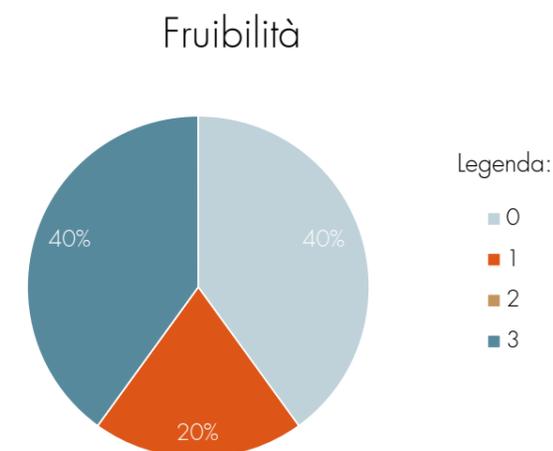


Tabella 5 e grafico 4. Rappresentazione dei risultati fruibilità. (Fonte: elaborazione propria)

4. Aspetto

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	3
1	0
2	0
3	1
Totale	4

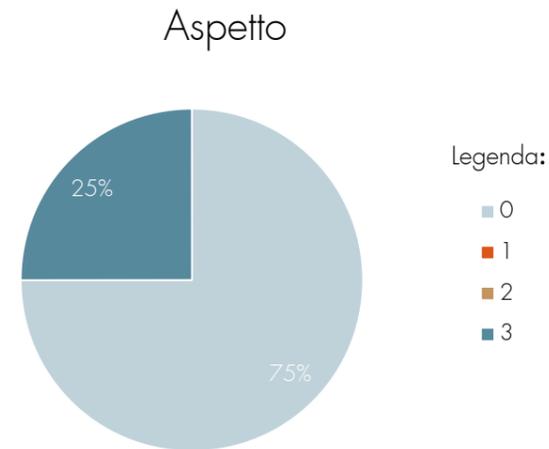


Tabella 6 e grafico 5. Rappresentazione dei risultati fruibilità. (Fonte: elaborazione propria)

5. Gestione

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	0
1	0
2	3
3	3
Totale	6

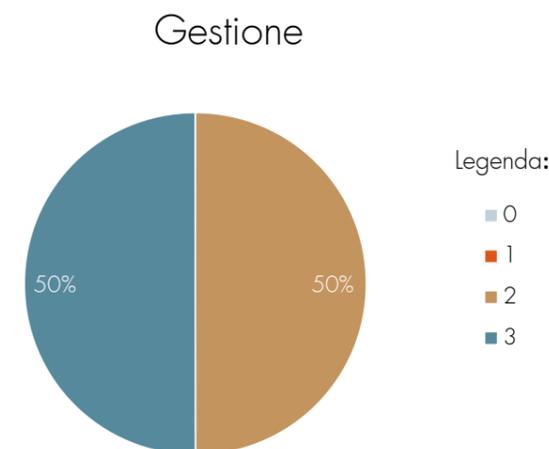


Tabella 7 e grafico 6. Rappresentazione dei risultati fruibilità. (Fonte: elaborazione propria)

6. Integrabilità

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	0
1	0
2	0
3	1
Totale	1

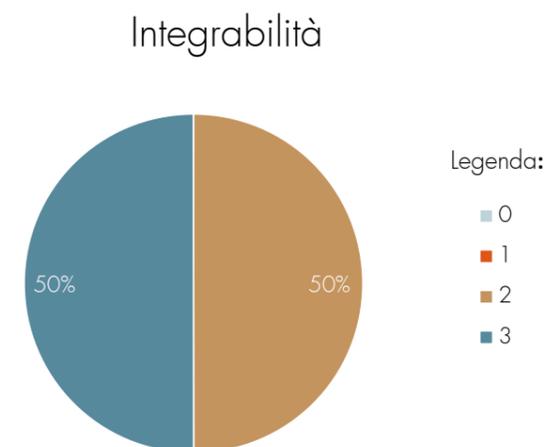


Tabella 8 e grafico 7. Rappresentazione dei risultati fruibilità. (Fonte: elaborazione propria)

7. Salvaguardia dell'ambiente

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	0
1	0
2	3
3	3
Totale	6

Salvaguardia dell'ambiente

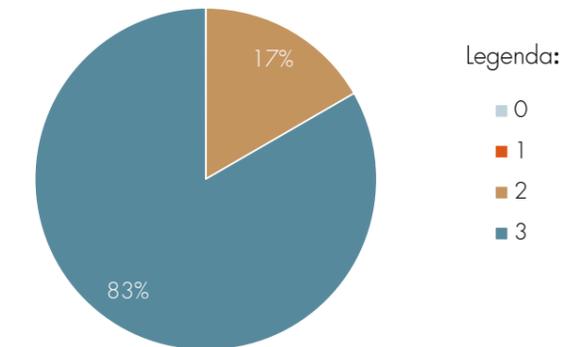


Tabella 9 e grafico 8. Rappresentazione dei risultati fruibilità. (Fonte: elaborazione propria)

L'analisi dei risultati delle valutazioni per classi mostra che le maggiori **debolezze** del progetto si riferiscono alle strategie per la **sicurezza, il benessere, la fruibilità e la gestione** quindi saranno le classi che vedranno il maggior numero di proposte per migliorare la qualità del progetto, il punto di partenza del prossimo capitolo della tesi. Per quanto riguarda i requisiti della classe dell'**aspetto**, sono stati quelli in cui, nella maggior parte dei casi, **non è stato possibile effettuare una valutazione** in quanto, molti di questi, possono essere valutati solo in seguito alla costruzione del manufatto. Infine, le ultime due classi di esigenze, quindi integrabilità e salvaguardia dell'ambiente, presentano dei risultati ottimi, in particolare quella d'integrabilità in quanto il 100% dei requisiti è stato soddisfatto. Per quanto riguarda la classe della salvaguardia dell'ambiente, l'83% dei requisiti è stato verificato mentre solo 17%, ovvero 1 su 6 infatti, è parzialmente soddisfatto. I **punti forti** di questo progetto sono rappresentati dalla sua **sostenibilità ambientale**, in quanto sfrutta tecnologie costruttive ecologiche, tradizionali e locali, ma può essere ancora migliorata attraverso delle proposte specifiche che promuovono la reperibilità dei materiali e delle risorse per la costruzione in un raggio di distanza molto limitato.

BIBLIOGRAFIA:**Librie manuali:**

- A. Arecchi, *La casa Africana*, Clesav Città Studi, Milano, 1991.
- A. Agevi; Jerusha Ngungui, *Manual on Sustainable Building for Hot and Arid areas. Marsabit country*, in "Sustainable building design for tropical climates. Principles and Applications for Eastern Africa". Nairobi, UN-Habitat, 2017.
- K.A. Andersen, *African Traditional Architecture. A study of housing and settlement patterns of rural Kenya, Nairobi*, Oxford University Press, 1977.
- A. Campioli, M. Lavagna, *Tecniche e Architettura*, Città Studi, Torino, 2013.
- G. Ceragioli, Nuccia Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell'architettura*, CLUT, Torino, 1989.

Tesi:

- G. Solitro, *La terra cruda per l'autocostruzione con tecnologie "appropriate e appropriabili": interventi nei Paesi emergenti : alcuni casi studi*, Tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2012/2013.
- P. Damiani, R. Mascioscia, *Progettazione partecipata del centro culturale ACREF nella baraccopoli di Baba Dogo a Nairobi. Dalla scala urbana alla sperimentazione del prototipo di serramento*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2006/2007.

Documenti:

- V. Kitio, Z. Gonzalez Blanco, M. Jose Rojo Callizo, *Sustainable low cost housing development in Marsabit County. Housing and Site Planning Project. Climate resilient low cost buildings in Marsabit County. Nordic Climate Facility*. UN-HABITAT, 30 Aprile 2018.
- *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey*. Marsabit, Settembre 2016.

Normative:

- UNI 8289:1981. Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione.
- UNI 10838:1999. Edilizia. Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia.
- UNI 11277:2008. Sostenibilità in Edilizia. Esigenze e requisiti di eco-compatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione.

CAPITOLO 4:

OSSERVAZIONE DELL'ESISTENTE

"Il tema dell'autocostruzione può trovare, modificando le forme primitive d'intervento, una continuità nel pre sente e nell'immediato futuro"

Giorgio Trebbi, *Venezuela e Perù oggi: autocostruzione, come?*, in "Autocostruzione Oggi", Ente Fiere di Bologna, Bologna, 1982, p. 25.

4.1. La qualità del progetto

“Per qualità edilizia si intende la misura del **grado di rispondenza** di una costruzione ai bisogni dell’utenza, e cioè quanto un edificio sia in grado di soddisfare le aspettative di coloro che lo utilizzano. In quanto misurabile, la qualità edilizia può essere espressa attraverso un punteggio che la caratterizza come qualità positiva o qualità negativa, in funzione della sua rispondenza - o incapacità - alle richieste della committenza”¹.

La teoria esigenziale-prestazionale, nominata più volte in questa tesi, è il mezzo che si intende utilizzare per misurare la qualità del progetto “*The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County*”, attraverso la verifica e il confronto diretto di ogni requisito con il disegno architettonico e con le informazioni fornite dalla relazione e dal dossier su Marsabit.

Il tentativo di delineare la “qualità” dell’intervento proposto da UN-HABITAT è basato sulla possibilità di aver effettuato una **verifica sul soddisfacimento** di specifiche **esigenze e requisiti**. L’analisi dei risultati riportati dalla valutazione ha fatto emergere alcune criticità nel progetto, quindi alcune richieste non compiute che riguardano essenzialmente quattro classi di esigenze, quella relativa alla sicurezza, al benessere, alla gestione e all’aspetto. Per quanto riguarda l’ultima classe, più che di un non soddisfacimento si può parlare di un’impossibilità di valutare alcuni requisiti, perché non ancora messi a punto dai progettisti di UN-HABITAT. Inoltre, per i casi delle altre tre classi non si parla di un totale non soddisfacimento ma dell’opportunità di rendere migliore il progetto e di compiere, se possibile, tutte le richieste. Uno dei maggiori ostacoli a questo proposito è la scarsa reperibilità dei materiali e delle attrezzature e il budget dell’intervento, che non permette di adottare alcune strategie che lo renderebbero davvero prestante. Dunque, lo scopo di questo capitolo è quello di convertire i punti deboli in requisiti soddisfatti attraverso l’osservazione di alcuni **casi studio** di progetti simili e nuove proposte mirate alla risoluzione dei problemi.

4.2. I requisiti da migliorare

I **punti deboli** del progetto sono elencati in seguito e divisi per valutazione, in modo da capire quali sono le questioni più urgenti e proporre degli interventi più mirati.

Votazione 0:

- Affidabilità per tutta la vita utile dell’edificio
- Impermeabilità delle pareti esterne
- Controllo della portata dei fluidi del sistema di canalizzazione delle acque piovane
- Comodità per il passaggio dell’utenza con disabilità
- Resistenza degli elementi costruttivi all’erosione
- Correttezza nella posa in opera
- Controllo della qualità nella produzione degli elementi
- Adeguatezza della gamma cromatica selezionata

¹ Definizione completa in http://www.tecnologica.altervista.org/php5/index.php?title=Qualit%C3%A0_edilizia

Valutazione 1:

- Resistenza ai fenomeni di umidità di risalita
- Visibilità notturno
- Controllo del flusso luminoso
- Resistenza degli elementi costruttivi dall'acqua e umidità

Valutazione 2:

- Controllo del fattore solate con schermature
- Controllo del fattore solate con sbalzi della copertura
- Adeguatezza della distribuzione interna
- Adeguatezza della stratigrafia di copertura
- Adeguatezza delle quantità di aperture
- Isolamento della copertura
- Semplicità del processo di trasformazione
- Maneggevolezza delle attrezzature da cantiere
- Reperibilità in loco delle risorse per la costruzione
- Controllo della combustione durante la trasformazione delle risorse

Osservando le criticità, si realizza che attraverso la risoluzione di un requisito è possibile soddisfarne altri automaticamente, mentre per alcuni di essi, soprattutto quelli che interessano l'aspetto dell'edificio non è possibile avanzare alcuna proposta in quanto riguardano prettamente la fase costruttiva, che non ancora prende avvio. Simile è la situazione che riguarda l'accessibilità, in quanto non è mai stata menzionata in alcun progetto di questa tipologia e non mai stata rintracciata una normativa alla quale fare riferimento per avanzare una proposta. In seguito a queste considerazioni, il numero delle **proposte di miglioramento** si riducono da 18, nel caso in cui se ne fosse avanzata almeno una per ogni requisito con eccezione di quelli relativi all'aspetto e all'accessibilità, a 6 e riguarderanno le seguenti strategie:

1. Protezione (dai fenomeni di degrado) e affidabilità degli elementi costruttivi
2. Illuminazione notturna
3. Aperture e controllo della luminosità
4. Distribuzione interna strategica
5. Compatibilità con l'autocostruzione
6. Scelta della composizione di copertura

4.3. L'analisi dei casi studio

Per la formulazione delle nuove proposte, sono stati individuati e analizzati dei casi studio di interventi di recente costruzione in paesi del *Global South*, in modo che potessero fornire degli spunti utili alla risoluzione delle problematiche riconosciute nell'intervento di UN-HABITAT. La prerogativa principale dei progetti selezionati è la realtà in cui si trovano, ovvero in una **realtà di evidente bisogno**, come quella di Marsabit. Il secondo criterio di selezione è il clima del luogo, questo è uno dei fattori più influenti per una buona progettazione sostenibile, soprattutto in paesi in cui questo è particolarmente torrido e rende più impegnative le condizioni di vita della popolazione. Di conseguenza, i casi studio scelti provengono, per la maggiore, dall'Africa e, in minoranza, dal Sud America (figura 1). I dodici progetti descritti sono stati selezionati perché situati in aree rurali e periferiche, costruiti per agevolare la comunità locale e per fornirgli di nuovi servizi utili al miglioramento del loro livello di comfort. Un'altra importante caratteristica che li accomuna è il processo di **autocostruzione**, che interesserà anche il progetto a Marsabit, in quanto il coinvolgimento della popolazione e la partecipazione al processo decisionale crea un senso di appartenenza al nuovo edificio. I fruitori diventano il vero e proprio fulcro dell'intervento e hanno voce in capitolo per esprimere le loro opinioni e ribadire i loro bisogni soprattutto se riguarda la loro futura casa, difatti "Le persone non hanno solo bisogno di ottenere cose. Penso vogliano, soprattutto, la libertà di realizzare cose – cose tra le quali poter vivere"².

Un altro carattere che unisce questi progetti è l'utilizzo di **materiali locali**, quindi reperiti sul luogo, per rendere quasi a zero i costi di trasporto e in generale dell'intero intervento, ma soprattutto questa scelta fortifica il legame tra territorio, persone e manufatto. L'utilizzo di materiali locali è strettamente correlato alle tradizioni del luogo, che vengono così studiate e migliorate a livello tecnologico, adoperando le "tecnologie ibridate"³ che permettono un salto di qualità mantenendo invariati i costi.

Il materiale locale e sostenibile per eccellenza che risalta in questi progetti è la **terra**, messo in opera sotto forma di blocchi compressi per tamponare le pareti perimetrali e combinato con altre tecnologie per la realizzazione degli altri componenti edilizi. Le scelte di determinate soluzioni costruttive sono spesso legate alle tecniche tradizionali, che donano un valore aggiunto a questi progetti, o alla reperibilità di determinate risorse sul territorio.

Gli interventi selezionati sono presentati in modo che corrispondano ad una delle sei proposte di miglioramento, in quanto presentano soluzioni di particolare interesse per risolvere le problematiche a cui sono state correlate, che potrebbero essere un suggerimento da applicare anche nel progetto "The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County".

² Affermazione di Ivan Illich, *The Destruction of Conviviality*, conversazione tra Ivan Illich e Richard Wollheim, registrata in una conferenza di filosofi a Cipro, dicembre 1971, p.827.

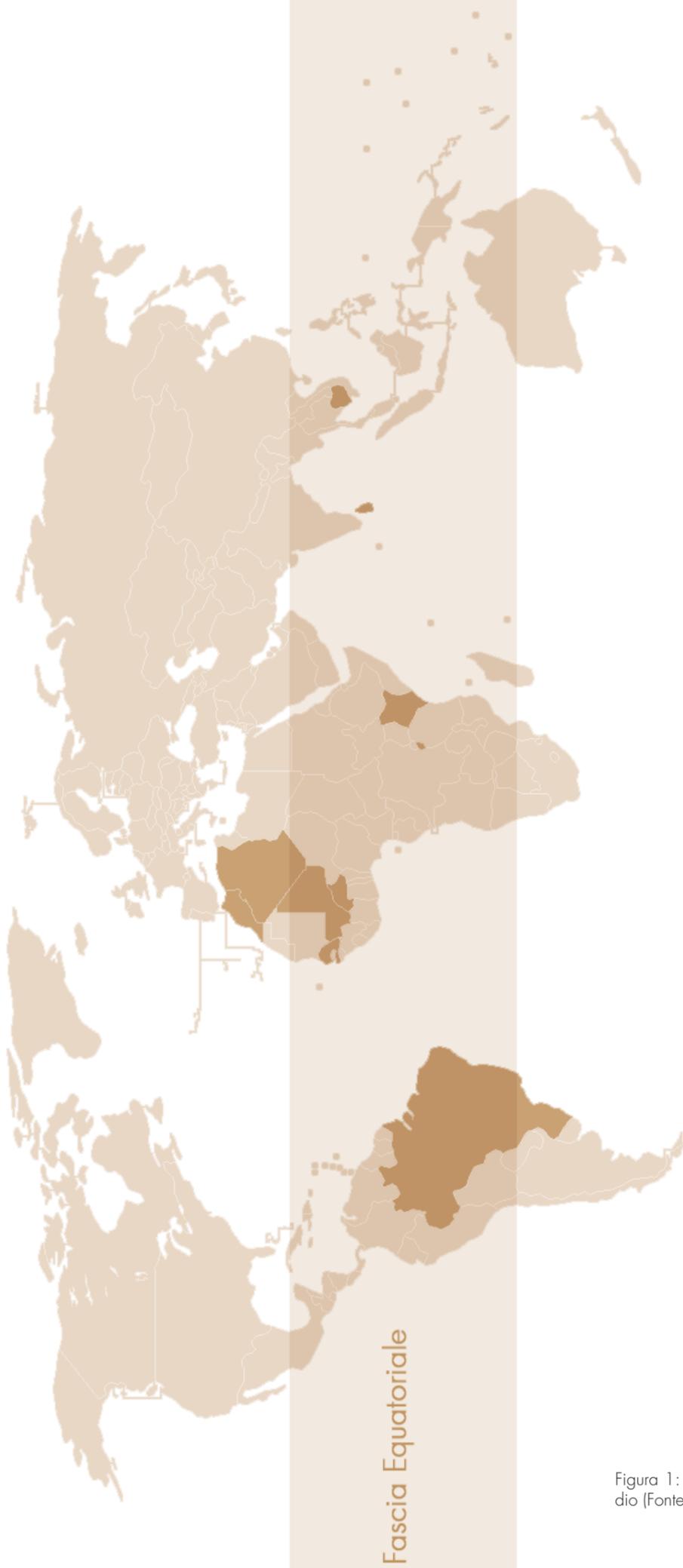
³ G. Ceragioli, Nuccia Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell'architettura*, CLUT, Torino, 1989, p. 731.

4.3.1. Protezione (dai fenomeni di degrado) e affidabilità degli elementi costruttivi

1. Scuola elementare di Gando



Progettisti: Francis Kéré
Località: Gando, Burkina Faso
Committente: comunità locale
ONG collaborante: Schulbausteine für Gando
Anno di completamento: 2001
Superficie: 520 m²

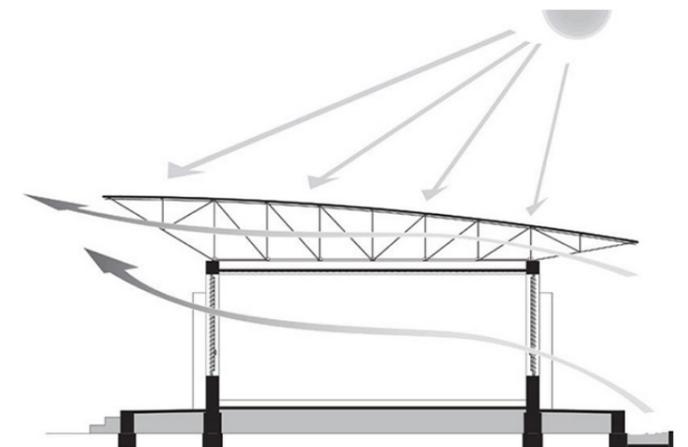


Fascia Equatoriale

Figura 1: Mappa stati dei costi studio (Fonte: elaborazione propria).

Figura 2. Scuola elementare a Gando. (Fonte http://materialdesign.it/post-it/diebedo-francis-kerre-biografia-e-opere_13_288.htm)

Figura 3. Sezione scuola elementare di Gando. (Fonte: <http://arquiscopio.com/archivo/2012/10/20/escuela-primaria-en-gando/?lang=en>)



Descrizione:

La scuola elementare di Gando è il primo progetto realizzato da Kéré nel suo paese di origine con lo scopo di risolvere *"the problems of his people in Burkina Faso"*⁴, un ideale tanto forte e radicato che porta l'architetto a conseguire numerosi premi tra cui per i suoi progetti: l'Aga Khan Award for Architecture nel 2004 e il *Global Award for Sustainable Architecture* nel 2009.

L'edificio è composto da tre blocchi rettangolari identici, ovvero le tre aule, sormontati da un'unica grande copertura in lamiera e separati da piccoli patii interni. Le aule sono realizzate in **blocchi di terra** con giunzioni di malta, sempre di una miscela di terra. Le facciate orientate a Nord e a Sud possiedono delle aperture lunghe e strette, sulle quali sono installate dei frangisole metallici, per salvaguardare l'interno dalla radiazione solare diretta e per creare un filtro con l'esterno. Le facciate a Est e a Ovest sono cieche e caratterizzate dalla presenza di un **portico** che si antepone alla muratura, costituito da pilastri in blocchi di terra sormontati da una trave di coronamento in cemento che percorre l'intero edificio. La struttura è costituita da **muratura autoportante**, rafforzata da contrafforti che scandiscono i prospetti. La scuola è sovrelevata da un grande **basamento in pietra** che possiede una doppia funzione: quella principale di proteggere la parte inferiore delle murature da fenomeni di degrado legati all'acqua e quella di socializzazione. Il basamento è caratterizzato da una forte sporgenza che lo configura quasi come un marciapiede su cui sedersi e giocare (figura 4).



Figura 4. Basamento in laterite della scuola elementare di Gando. (Fonte: <http://www.kere-architecture.com/projects/primary-school-gando/>)

Un elemento di grande interesse sono i sistemi di chiusura orizzontale: le classi sono coperte da un **solaio** realizzato con gli stessi **blocchi di terra** e supportato da travi in cemento (figura 5), in modo da creare un ingegnoso sistema di ventilazione. L'aria fresca viene introdotta all'interno attraverso le finestre mentre l'aria calda viene rilasciata attraverso i dieci centimetri di cavità posizionati su entrambe le estremità del soffitto. Un altro importante apporto positivo è portato dal grande tetto inclinato in lamiera grecata, separato dal solaio sottostante da un sistema di barre metalliche da 16 mm. In questo maniera la **circolazione dell'aria** avviene su **due livelli** e, i grandi sbalzi, proteggono le murature dal sole e dalla pioggia, creando

⁴ A. Lepik, A. Beygo (a cura di), Francis Kéré: *radically simple*, Hatje Cantz A.M., Monaco, 2016, p. 34.

anche un ulteriore ombreggiamento (sezione - figura 3).

La scuola elementare di Gando rappresenta *"a multiple of social, cultural, economic and ecological aspects, not only as an architectural product, but also as an autonomous learning, training and production process"*⁵. Essa non è altro che un primo esempio di sviluppo e di una comunità locale che facendo leva sulle proprie forze riesce ad autorealizzarsi, recuperando tecniche e saperi di una tradizione riscoperta. Chiaramente questo è stato possibile grazie all'aiuto di un architetto determinato che ha istruito la popolazione all'autocostruzione.

Scelta:

Questo progetto è stato inserito tra i casi studio perché presenta diversi spunti rilevanti: il primo è il **basamento**, che unisce la funzione di proteggere i BTC a quella di creare uno spazio esterno di svago. Il secondo è il sistema di contrafforti in blocchi di terra per la **muratura autoportante**, che permettono di risparmiare molte risorse rispetto alla realizzazione di pilastri in calcestruzzo e, infine, il sistema di **ventilazione a doppio livello** reso possibile dalla presenza dell'elemento in lamiera che combina la funzionalità all'aspetto estetico, conferendo all'edificio un forte carattere.

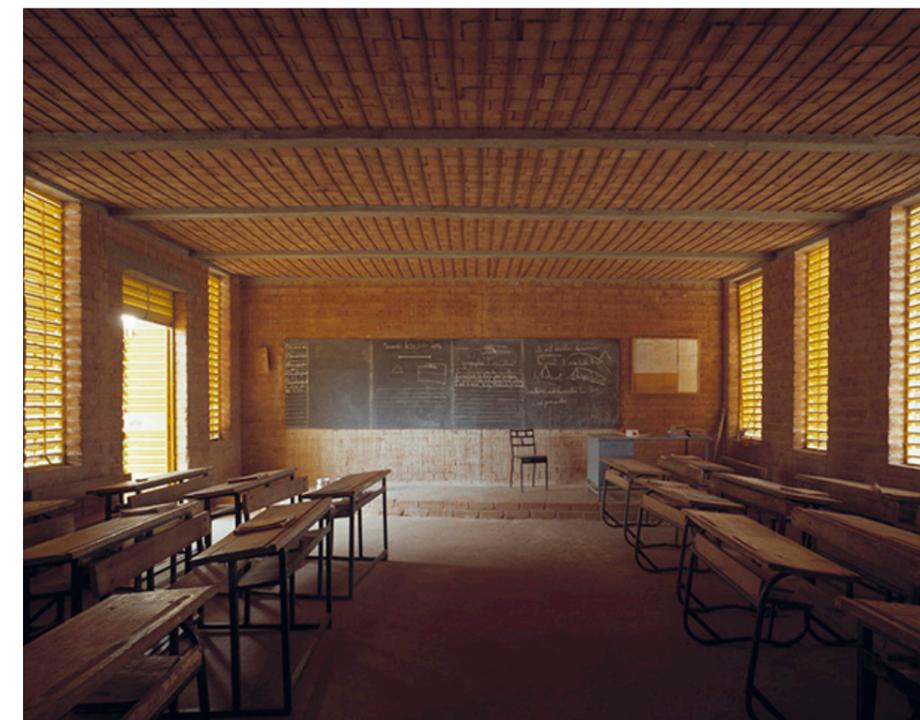


Figura 5. Solaio classi della scuola elementare di Gando. (Fonte: <http://arquiscopio.com/archivo/2012/10/20/escuela-primaria-en-gando/?lang=en>)

⁵ A. Lepik, A. Beygo (a cura di), Francis Kéré: *radically simple*, Hatje Cantz A.M., Monaco, 2016, p. 35.

2. Asilo di Aknaibich

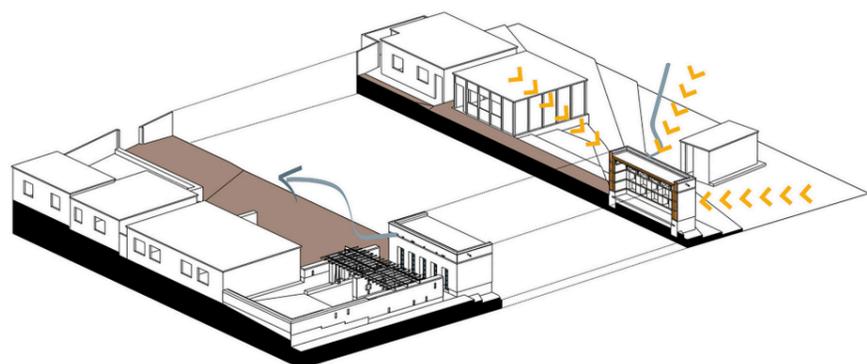


Progettisti: BC architects + MAMOTH
 Località: Aknaibich, Marocco
 Committente: Comunità di Aknaibich
 ONG collaborante: Goodplanet Foundation
 Anno di completamento: 2014
 Superficie: 215 m²



Figura 5: facciata dell'asilo di Aknaibich (Fonte: https://www.domusweb.it/it/architettura/2014/11/24/preschool_of_aknaibich.html).

Figura 6: schema di ventilazione (Fonte: <https://www.archdaily.mx/mx/759032/recinto-preescolar-aknaibich-bc-architects-plus-mamoth/54752408e58ece-37940000fa>).



Descrizione:

Il complesso scolastico di Aknaibich, si colloca in questa città in transizione, in cui si unisce la città vecchia orientale fatta di costruzioni di terra e strade strette e quella occidentale, che consiste in una trama di case moderne di cemento costruite da emigranti che provengono dalle campagne. A fronte del bisogno di infrastrutture educative la fondazione francese *GoodPlanet* si propone di installare un asilo con funzionamento bioclimatico, come estensione dell'edificio scolastico in calcestruzzo esistente, nella parte moderna della città.

La scuola materna di Aknaibich rievoca le tradizioni antiche grazie alla sua composizione e ai materiali locali basso costo. Difatti, emerge su fondazioni di pietra naturale di **provenienza locale**, con pareti di mattoni **adobe**, un tetto piano in legno e terra e battuta e muri di cinta di terra. "La finitura esterna è fatta con un *tamelass*, un mix di due terre, paglia e sabbia, mentre la finitura interna è realizzata in *nouss-nouss* lucidato, un composto di terra e gesso, per creare un intonaco traspirante che diffonde la luce solare indiretta" (figura 7)⁶. La parte che riguarda la **ventilazione** vera e propria è stata affidata allo **studio delle aperture** lungo i prospetti (sezione - figura 6): le facciate est e ovest, che hanno il più alto irraggiamento solare, hanno doppi muri con un'intercapedine per l'isolamento, mentre la facciata sud ha piccole finestre profonde scavate in una grande massa termica, rendendo l'edificio fresco durante il giorno, ma più caldo durante la notte fino al mattino. La facciata a nord, invece, è stata aperta al massimo con finestre vetrate per consentire alla luce solare indiretta di entrare nella stanza. L'aula si affaccia sul piccolo parco giochi appena fuori, dedicato ai bambini più piccoli (3-6 anni), separato dal cortile più grande al servizio del resto degli studenti della scuola. Questo parco giochi è un pergolato con altalene e sedute, che può essere utilizzato come aula esterna per diverse attività come la lettura delle storie.



Figura 7: interno della scuola (Fonte: <https://www.ediliziascolastica.it/asilo-bioclimatico-in-marocco/>)

⁶ citazione in https://www.domusweb.it/it/architettura/2014/11/24/preschool_of_aknaibich.html

La particolarità della la scuola materna di Aknaibich è la sua singolare collocazione **tra tre alberi di argan** esistenti, importanti da conservare nella parte nuova della città perché è priva di verde. Seguendo lo schema a griglia delle aule esistenti, crea un'interessante giustapposizione tra il "nuovo vernacolare" e il "moderno esistente"⁷, che forse servirà da indicazione per le future costruzioni della comunità di Aknaibich.

Scelta:

Questo edificio è stato scelto come **buon esempio** per la risoluzione ottimale delle problematiche legate ai fenomeni di degrado delle murature in blocchi di terra. Difatti, è visibile un'alta fondazione di pietra, che funge anche da **basamento**, e la stesura di uno strato d'**intonaco di terra** (figura 8). Questo è prodotto da una miscela con il gesso, che non sarebbe la soluzione ideale per Marsabit, per via del lungo periodo delle piogge, che provocherebbero l'erosione del gesso. Sicuramente, sarebbe necessario adattare questa strategia con una miscela consona alle esigenze climatiche del progetto "The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County".



Figura 8: Pareti esterne (Fonte: <https://www.archdaily.com/572207/preschool-of-aknaibich-bc-architects-mamoth/5475263de58ece3794000101-30-aknaibicharchitecture-frankstabel-jpg>)

⁷ citazione in https://www.domusweb.it/it/architettura/2014/11/24/preschool_of_aknaibich.html.

3. Casa de la Mujer



Progettisti: Guido Moretti e Marco Monari

Località: Rabouni (Tindouf), Algeria

Committente: non specificata

ONG collaborante: -

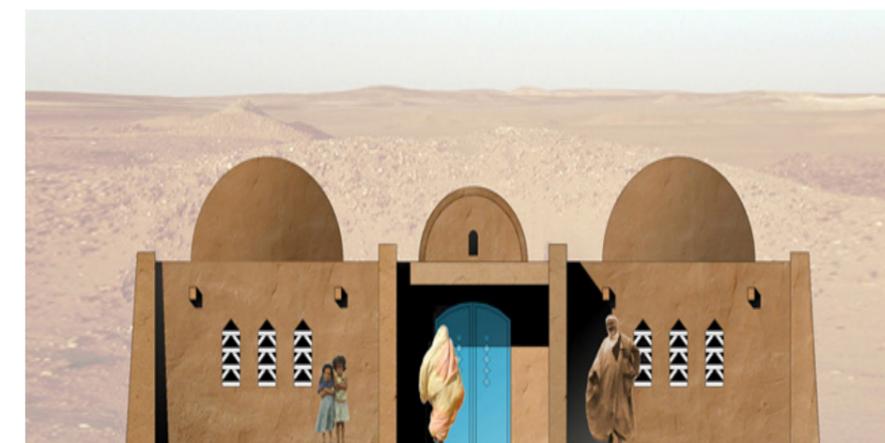
Anno di completamento: 2007

Superficie: 225 m²



Figura 9. Vista angolare della Casa de la Mujer (Fonte: http://www.gmorettistudio.it/test/entry_19.htm#body).

Figura 10. Prospetto d'ingresso della Casa de la Mujer (Fonte: http://www.gmorettistudio.it/test/entry_19.htm#body).



Descrizione:

La Casa de la Mujer consiste in un Centro Polifunzionale realizzato con finalità umanitarie nella zona desertica dell'Algeria, dove vivono i rifugiati Saharawi con gli aiuti della cooperazione internazionale. Il Centro è destinato all'Unione Nazionale delle Donne Saharawi per attività formative, indirizzate all'impiego della strumentazione informatica. Il progettista è riuscito ad unire la tecnologia moderna agli antichi saperi delle popolazioni del deserto, con riferimenti alle costruzioni dell'Algeria meridionale e alle opere di autocostruzione di Hassan Fathy in Egitto.

L'edificio è organizzato su un quadrato con lato di 15 m, attraversato da un corridoio centrale con **volta a botte** che distribuisce quattro ambienti con copertura a cupola. Tra questi spazi principali si aprono due piccoli **cortili** con forature sull'esterno, accessibili dalle camere e dal corridoio.

Per quanto riguarda i materiali, le murature di 40 cm di spessore sono state realizzate in mattoni di **adobe** non stabilizzati, in perfetta linea con la tradizione locale, e caratterizzati da una buona coibentazione termica. Le **finestre** sono dotate di "**claustra**", una sorta di griglia in mattoni a disegno geometrico per la protezione dal sole e dal vento, che permette l'accelerazione dei flussi d'aria entranti. La costruzione sorge su un dolce rilievo come protezione dalle alluvioni causate da improvvise piogge torrenziali che si abbattano su queste zone. La struttura portante si innalza da fondazioni in pietra e cemento, che sostengono contrafforti posizionati agli angoli e nei punti di intersezione con le murature interne. Invece, per la realizzazione delle cupole e della volta in terra cruda, si è preferita una tecnologia che "evoca" in modo rudimentale il cemento armato, cioè centine di sostegno, armatura di tondini e rete e cemento a rinzaffo di cazzuola⁸. Internamente la finitura è ad **intonaco** di terra stesa a mano, mentre sull'esterno si è creato un strato di latte di calce e intonaco di terra, per rendere impermeabile la costruzione.

Ciò che rende davvero la Casa de la Mujer un progetto di particolare interesse è la **modalità di ventilazione**, che la rende relativamente fresca nonostante le temperature esterne elevatissime. Il risultato è frutto delle ricerche sulle tradizioni costruttive del deserto che hanno consentito di mettere in pratica svariate soluzioni di mitigazione passiva della condizione termica interna. La scelta dei materiali, la distribuzione spaziale e le coperture voltate sono elementi che concorrono attivamente alla formazione di flussi d'aria più freschi, richiamati all'interno attraverso le finestre a claustra (figura 11).

⁸ Citazione in http://www.gmorettistudio.it/test/entry_19.htm#body

⁹ Macro griglie in mattoni a disegno geometrico per la protezione dal sole e dal vento, oltre che per accelerazione dei flussi d'aria in entrata.

Scelta:

La casa de la Mujer è stata selezionata perché presenta degli spunti davvero notevoli che riguardano alcune delle sue soluzioni tecnologiche. L'**utilizzo della volta** rende questo edificio davvero unico nell'aspetto della ventilazione perché proprio la morfologia di una copertura voltata consente di avere sempre una parte in ombra, con un conseguente effetto raffrescante, eccetto nel caso in cui il sole è allo zenit. Inoltre, la maggiore altezza di una cupola, raccoglie i moti convettivi dell'aria, quindi l'aria calda sale e nello strato inferiore abitato è presente quella più fresca. Infine,

la superficie di una volta è maggiore rispetto a quella di un tetto piano, quindi i raggi solari hanno un effetto termico minore sull'ambiente e, al contrario, durante la notte il calore in accumulo viene rilasciato lungo una superficie maggiore.

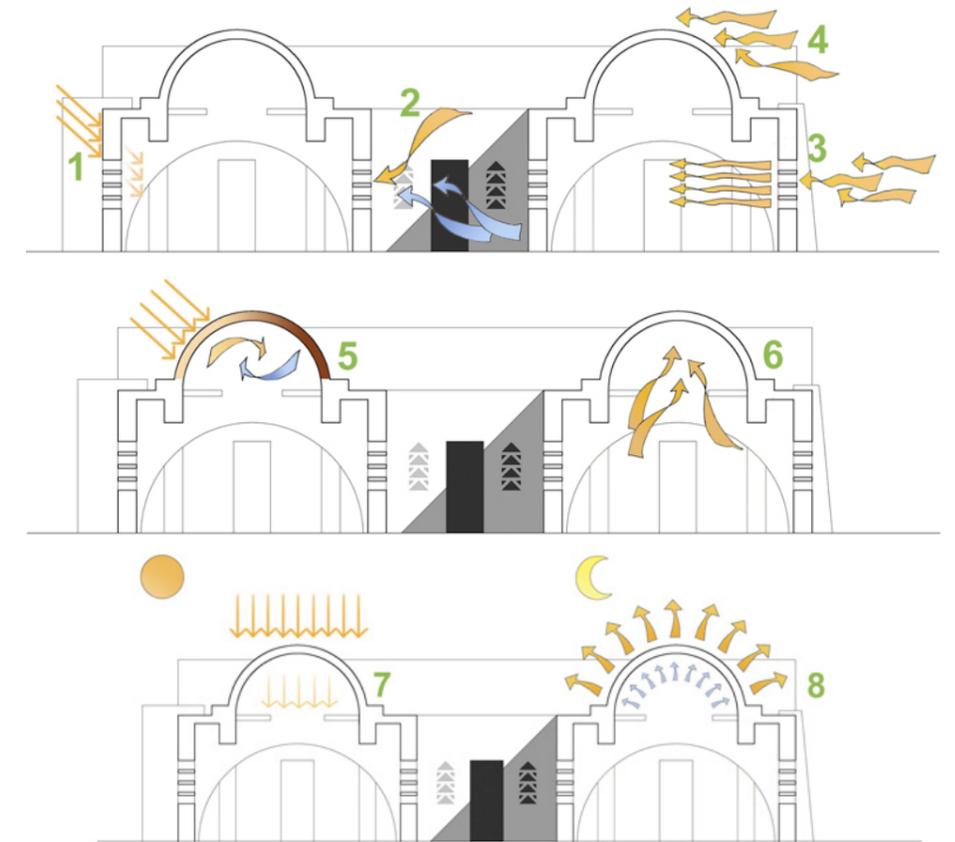


Figura 11: Sezione con ventilazione della Casa de la Mujer (Fonte: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/laterizi-terra-cruda/casa-mujer-saperi-antichi-tecnologia-639>).

4.3.2. Illuminazione notturna

4. Sra Pou Vocational School



Progettisti: Architects Rudanko + Kankkunen

Località: Sra Pou, Cambogia

Committente: comunità locale

ONG collaborante: NGO Ukumbi

Anno di completamento: 2011

Superficie: 220 m²

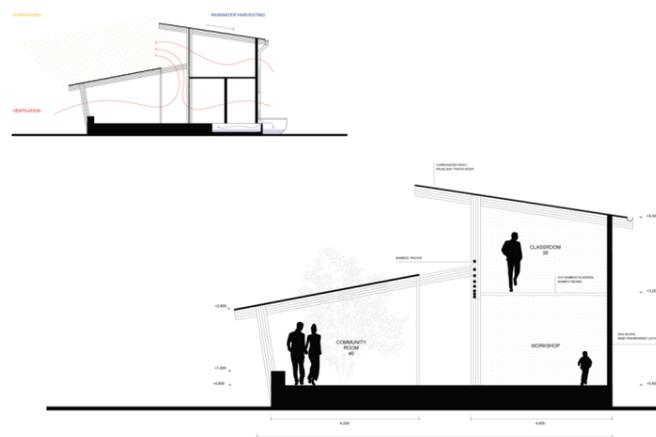


Figura 12: Scuola a Sra Pou (Fonte: <https://www.archdaily.com/130914/sra-pou-vocational-school-architects-rudanko-kankkunen/>).

Figura 13. Sezione scuola elementare di Sra Pou e schema di ventilazione. (Fonte: <https://www.dezeen.com/2011/06/15/sra-pou-vocational-school%C2%A0by-rudanko-kankkunen/>)

Descrizione:

Il centro di formazione professionale nasce con lo scopo di incoraggiare e insegnare alle famiglie povere a guadagnarsi da vivere, attraverso corsi di formazione per creare delle imprese locali. La comunità Sra Pou è una delle più povere della Cambogia e vive in una zona rurale in cui mancano infrastrutture di base, un ambiente sereno e dignitoso e la possibilità di avere una fonte di guadagno sicura. Il progetto è stato avviato da giovani architetti finlandesi Hilla Rudanko e Anssi Kankkunen nel contesto dell'università Aalto e poi decisero di organizzare la vera e propria costruzione della scuola; il loro intervento fu di ispirazione sia alla comunità che ai donatori.

L'edificio scolastico è fatto di **materiali locali** e con forza lavoro della popolazione. L'obiettivo era insegnare alle persone come sfruttare al meglio i materiali che sono facilmente disponibili, in modo che possano applicare le stesse tecniche di costruzione per le loro case in futuro. Poiché i materiali reperibili sono scarsi, è stata utilizzata la terra per realizzare blocchi da costruzione essiccati al sole. L'intera scuola è **realizzata a mano**: nessuna macchina o nessuna parte prefabbricata, impiegando così molte persone appartenenti alla comunità e tecniche costruttive poco complesse. Usando materiali e tecniche locali, i progettisti hanno creato una bellissima composizione architettonica: le pareti della scuola riprendono la calda tonalità rossa della terra circostante e sono stati praticati dei **piccoli fori**, in modo che la luce solare indiretta e il flusso d'aria entrino per rinfrescare gli spazi (sezione - figura 13) e "at night, the school glows like a lantern through these small openings"¹⁰. La parte antistante all'edificio ospita un portico aperto alla comunità, fornendo così un comodo spazio esterno ombreggiato. Una caratteristica che rende unico l'aspetto di questa scuola è rappresentato dalle **colorate porte** artigianali in fibre, che sono visibili anche da lontano e accolgono i visitatori lungo la strada principale (figura 14).

Scelta:

La scuola professionale di Sra Pou è stata inserita per due motivazioni: la prima riguarda l'**economica modalità** e la "semplicità" con cui è stata realizzata e la seconda riguarda il suo aspetto esteriore. La **scelta cromatica** degli elementi degli schermi delle aperture la rende subito accogliente e le grandi porte sembrano quasi un invito ad entrare. Inoltre, nonostante il sito sia sprovvisto di un sistema di illuminazione notturna, la visibilità nell'intorno immediato è assicurata dalla luce artificiale proveniente dall'interno che oltrepassa le aperture della ventilazione e le grandi porte.

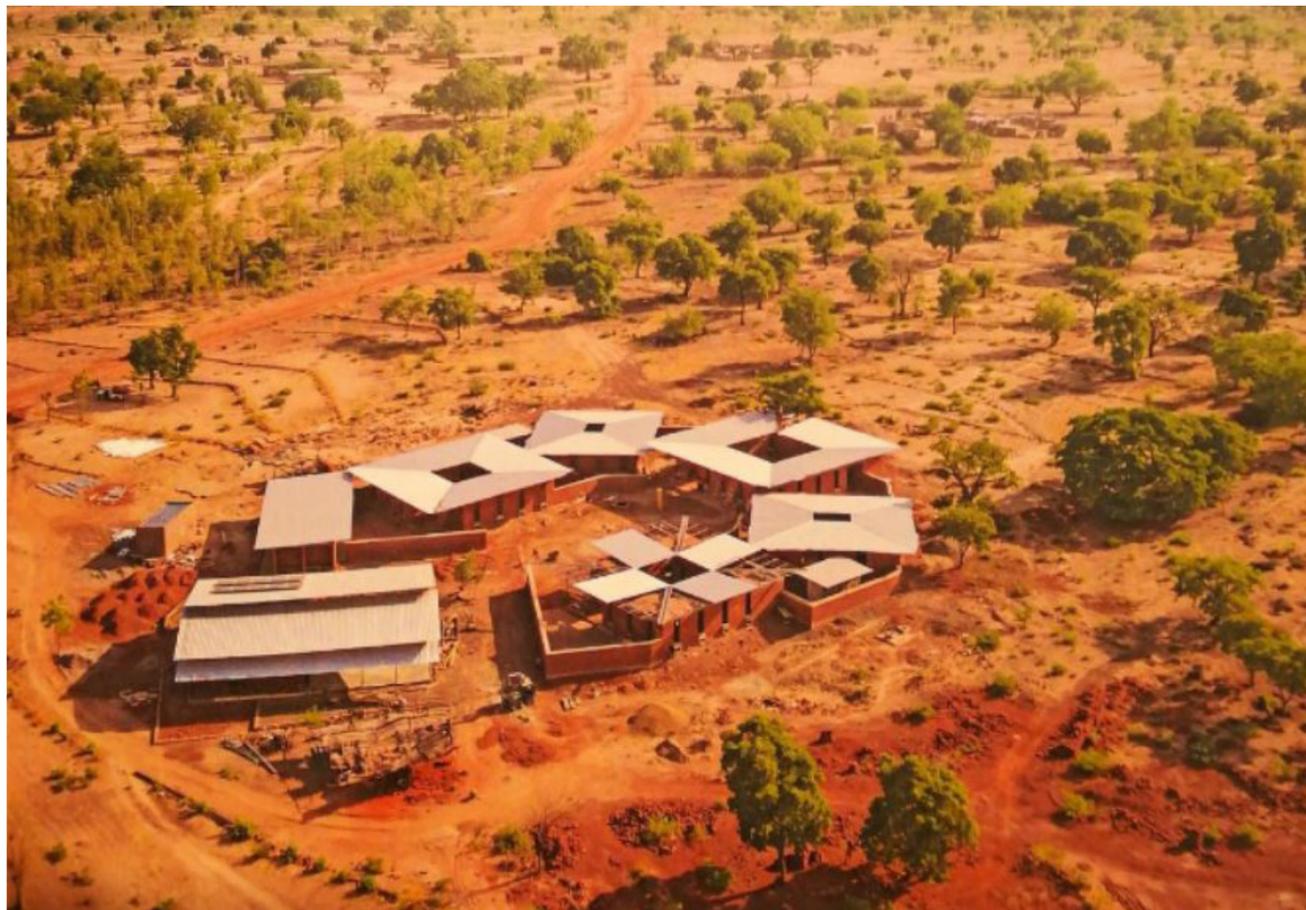
¹⁰ Citazione in "Sra Pou Vocational School / Architects Rudanko + Kankkunen" 27 Apr 2011. ArchDaily. Accessed 27 Jan 2019. <<https://www.archdaily.com/130914/sra-pou-vocational-school-architects-rudanko-kankkunen/>> ISSN 0719-8884.

Figura 14. Porte della scuola (Fonte: <https://www.dezeen.com/2011/06/15/sra-pou-vocational-school%C2%A0by-rudanko-kankkunen/>).



4.3.3. Aperture e controllo della luminosità

5. Orfanotrofio a Noomdo



Progettisti: Francis Kéré

Località: Koudougou, Bukina Faso

Committente: comunità locale

ONG collaborante: Association Le Soleil dans la Main (A.S.D.M.) et M.A.E Luxembourg

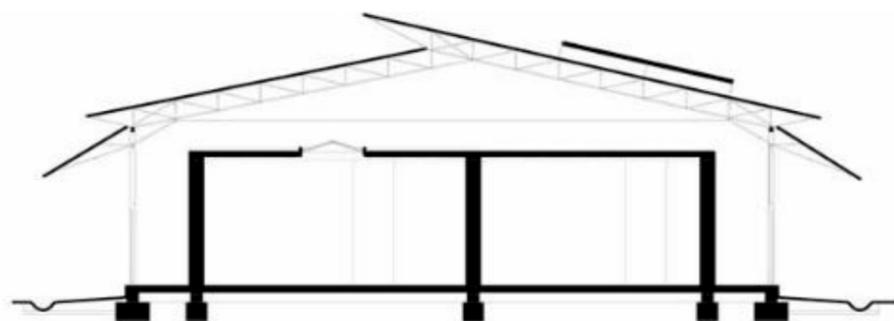
Anno di completamento: 2016

Superficie: 4000 m²



Figura 15. Orfanotrofio a Noomdo. (Fonte: <http://www.kere-architecture.com/projects/noomdo-orphanage/>)

Figura 16. Sezione di uno dei moduli dell'orfanotrofio (Fonte: <http://www.kere-architecture.com/projects/noomdo-orphanage/>).



Descrizione:

Situato nella campagna rurale della provincia di Boulkiemdé in Burkina Faso, l'Orfanotrofio di Noomdo si trova a circa 2 chilometri dalla città di Koudougou. Imitando i vicini complessi residenziali, il progetto è strutturato in modo simile a un piccolo villaggio raggruppato attorno a uno spazio esterno comune. Il complesso è composto da 7 edifici rettangolari posizionati secondo un **layout radiale** attorno ad un cortile, di cui alcuni destinati alla sala da pranzo all'aperto e a uno spazio di laboratorio con servizi di deposito e spogliatoio. L'uso di fabbricati modulari e cortili privati, aiuta a individuare le diverse aree di vita e di lavoro dell'orfanotrofio (figura 7). In questo modo, l'architettura è sensibile alle esigenze e alla *privacy* degli abitanti, pur mantenendo un senso di sicurezza e controllo per il personale. I principali uffici amministrativi sono ospitati nel modulo del cortile principale all'estremità ovest del complesso. Due ali separate si espandono lungo i lati nord e sud, mantenendo una separazione tra gli spazi dei ragazzi e delle ragazze, fornendo allo stesso tempo un'area centrale sicura e monitorata, adatta per socializzare. Le camere dei bambini sono divise per età, con 6-11 anni ospitate in un modulo separato del cortile dagli spazi dedicati ai ragazzi di 12-17 anni. Ogni modulo abitativo è dotato di una propria doccia, permettendo ai bambini di avere un po' di *privacy*. Un muro perimetrale di sicurezza si estende tra sei dei moduli dell'edificio, ritagliando lo spazio esterno protetto, mentre l'ultimo blocco al di fuori è quello dedicato alla sala per la cena.

Gli elementi costruttivi del progetto combinano articoli economici standardizzati con materiali naturali di provenienza locale. Infatti, le pareti esterne dei complessi e le pavimentazioni sono realizzati da un doppio strato di **laterite**, pietra fornita da una cava vicina e tagliata sotto forma di blocchi. Ogni stanza dell'orfanotrofio è coperta da un soffitto a **volta a botte ribassata** realizzata con mattoni di argilla stabilizzata compressa, quindi si tratta di una costruzione molto più leggera della pietra. I grandi tetti di che sovrastano tutti gli edifici, elementi che contraddistinguono l'architettura di Kéré, sono caratterizzati da una forte sporgenza e impatto visivo, essi sono supportati da intelaiature spaziali costituite da barre rinforzate



Figura 17. Scorcio verso uno dei cortili interni (Fonte: <http://www.kere-architecture.com/projects/noomdo-orphanage/>)

⁷ La definizione "doppia busta" è presente nella descrizione rintracciabile sul sito ufficiale di Kéré <http://www.kere-architecture.com/projects/noomdo-orphanage/>.

in acciaio, che a loro volta scaricano su una trave di coronamento in calcestruzzo. Questo sistema di tetto a "doppia busta"⁷ protegge gli edifici dalla pioggia e dalla luce diretta del sole, consentendo agli interni di **respirare passivamente** (figura 17). Un altro elemento innovativo che aiuta la ventilazione e l'ombreggiamento degli interni è un sistema di fenestrazione recentemente sviluppato per l'orfanotrofio. Le aperture sono strette e alte fino alla trave in calcestruzzo ma sono caratterizzate da un nuovo elemento di protezione che permette il controllo della ventilazione e della luce. "The window cases"⁸ (figura 18) consentono l'isolamento totale con le ante mobili di legno sul lato interno e sono coperte con una rete dall'esterno, che funge da zanzariera e favorisce la privacy quando le ante sono aperte. La parte inferiore della finestra è caratterizzata dalla presenza di un blocco di cemento con un **profilo a "S"**, che funge da tunnel per l'ingresso dell'aria all'interno (figura 19). Questi elementi modulari sono stati realizzati in parte da materiali di recupero di un vicino laboratorio situato a pochi chilometri dal cantiere.

Scelta:

Questo progetto è stato preso in considerazione per l'interessante soluzione delle **finestre**, che con materiali di riciclo e a basso costo permette di controllare il flusso di luminosità e ventilazione e, grazie alla rete nella parte esterna, aumenta la *privacy* dell'edificio.

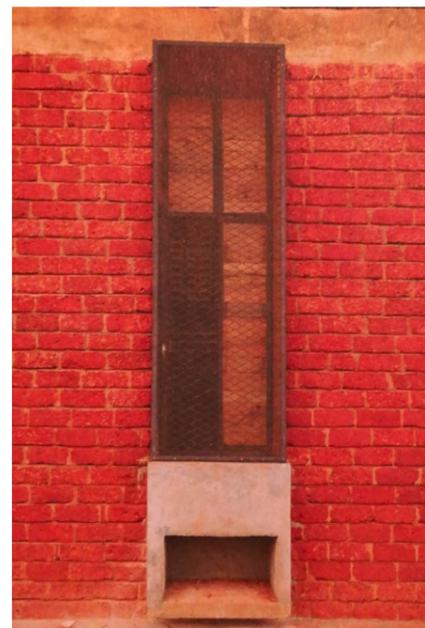


⁸ A. Lepik, A. Beygo (a cura di), Francis Kéré: *radically simple*, Hatje Cantz A.M., Monaco, 2016, p. 106.

Figura 17. Vista verso i tetti a "doppia busta" (Fonte: <http://www.kere-architecture.com/projects/noomdo-orphanage/>)

Figura 18. Scorcio verso le finestre (Fonte: <http://www.kere-architecture.com/projects/noomdo-orphanage/>)

Figura 19. Zoom sulla finestra dell'orfanotrofio a Noomdo. (Fonte: A. Lepik, A. Beygo (a cura di), Francis Kéré: *radically simple*, Hatje Cantz A.M., Monaco, 2016, p. 106.)



6. Liceo Schorge Secondary School



Progettisti: Francis Kéré

Località: Koudougou, Bukina Faso

Committente: Ster Steward Institute di Monaco

ONG collaborante: -

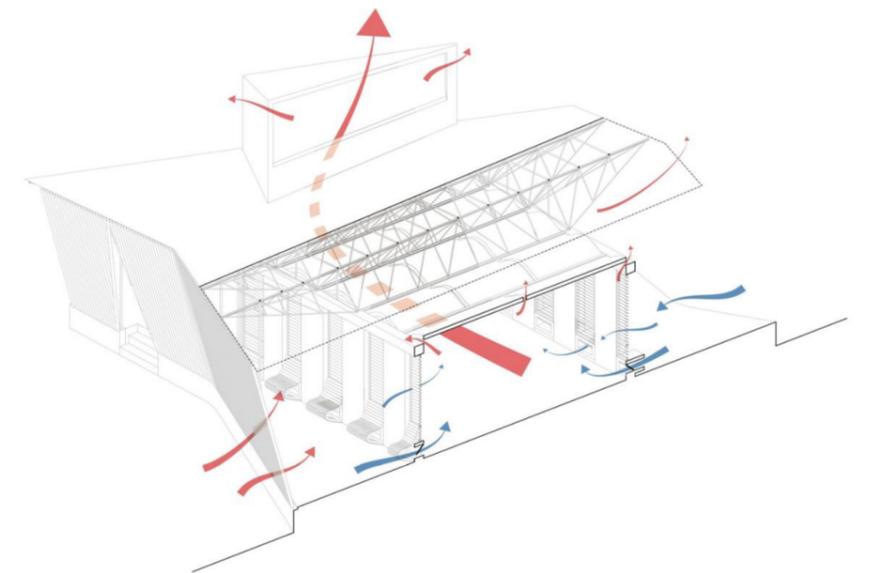
Anno di completamento: 2016

Superficie: 1660 m²



Figura 20. Liceo Schorge. (Fonte: <http://www.kere-architecture.com/projects/lycee-schorge-secondary-school/>).

Figura 21: Diagramma ventilazione (Fonte: <https://www.archdaily.com/885677/lycee-schorge-secondary-school-kere-architecture/5a38659d>)



Descrizione:

In una zona rurale a 100 Km dalla capitale sorge un villaggio disperso tra alberi di mango in cui si nota la presenza di un complesso architettonico organico, dalle forme sinuose, che quasi si mimetizza con l'ambiente circostante; si tratta del liceo Schorge. Non solo stabilisce un nuovo standard per l'eccellenza educativa nella regione, ma fornisce anche un'ulteriore fonte di ispirazione proponendo materiali da costruzione locali in modo nuovo, inserendo elementi innovativi e sofisticati rispetto alla consueta linearità delle costruzioni di Kéré.

La scuola è caratterizzata da una **pianta radiale**, che richiama l'architettura vernacolare e la volontà di creare un piccolo villaggio raccolto, lungo la quale si distribuiscono 9 moduli divisi in due gruppi; uno da tre e uno da sei con al centro un grande spazio pubblico. Questa particolare distribuzione aiuta ad alleviare gli effetti delle tempeste di polveri e, allo stesso tempo, crea uno spazio informale per raduni e celebrazioni scolastiche. I moduli contenenti le aule hanno le stesse dimensioni e sono costruiti in **blocchi di laterite** locale di elevato spessore, che permettono, grazie alla loro inerzia termica di mantenere costante la temperatura interna. Le facciate sono caratterizzate dalla presenza di aperture alte e strette che terminano con la trave di coronamento dell'edificio e, attraverso un particolare meccanismo di schermatura mobile in legno, è possibile controllare il flusso d'aria e di luminosità.

Uno degli elementi più originali di questo progetto è la **"panchina" esterna** posizionata all'estremità inferiore di ogni finestra che può essere di due tipologie, che in entrambe lo schienale è realizzato con una tecnologia simile a quella della schermatura e poi si differenziano per la seduta: nel primo caso (figura 20) lo schienale prosegue e si curva comprendendo il tunnel di accesso dell'aria per la ventilazione e nel secondo caso (figura 22-23) lo schienale di appoggia su un blocco in cemento dal profilo ad "S" che funge da canale per il flusso d'aria. Un altro fattore importante che aiuta naturalmente a ventilare e illuminare gli interni è un enorme **soffitto ondulato**, in cui sono realizzate delle aperture, consentendo allo spazio interno di respirare ed espellere aria calda. Il colore biancastro del soffitto serve a diffondere nello spazio intorno la luce solare indiretta, fornendo un'ottima illuminazione, mantenendo lo spazio di apprendimento interno protetto dal calore solare diretto. Inoltre, queste aule sono avvolte come da un tessuto trasparente costituito da un sistema di **schermi di legno**. Questa "facciata secondaria" è realizzata in **legno di eucalipto** e funge da elemento di ombreggiatura per gli spazi che circondano immediatamente le aule. Gli schermi non solo servono a proteggere le murature di terra dalla corrosione dei venti, ma aiutano anche a creare una serie di spazi di raccolta informali per gli studenti che aspettano per frequentare le loro lezioni. L'intera scuola è sormontata da un grande **tetto di lamiera** che chiude e protegge gli spazi ma, che allo stesso tempo, fornisce la creazione di un doppio livello di ventilazione, tipico delle architetture di Kéré. Introdotta con il progetto del liceo Schorge le **torri del vento** si innalzano dalla copertura per incanalare l'aria verso l'interno (figura 21). Ogni modulo è dotato di questa torre orientata verso la direzione prevalente dei venti. Ancora una volta si tratta di una soluzione tecnologica dell'antichità adattata ad un

Scelta:

manufatto moderno, ma che conserva i caratteri tradizionali del luogo.

Il liceo Schorge è stato analizzato per via delle sue interessanti strategie compositive: la prima è quella delle **schermature mobili di legno a lamelle**, che grazie al loro sistema di regolazione permettono di controllare il flusso di luminosità attraverso diverse angolazioni, evitando l'eccessivo surriscaldamento dell'interno. La seconda riguarda sicuramente la caratterizzante **"doppia facciata"** realizzata con un legno ampiamente diffuso in un clima caldo arido, difatti è molto presente anche a Marsabit.

Il liceo Schorge è stato analizzato per via delle sue interessanti strategie compositive: la prima è quella delle **schermature mobili** di legno a lamelle, che grazie al loro sistema di regolazione permettono di controllare il flusso di luminosità attraverso diverse angolazioni, evitando l'eccessivo surriscaldamento dell'interno. La seconda riguarda sicuramente la caratterizzante **"doppia facciata"** realizzata con un legno ampiamente diffuso in un clima caldo arido, difatti è molto presente anche a Marsabit.



Figura 22-23. Aperture del Liceo Schorge. (Fonte <http://eartharchitecture.org/?cat=2>)

4.3.4. Distribuzione interna strategica

7. Training Centre for Sustainability

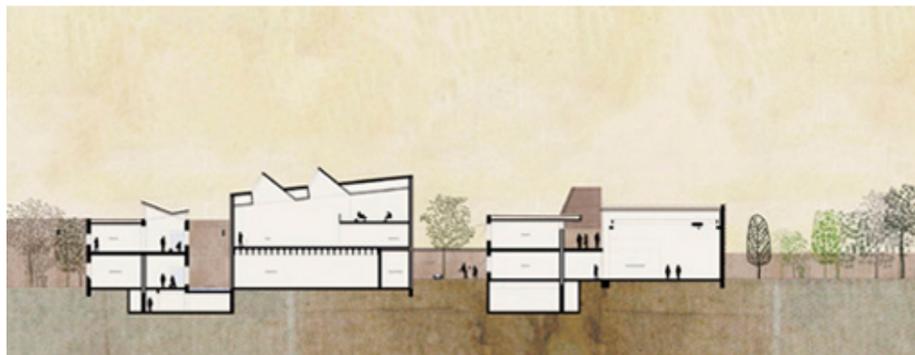


Progettisti: Anna Heringer, Martin Rauch, Elmar Naegele, Ernst Waibel, Salima Najji
Località: Marrakech, Marocco
Committente: comunità locale
ONG collaborante:-
Anno di completamento: in corso
Superficie: 6300 m²



Figura 24: Render del Training Centre for Sustainability (Fonte: <https://constructionclimatechallenge.com/2016/07/27/the-five-target-issues-for-sustainable-construction/>)

Figura 25. Sezione progetto (Fonte: <http://www.anna-heringer.com/index.php?id=66nomo-orphanage/>).



Descrizione:

Lo scopo di questo progetto è la trasformazione di risorse naturali disponibili nell'immediato in modo da trarne il massimo beneficio per la popolazione locale e renderle una bella architettura con una forte identità locale. La destinazione d'uso dell'edificio è quella di centro di insegnamento per l'edilizia sostenibile, la formazione professionale è essenziale per evitare la disoccupazione. Il settore delle costruzioni in Marocco ha tendenza positiva, ma mancano modelli di edilizia sostenibile che siano appropriati all'identità culturale e alle risorse del contesto. In questo progetto è adottato il *know-how* tradizionale integrato con tecnologie moderne, in grado di soddisfare le esigenze in termini di sicurezza (compresi i terremoti) e il comfort richiesto della società attuale.

Il design di questo centro di formazione si ispira a due **archetipi marocchini**: il *ksar* rurale, come il luogo compatto di vita comunitaria, e il medersa urbano, dedicato alla formazione degli studenti. *"A dynamic architectural sculpture that surrenders patios and gardens, that plays with sun and shades, with static massiveness and rhythmic, with rough surfaces and refined shining renderings"*¹³. Tutte le strutture di questo progetto sono formate da terra con una varietà di tecniche: tecniche semplici e replicabili, che sono importanti per un settore edilizio tradizionale. Il Marocco è un paese di grande cultura in architettura e artigianato e il design dell'edificio vuole celebrare questa conoscenza tradizionale al fine di mantenere questo bagaglio culturale che sicuramente aggiunge **valore sociale**. Il *masterplan* mostra un equilibrio tra aree interne ed esterne. L'area è attraversata da un enorme muro di terra che ripara un ampio giardino all'interno. Infine, nell'intorno immediato ci sono spazi esterni per il lavoro pratico e un orto biologico dove gli studenti coltivano verdure. Si può affermare che *"The outcome is a rich architecture of patios and gardens that lyrically counterpoints sun and shade, mass and lightness, roughness and refinement"*¹⁴.

¹³ Citazione in <http://www.anna-heringer.com/index.php?id=66>

¹⁴ Citazione in <https://www.architectural-review.com/today/training-centre-for-sustainability-by-anna-heringer-chwiter-morocco/8618621.article>

L'uso della **terra** come materiale principale è messo in pratica attraverso diverse e tecniche di costruzione: la parete di recinzione attraverso la tecnica del cob realizzata manualmente, elementi prefabbricati di terra battuta, blocchi prefabbricati in paglia e terra come tamponamento per la struttura in calcestruzzo, con intonaco in *tadelakt* per l'auditorium. Strati orizzontali di piastrelle ceramiche prodotte localmente (utilizzate come protezione contro l'erosione dell'acqua) proteggeranno il muro di terra dalla luce solare diretta.

Scelta:

Questo progetto è stato inserito perché mostra come un'opera da realizzare in terra possa essere flessibile nei suoi spazi e riesca a creare atmosfere diverse attraverso un attento studio dei dettagli e della decorazione. In questo caso l'aspetto estetico dell'edificio ha un ruolo chiave a livello sociale, perché rievoca un'abilità artigianale della popolazione che ormai era quasi scomparsa. Inoltre, uno spunto interessante proviene dalla **distribuzione planimetrica** di questo complesso, che, come il progetto di UN-HABITAT predilige la creazione di cortili interni e patii.

4.3.5. Compatibilità con l'autocostruzione

8. Post-Tsunami Housing a Kirinda



Progettisti: Shigeru Ban Architects
 Località: Kirinda, Sri Lanka
 Committente: Philip Bay
 ONG collaborante:-
 Anno di completamento: 2007
 Superficie: -

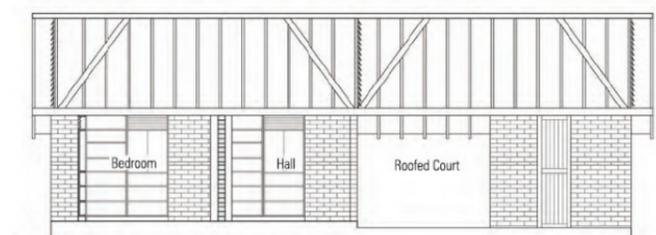


Figura 26: Figura 15. Villaggio di Kirinda. (Fonte: <https://www.archdaily.com/368248/post-tsunami-housing-shigeru-ban-architects>)

Figura 27. Sezione progetto (Fonte: <https://www.a-i-d.org/project.php?id=43>).

Descrizione:

Kirinda è un villaggio di comunità islamica di pescatori, situato nella costa sud-orientale dello Sri Lanka. A causa del terremoto di Sumatra del 26 dicembre 2004, la maggior parte degli edifici del villaggio sono stati spazzati via dallo tsunami, quindi gli abitanti del villaggio furono costretti a vivere in case temporanee prive di qualsiasi servizio. Questo progetto di ricostruzione post-tsunami comprende la realizzazione di 67 unità abitative, una moschea e una piantagione di alberi. L'intenzione di Shigeru Ban era quello di adattare le case al loro clima, utilizzare la manodopera e i materiali locali per portare profitto alla regione e rispondere alle esigenze proprie della popolazione attraverso una consultazione diretta. Ad esempio, cucine e bagni sono inclusi all'interno di ogni casa, come richiesto dagli abitanti del villaggio, ma separati dal vero e proprio nucleo abitativo da una zona di filtro coperta, come previsto dalle norme governative.

Il progetto di ricostruzione ruota attorno a tre criteri base:

Il rispetto della **normativa igienica dell'UDA**¹⁵ che regola l'organizzazione spaziale attorno alla questione dell'acqua (toilette, doccia, cucina) in modo da collocare le camere lontano per evitare problemi come l'odore. Pertanto, è stato installato uno spazio semi-esterno coperto dal tetto tra la stanza e le zone umide, che assolve alla doppia funzione di separazione ed è adatto al clima e allo stile di vita di proprio della zona.

Un altro fattore da considerare sono le **usanze islamiche**, in quanto alcuni degli abitanti di questo villaggio sono persone strettamente musulmane, mentre altri no. Di conseguenza, è stato inserito un elemento per dividere la parte giorno (soggiorno/sala da pranzo) in modo da poter accogliere gli ospiti senza che le donne siano presenti. Questo **elemento di divisione** è realizzato attraverso delle porte mobile che delimitano il salotto e lo spazio esterno, che diventa il luogo formale della casa da dedicare agli ospiti (figura 28).



Figura 28. Zona esterna. (Fonte: <https://www.archdaily.com/368248/post-tsunami-housing-shigeru-ban-architects>).

¹⁵ Sri Lanka Development Authority.

Infine, con lo scopo di accelerare i tempi di costruzione, si sono adottate delle **tecniche locali** per creare opportunità di lavoro nella comunità e ridurre i costi di trasporto adoperando un metodo di prefabbricazione. Pertanto, la terra è stata scelta come materiale sotto forma di blocco realizzato mescolando terreno e cemento e comprimendolo manualmente. Il blocco ha una forma simile a un "lego" in quanto si è optato per quello ad incastro (ISSB) che, a differenza di un mattone semplice, non prevede l'utilizzo di malte per creare coesione tra gli elementi della muratura. Difatti, per posare in opera gli ISSB non è richiesta una manodopera specializzata. Molto simile è il processo di produzione delle **tegole** del tetto in argilla stabilizzata e compressa. Interessante è la soluzione della copertura ventilata, sostenuta da travetti di **legno di recupero**, presenti soprattutto in facciata, nella parte superiore creando una specie di "timpano", in cui si realizza la ventilazione permanente. Questi travetti sono utilizzati anche per creare le schermature delle finestre, costituendo una sorta di frangisole. Per quanto riguarda la porta e le relative schermature, sono state messe in opera delle assi di legno (figura 29).

Scelta:

Il progetto di ricostruzione a Kirinda è stato selezionato come esempio di situazione di reale emergenza abitativa e di capacità di adattamento al materiale reperibile in loco. La strategia più interessante è quella della ventilazione permanente, che sfrutta il legno per filtrare l'aria e crea una **superficie semi-trasparente** che consente un ottimo livello di illuminazione naturale. L'ombreggiamento, che evita il surriscaldamento, è affidato allo sbalzo del tetto, che protegge il legno dagli agenti atmosferici.



Figura 29. Porte e frangisole. (Fonte: <https://www.dezeen.com/2013/05/03/post-tsunami-housing-by-shigeru-ban/>).

9. Scuola comunitaria di savana



Progettisti: Emilio Caravatti

Località: Fansirà Corò Regione di Beledougou, Repubblica di Mali

Committente: Rural Administration di Yelekebougou

ONG collaborante: Africabougou associazione onlus

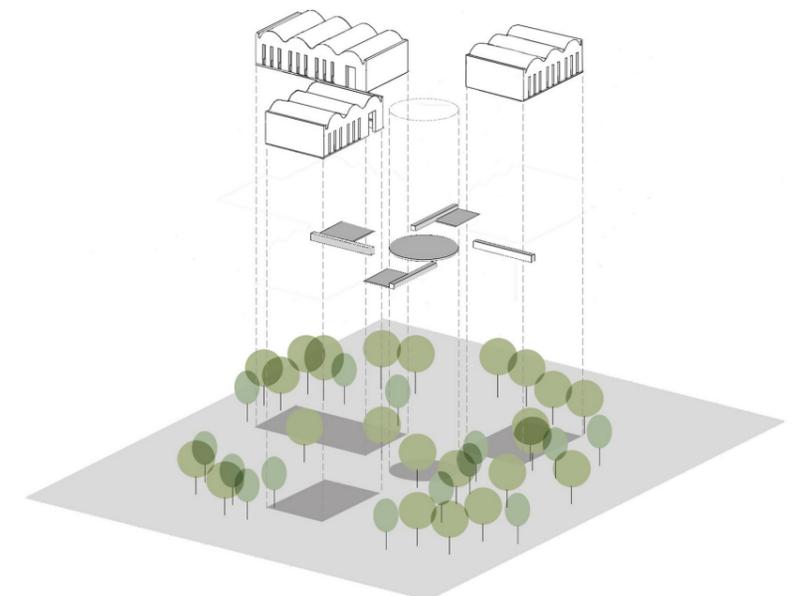
Anno di completamento: 2011

Superficie: 250 m²



Figura 30: Vista dal cortile della scuola di savana (Fonte: <https://www.caravatti.it/progetto/scuola-comunitaria-di-savana/>).

Figura 31: Esploso assonometrico (Fonte: <https://www.caravatti.it/progetto/scuola-comunitaria-di-savana/>).



Descrizione:

La scuola comunitaria del villaggio di Fansirà Corò, sorge in una zona rurale all'interno di un piccolo bosco di Neem, piantato alla metà degli anni Novanta. Il recupero dei **saperi tradizionali** e dell'architettura tipica dell'Africa subsahariana è stata la base del progetto e l'aspetto della scuola lo dimostra grazie al suo cromatismo e dalla presenza di volte nubiane. L'intero villaggio, studenti della scuola compresi, ha partecipato con quotidiano appoggio alla costruzione, garantendo l'assistenza e la presenza di giovani apprendisti che hanno cominciato ad imparare i primi rudimenti della tecnica costruttiva divenendo a loro volta muratori.

L'edificio si articola nei tre volumi delle aule, disposte attorno ad uno spazio centrale e si inseriscono nel verde del bosco, stabilendo nuovi spazi aperti ad uso delle classi, dove piccole panche e tappeti di pavimentazione in pietra sottolineano i "luoghi dello stare"¹⁶. La **disposizione radiale** della pavimentazione centrale, suggerisce gerarchie e allineamenti all'intero progetto. In questo spazio le aule in terra cruda, costruite con blocchi di terra compressa (24x18x10 cm) si guardano di scorcio attraverso oblò di terracotta. La vera particolarità è che queste aperture circolari sono state realizzate utilizzando i grandi **vasi di argilla**, che tradizionalmente vengono usati dalle donne per portare l'acqua al villaggio (figura 32). Le coperture sono delle volte nubiane, realizzate attraverso dei mattoni in terra compressa più piccoli rispetto a quelli della muratura, difatti hanno le seguenti dimensioni: 24x12x10 cm. L'intera scuola è stata ricoperta da uno **strato di intonaco**, in modo da fornire un'ulteriore protezione alle murature in terra, riprendendo anche il tipico colore rosso delle terreno del luogo.

Scelta:

La scuola comunitaria del villaggio di Fansirà Corò è stata scelta grazie ad alcune soluzioni progettuali di particolare spicco: la prima è senz'altro l'uso dei vasi in argilla per creare gli **oblò** al di sotto delle volte, che dimostra la capacità di un progetto facilmente adattabile alle risorse reperibili. La seconda riguarda il suo strato di **intonaco protettivo**, strategia che verrà proposta anche nel progetto abitativo di Marsabit, per salvaguardare le murature di terra dalle patologie di degrado.

¹⁶ Citazione in <https://www.caravatti.it/progetto/scuola-comunitaria-di-savana/>

Figura 18: Dettaglio dell'apertura circolare realizzata con un vaso in argilla (Fonte: <https://www.caravatti.it/progetto/scuola-comunitaria-di-savana/>).

**10. Sette case a Santa Rita**

Progettisti: Mattone su Mattone

Località: Santa Rita, Brasile

Committente: Casa dos Sonhos

ONG collaborante: -

Anno di completamento: in corso

Superficie: non specificata



Figura 33: Fondazioni delle abitazioni (Fonte: http://www.mattonesumatone.eu/Index/Progetto.asp?Id_At=fwtbn8wmm51122977762)

Figura 34: Muratura e intersezione (Fonte: http://www.mattonesumatone.eu/Index/Progetto.asp?Id_At=fwtbn8wmm51122977762)



Descrizione:

Il progetto per la costruzione dell' insediamento abitativo a Santa Rita nasce come un tentativo di risoluzione di una situazione residenziale degradante nella favela Boa Vista, situata ai margini della città. Una Onlus di Milano ha acquistato, per conto della *Casa dos Sonhos*¹⁷ un appezzamento di terreno per realizzare un complesso di sette case da destinare ai più bisognosi. L'Associazione torinese "Mattone su Mattone" è intervenuta collaborando alla redazione del progetto, poiché l'intervento prevedeva l'utilizzo del "blocco Mattone".

Si tratta di processo di autocostruzione che prevede l'utilizzo di terra come materiale principale sotto forma di blocco compresso a incastro. Le Sette Case si innalzano da una **fondazione in calcestruzzo** sulla quale si appoggia un alto cordolo che protegge i BTC dall'umidità di risalita e dalla pioggia. La struttura portante degli edifici è costituita dalla muratura di terra, gli stessi blocchi sono utilizzati anche per le pareti di separazione interne, di cui è visibile l'intersezione con quelle esterne attraverso la formazione di un "**contrafforte**" che sporge verso l'esterno (figura 20).

Purtroppo i lavori di costruzione stati interrotti per via di un disguido, dovuto ad una non rispondenza della planimetria catastale all'appezzamento di terreno acquistato. Dunque, per il momento, non sono presenti altre informazioni che riguardano gli altri elementi tecnici del dell'intervento.

¹⁷ Si tratta di un'impresa di costruzione portoghese che si impegna anche in ambito sociale, promuovendo interventi di emergenza abitativa in paesi emergenti.

Scelta:

Nonostante, la mancanza di informazioni esaustive sull'intero progetto, si è deciso ugualmente di inserirlo tra i casi studio per la sua soluzione riguardante la struttura portante. Realizzare una **muratura autoportante** con gli stessi blocchi di terra è una strategia ottimale ed economica per risolvere una struttura di un'abitazione con un solo piano fuori terra, quindi non soggetta a carichi elevati. Il prolungamento della muratura nell'incrocio delle pareti, che costituisce una sorta di contrafforte, comporta il miglioramento della rigidità del sistema.

4.3.6. Scelta della composizione di copertura**11. Libreria a Muyinga**

Progettisti: BC architects & studios

Località: Muyinga, Burundi

Committente: comunità locale

ONG collaborante: EDUCANS, Belgio

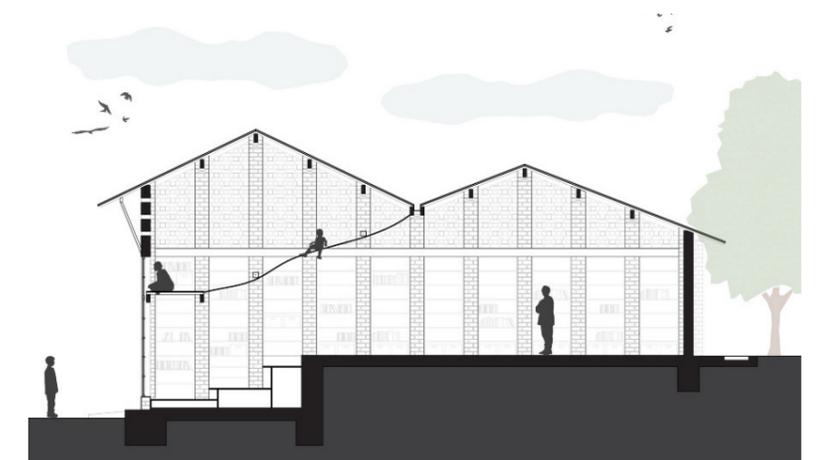
Anno di completamento: 2012

Superficie: 140 m²



Figura 35. Libreria a Muyinga (Fonte: <https://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects>)

Figura 36. Sezione della libreria a Muyinga (Fonte: <http://www.archidatum.com/gallery?id=6476&node=6469>)



Descrizione:

La libreria di Muyinga è uno degli esempi di edificio che combina materiali locali e a basso costo con un moderno approccio alla progettazione, in altre parole *"It's an architecture of low resources"*, come afferma Laurens Bekemans, uno dei progettisti di BC architects & studies⁵. Uno studio approfondito delle **pratiche architettoniche vernacolari** in Burundi è stato alla base del progetto, in modo da approfondire i materiali locali, le tecniche e le tipologie di edifici, che sono reinterpretati e inquadrati nell'ambito delle tradizioni locali di Muyinga. La biblioteca è organizzata lungo uno spazio di circolazione coperto longitudinale. Questo **"portico del corridoio"** è uno spazio che spesso si incontra all'interno del tradizione vita accade principalmente in questo spazio; incontri, riposo, conversazione, attesa - è uno spazio veramente sociale⁶. Questo portico è volutamente sovradimensionato per diventare l'estensione della biblioteca. Le porte trasparenti tra le colonne creano l'interazione tra spazio interno e portico, che completamente aperte, rendono la biblioteca aperta verso l'adiacente piazza con splendida vista sulle *"milles collines"* del Burundi (1000 colline).

La forma generale della biblioteca è il risultato di una logica strutturale, derivata da una parte dalla scelta dei materiali (muratura di blocchi di terra compressi e tegole di cotto). Le tegole prodotte localmente sono state preferite alle lastre di lamiera grecata importate e presentano migliori qualità termiche. Questo ha ispirato il sistema strutturale di colonne ravvicinate a intervalli di 1 m e 30 cm, che fungono anche da contrafforti per le alte pareti della biblioteca. Il tetto ha una pendenza del 35% con una sporgenza per proteggere i blocchi di terra compressa e contribuisce all'immagine d'impatto dell'edificio. Le considerazioni climatiche hanno ispirato il volume e la facciata: un interno alto con una **continua ventilazione incrociata** che aiuta a espellere l'aria calda. Quindi, la facciata è perforata secondo il ritmo della muratura dei blocchi compressi, dando alla biblioteca la sua vista luminosa di sera. La doppia altezza della camera sul lato della strada ha dato la possibilità di creare uno spazio speciale per i bambini, che consiste in un angolo di legno al piano terra sormontato da un'enorme **amaca**



Figura 37. Amaca (Fonte: <https://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects>)

⁵ Anonimo, *Library of Muyinga Muyinga, Burundi* BC architects & studies, in "Architectural Record", Vol. 203, Marzo 2015, pp. 63-66.

⁶ "Library of Muyinga / BC Architects" 16 Jan 2014. ArchDaily. Accessed 14 Jan 2019. <<https://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects/>> ISSN 0719-8884.

Scelta:

di corda di sisal come soppalco, in cui i bambini possono "sognare" con i libri che stanno leggendo (figura 37).

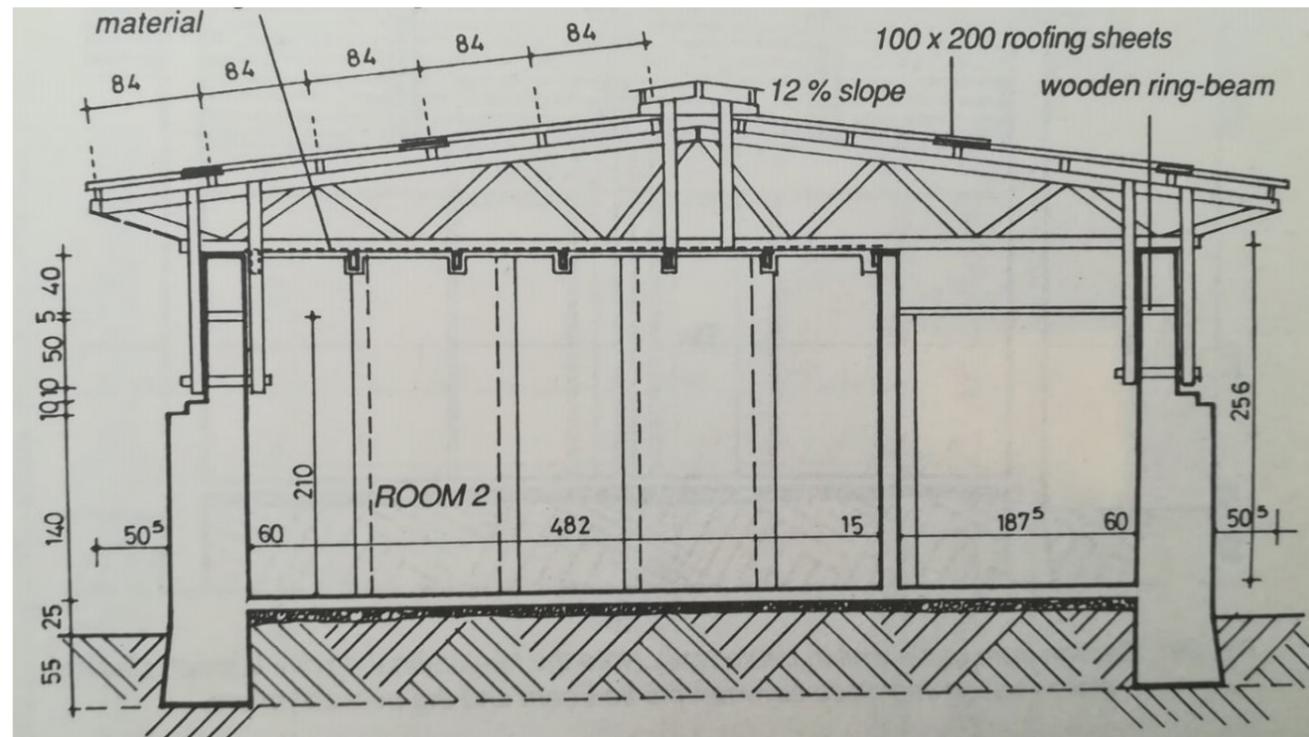
Per la costruzione della libreria sono state adoperate esclusivamente **risorse locali**, difatti il materiale maggiormente utilizzato è la terra, sotto forma di blocchi compressi di 29x14x9 cm, per i tamponamenti esterni. Una struttura di scheletro in cemento leggero si trova all'interno delle colonne in BTC, in modo che entrambi i materiali (terra e calcestruzzo) siano separati. Le colonne vuote CEB sono state utilizzate come cassaforma a perdere per le opere in calcestruzzo. Le travi portanti che sostengono il tetto sono fatte di **legno di eucalipto**, che viene raccolto in modo sostenibile a Muramba. Le tegole del tetto e del pavimento sono realizzate in un laboratorio locale nei dintorni di Muyinga e sono fatte di **argilla cotta**. Dopo la cottura il loro colore diventa nella stessa gamma di quello dei mattoni. Nel progetto inoltre sono state utilizzate le **fibre di canapa** per la realizzazione dell'amaca del bambù per alcuni elementi all'interno, tutto proveniente da fonti locali.

Questo progetto è stato selezionato perché presenta un'interessante **soluzione per le coperture**, in particolar modo per l'utilizzo del legno di eucalipto, presente anche nella contea di Marsabit, e per l'importante oggetto che funge da protezione ai blocchi di terra e produce ombra. Un'altra notevole caratteristica è la luminosità degli ambienti prodotta dal gioco di vuoti creati nelle murature intervallando i BTC con la doppia funzione di favorire la ventilazione (figura 38).



Figura 38. Zoom sul gioco di "pieni e vuoti" (Fonte: <https://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects>)

12. Centro sociale a Ouro-Sogui



stabilità dell'edificio. Le **coperture ventilate a doppia falda** si impostano su una trave di coronamento in legno rosso locale di 27 cm e sono realizzate con travetti di legno e in lamiera galvanizzata da 23 mm che sporge di circa 50 cm dalla muratura; lo spazio sottostante è protetto da un falso tetto in materiale organico, ovvero da canne e rami di Palmyra intrecciati.

Il centro sociale di Ouro-Sogui è stato scelto per l'interessante soluzione tecnologica della **copertura a doppia falda ventilata**, che si presenta molto più performante rispetto a quella a falda unica. La sezione riportata in seguito (figura 39) mostra la strategia costruttiva, che prevede una trave reticolare, necessaria per grandi luci, in travetti di legno e sottolinea la possibilità di creare dei flussi d'aria di maggiore entità, grazie alle aperture laterali e a quella sul colmo.

Figura 39: Sezione trasversale del Centro Sociale a Ouro-Sogui. (Fonte: H. Guillaud, T. Joffroy, P. Odul, CRATerre-EAG, *Compressed Earth Blocks, Manual of design and construction*, Vol. II, GTZ, Eschborn, 1995, p. 76).

Progettisti: -

Località: Ouro-Sogui, Senegal

Committente: Associazione di Sviluppo di Ouro-Sogui (ADOS)

ONG collaborante: CRATerre-EAG

Anno di completamento: 1988

Superficie: 280 m²



Descrizione:

Il Centro Sociale a Ouro-Sogui, villaggio situato al Nord-Est del paese al confine con la Mauritania, nasce per volere dell'associazione di sviluppo locale per creare un luogo di incontro e socializzazione per la popolazione. L'approccio di questo progetto mostra la capacità di sfruttare tecniche antiche e moderne in grado di rispettare un esiguo budget ma di soddisfare le esigenze specifiche dell'utenza locale.

Il centro sociale è costituito da quattro blocchi di diverse dimensioni: i due più grandi sono destinati ad accogliere le attività e i workshop, un blocco è dedicato alla sala per le conferenze e l'ultimo è lo spazio per gli ospiti. Quest'ultimo spazio è connesso ai due blocchi principali di una grande veranda, che crea uno spazio di supporto ma soprattutto protegge le mura in blocchi di terra stabilizzata (29,5x14x9 cm) dalla radiazione diretta. I **BTC** vengono usati anche per la struttura portante, realizzata dalla muratura continua e dall'inserimento di **contrafforti** per aumentare la

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA:**Libri e manuali:**

- A. Agevi; Jerusha Ngungui, *Manual on Sustainable Building for Hot and Arid areas. Marsabit country*, in "Sustainable building design for tropical climates. Principles and Applications for Eastern Africa". Nairobi, UN-Habitat, 2017.
- A. Giorgi, *Guida pratica alle costruzioni in terra cruda*, Aracne, Roma, 2014.
- A. Lepik, A. Beygo (a cura di), *Francis Kéré: radically simple*, Hatje Cantz A.M., Monaco, 2016.
- G. Ceragioni, Nuccia Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell'architettura*, CLUT, Torino, 1989.
- H. Guillaud, T. Joffroy, P. Odul, CRATerre-EAG, *Compressed Earth Blocks, Manual of design and construction*, Vol. II, GTZ, Eschborn, 1995.

Tesi:

- A. Castoldi, *Romamwe primary school: progetto per un'aula polifunzionale a Ndaragwa, Kenia*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2014-2015.
- Gabriele Solitro, *La terra cruda per l'autocostruzione con tecnologie "appropriate e appropriabili": interventi nei Paesi emergenti: alcuni casi studi*, Tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2012/2013.

Articoli:

- Anonimo, *Library of Muyinga Muyinga, Burundi BC architects & studies*, in "Architectural Record", Vol. 203, Marzo 2015, pp. 63-66.

Documenti:

- . Marsabit, Settembre 2016.

Sitografia:

- <http://www.anna-heringer.com/index.php?id=66>, consultato il 25/01/2019
- <https://www.archdaily.com/>, consultato il 14/01/2019
- <http://architects.bc-as.org/Library-of-Muyinga>, consultato il 14/01/2019
- <https://www.architectural-review.com/today/training-centre-for-sustainability-by-anna-heringer-chwiter-morocco/8618621.article>, consultato il 25/01/2019
- <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/laterizi-terra-cruda/casa-mujer-saperi-antichi-tecnologia-639>, consultato il 14/01/2019
- <https://www.caravatti.it/progetto/scuola-comunitaria-di-savana/>, consultato il 26/01/2019

- https://www.domusweb.it/it/architettura/2014/11/24/preschool_of_aknaibich.html, consultato il 23/01/2019
- <http://eartharchitecture.org/?cat=2>, consultato il 25/01/2019
- http://www.gmorettistudio.it/test/entry_19.htm#body, consultato il 23/01/2019
- <http://www.kere-architecture.com/projects/>, consultato il 13/01/2019
- http://www.mattonesumattonne.eu/Index/Progetto.asp?Id_At=fwtbn8wwm51122977762, il 18/01/2019
- www.tecnologica.altervista.org/php5/index.php?title=Qualit%C3%A0_edilizia, consultato il 25/01/2019

Normativa

- UNI 10838:1999. Edilizia. Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia.

CAPITOLO 5:

LA FORMULAZIONE DELLE ALTERNATIVE

“L’organizzazione del self-help appare invece come una forma di riappropriazione degli spazi urbani, da parte delle masse di abitanti di nuova urbanizzazione” .

Alberto Arecchi, *La casa Africana*, Clesav Città Studi, Milano, 1991, p.199.

5. Strategie di intervento

I casi studio esaminati nel capitolo precedente rappresentano un ottimo punto di partenza per la formulazione delle **nuove proposte**, in quanto fungono da esempio di risoluzioni esistenti di problematiche riscontrate nel progetto *"The Proposed Climate Resilient Low cost low Carbon Housing Project in Marsabit County"*. Nell'avanzare le alternative, si è tenuto conto della disponibilità dei materiali e delle risorse rintracciabili a Marsabit o nelle strette vicinanze, della semplicità del processo di costruzione (trattandosi di un'autocostruzione) e della possibilità economica di UN-HABITAT.

5.1. Protezione (dai fenomeni di degrado) e affidabilità degli elementi costruttivi

In questo paragrafo si propone di migliorare le strategie per la **protezione contro i degradi** dell'edificio, con il conseguente aumento dell'affidabilità degli interventi costruttivi, non ancora presi in considerazione dai progetti di UN-HABITAT, in quanto stanno ancora valutando se ricoprire l'edificio per intero (non solo i pilastri in c.a.) con uno strato di intonaco o se aumentare la percentuale di cemento per la stabilizzazione dei BTC. Effettivamente, l'incremento della quantità di cemento nei blocchi di terra li renderebbe sia più performanti a livello di resistenza meccanica e anche più resistenti contro gli agenti di degrado, ma questo comporterebbe un sostanziale aumento dei costi e, in ogni caso, le pareti esterne rimarrebbero prive di una vera e propria protezione.

Per capire che tipo di intervento proporre è necessaria una piccola digressione sulle principali patologie di degrado che possono verificarsi su un edificio realizzato in terra cruda.

Fenomeno di erosione: l'acqua è il principale nemico della terra, a contatto con essa le particelle di argilla si gonfiano, facendo aumentare la plasticità del materiale e, una volta superato il limite di liquidità, iniziano a **perdere progressivamente coesione**, fino a disperdersi in una sorta di soluzione acquosa. Ciò rende l'argilla umida e impermeabile all'acqua, dunque la pioggia che si abbatte sulla superficie inizia a trasportare via del materiale e si formano dei canali nel blocco che man mano si erodono.

Risalita capillare: la presenza di umidità **diminuisce la resistenza a compressione e a trazione** della terra, di conseguenza le pareti se impregnate d'acqua tendono al collasso quindi "è ormai consolidata la regola vernacolare che, per poter durare nel tempo, una costruzione in terra deve avere dei buoni stivali ed un buon cappello. Uno zoccolo buono su cui poggiare la muratura, preferibilmente in cotto o in pietra, isola dall'umidità ascendente, mentre un tetto sporgente protegge dagli agenti meteorici e allo stesso tempo garantisce l'allontanamento dagli stessi dalle pareti perimetrali, limitando in tal modo l'azione erosiva."¹ La conseguenza a questi fenomeni due fenomeni è la possibilità di collasso delle strutture, in seguito alla perdita di coesione dei componenti della terra.

Abrasioni: l'azione del vento è la maggior responsabile di questo tipo di degrado, soprattutto se carico di polveri e sabbia. Il vento fa **aumentare** la velocità di **evaporazione dell'acqua** contenuta dall'umidità nelle murature

¹ M. Bertagnin, *Architetture in terra in Italia, tipologie, tecnologie e culture costruttive*, Edicom, Monfalcone, 1999, p. 275.

e prova la creazione di alveoli e la conseguente perdita di materiale. Per fronteggiare le patologie di degrado legate all'erosione della superficie, la soluzione migliore è quella di applicare uno strato di **intonaco di terra** che possiede i seguenti benefici:

- Svolge un ruolo di protezione dalle piogge, dal vento e dall'umidità
- Funge da "superficie di sacrificio" e può essere ripristinata quando è necessario
- È permeabile al vapore acqueo
- Serve da strato di finitura

L'intonaco, dunque, svolge il ruolo di **superficie di sacrificio**, difatti ha bisogno di una manodopera periodica ma sicuramente meno impegnativa e costosa rispetto a quella che interesserebbe la sostituzione di alcune porzioni di muratura.

Per costruzioni in terra cruda, sarebbe ottimale l'utilizzo di un intonaco a base di calce in quanto è quello con maggiore resistenza all'erosione anche se, nel caso di Marsabit, anche se il suolo presenta una bassa percentuale di sabbia², sarebbe un'alternativa valida ed economica anche un intonaco realizzato con la stessa terra. Questo tipo di intonaco è meno resistente rispetto a quello che prevede una miscela con prevalenza di calce, perché necessita di un rifacimento annuo. La terra viene setacciata e mescolata a secco con sabbia (che serve da aggregato e per smagrire la terra) e calce, poi viene aggiunta dell'acqua, fino a raggiungere una certa plasticità; all'impasto poi messo in opera realizzando in genere tre strati con uno spessore variabile, per un totale di circa 3 cm. Tra la realizzazione di uno strato e l'altro è necessario aspettare circa 24 ore per permetterne l'asciugatura.

Nella foto al di sotto (figura 1) vi è come esempio rappresentativo dei casi studio, la *Casa de la Mujer*, realizzata con blocchi di terra cruda e ricoperto da intonaco realizzato con la stessa terra.



Figura 1. Intonaco Casa della Mujer. (Fonte: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/laterizi-terra-cruda/casa-mujer-saperi-antichi-tecnologia-639>)

² Informazione data da Zeltia González Blanco. I suoli con scarsa percentuale di componenti sabbiosi non sono consigliati per la produzione di intonaco.

Per quanto riguarda la patologia della risalita capillare, una possibile strategia da adottare è quella di realizzare un **basamento** che sopraelevi la muratura. I basamenti possono essere di vari materiali e dimensioni: possono essere costituiti semplicemente da corsi realizzati a filo del paramento murario o possono essere più o meno sporgenti. Quando si sceglie di non costruirli, si ricopre la parte inferiore dell'edificio, più sensibile all'acqua, con uno strato malta, ma non è la soluzione che comporta migliore resistenza alle patologie di degrado. I materiali più diffusi sono: la laterite, la pietra e il cemento.

Nel caso specifico del progetto "*The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County*", la parte più critica delle murature può essere protetta dalla realizzazione di un basamento più o meno sporgente che presenti d'altezza di almeno 23 cm, pari ad un corso ISSB. Questo basamento si appoggerebbe direttamente al cordolo di fondazione fino ad elevarsi fuori terra di almeno **30 cm** per un totale di 40 cm, in modo da assicurare la protezione contro gli schizzi e lo stagnamento dell'acqua piovana in accumulo. Una proposta con un valore aggiuntivo potrebbe essere quella di creare un basamento molto largo che assuma le sembianze di una sorta di marciapiede, di circa 90 cm, in cui è possibile socializzare; questo elemento "pubblico" è molto presente nelle opere di Kerè (figura 2).



Figura 2. Basamento in laterite della scuola elementare di Gando. (Fonte: <http://www.kere-architecture.com/projects/primary-school-gando/>)

Infine, per la patologia di abrasione causata dai venti, si riduce il rischio di incorrere a questo tipo di degrado utilizzando un intonaco, così come per l'erosione. Chiaramente, affinché l'azione protettiva sia efficace e duratura, l'intonaco deve essere realizzato rispettando le percentuali ottimali dei componenti e deve essere messo in opera correttamente.

In merito a quanto detto fin ora, in seguito è inserito il nuovo dettaglio della parte basamentale della muratura esterna, in cui è visibile la proposta del basamento protettivo e dello strato di intonaco di terra (figura 3,4,5,6). Inoltre, le prime due figure si differenziano dalle altre per la tipologia di basamento: nelle prime vi è una proposta con basamento semplice lievemente sporgente rispetto alla muratura, nella seconda vi è un basamento

molto sporgente (90 cm), che assume l'aspetto di una "panca continua" attorno all'edificio.

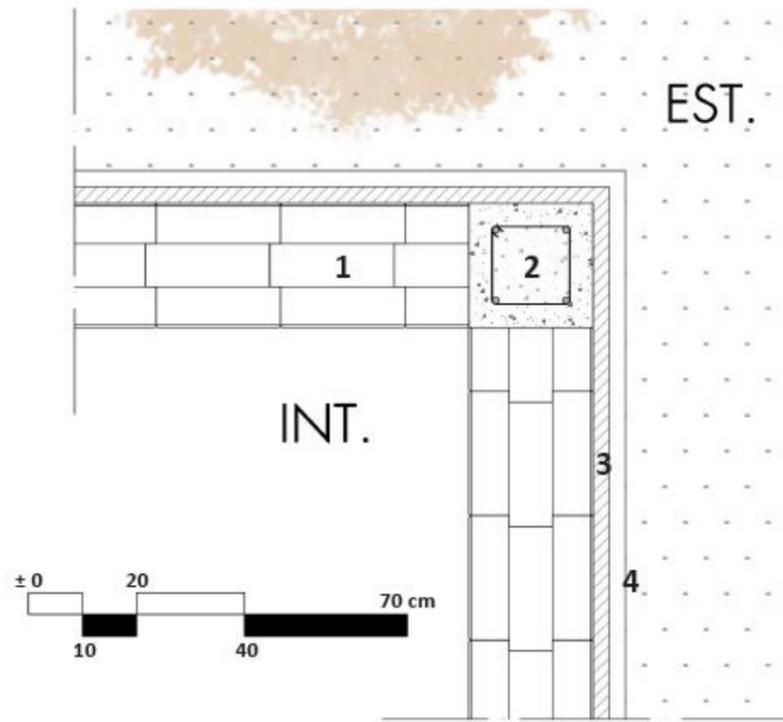


Figura 3. Pianta del primo corso (Elaborazione propria).

Legenda:

1. Blocchi in terra stabilizzata (ISSB)
2. Pilastro in cls
3. Strato di intonaco in terra (3 cm)
4. Basamento in cls (altezza 30 cm)

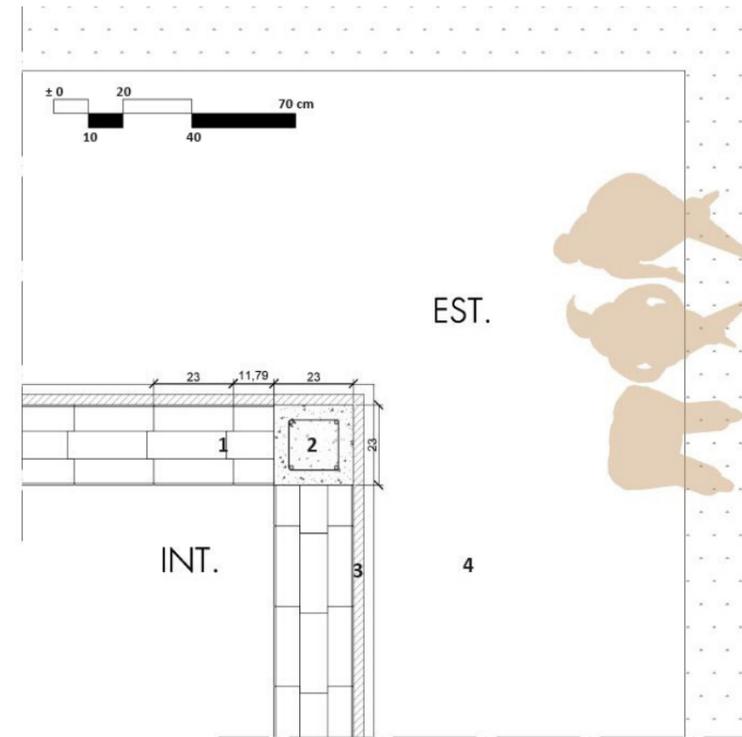


Figura 5. Pianta del primo corso con basamento a "panca" (Elaborazione propria).

Legenda:

1. Blocchi in terra stabilizzata (ISSB)
2. Pilastro in cls
3. Strato di intonaco in terra (3 cm)
4. Basamento in cls (altezza 30 cm)

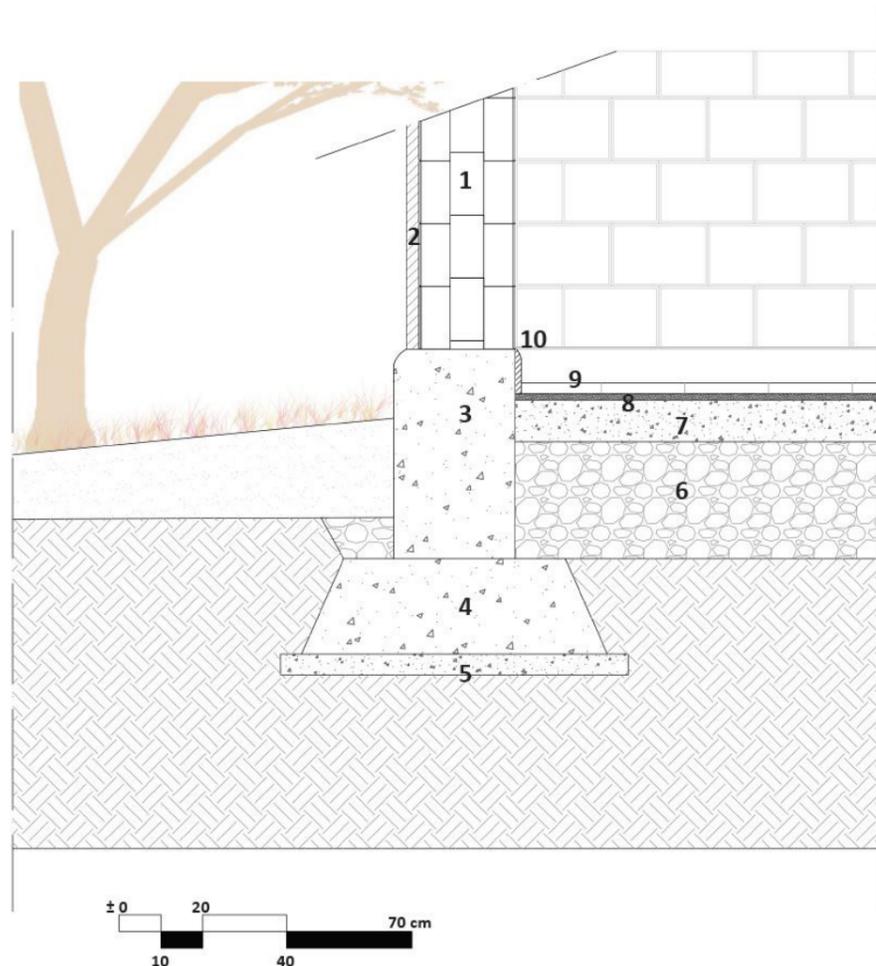


Figura 4. Sezione della fondazione con basamento e pavimento in terra stabilizzata. (Elaborazione propria).

Legenda:

1. Blocchi in terra stabilizzata (ISSB)
2. Intonaco in terra e calce (3 cm)
3. Basamento in cls (altezza totale 50 cm)
4. Plinto di fondazione (cls e terra)
5. Magrone (5 cm)
6. Strato di riempimento in ghiaia e pietrame
7. Strato di livellamento
8. Strato resistente
9. Piastrelle in argilla stabilizzata
10. Intonaco interno

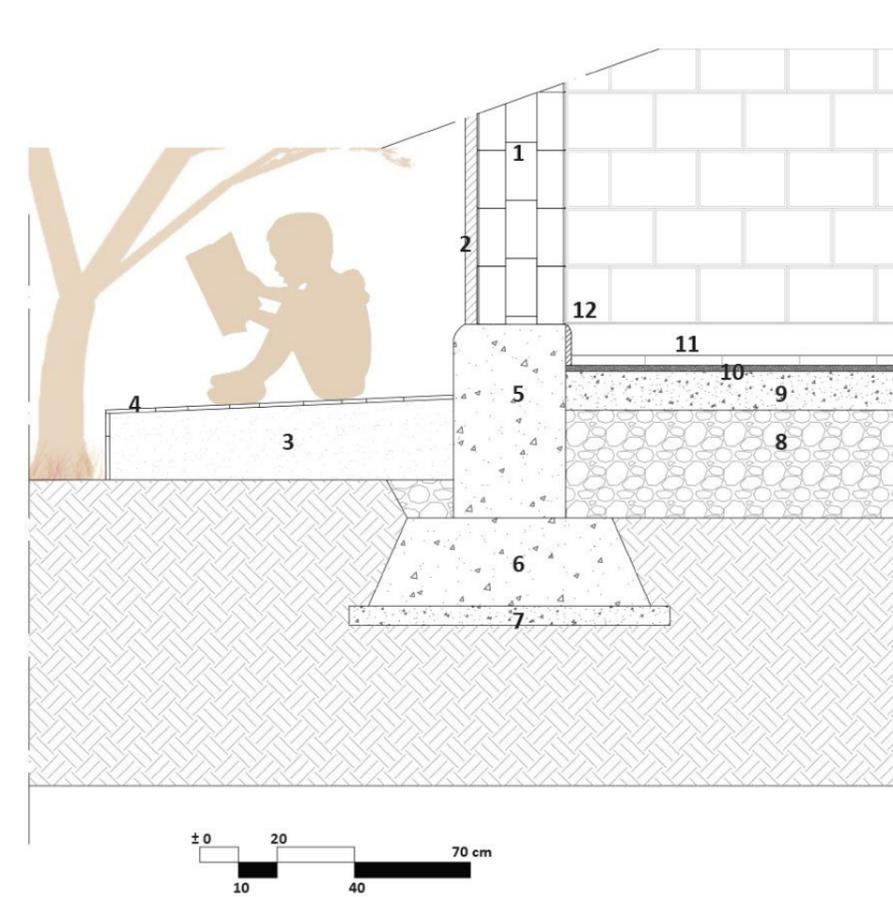


Figura 6. Sezione della fondazione con basamento e pavimento in terra stabilizzata. (Elaborazione propria).

Legenda:

1. Blocchi in terra stabilizzata (ISSB)
2. Intonaco in terra e calce (3 cm)
3. Basamento in terra battuta (90 cm di larghezza)
4. Protezione basamento in pietra
5. Basamento in cls (altezza 50 cm)
6. Plinto di fondazione (cls e terra)
7. Magrone (5 cm)
8. Terra di riempimento
9. Strato di livellamento
10. Strato resistente
11. Piastrelle in argilla stabilizzata
12. Intonaco interno

5.2. Illuminazione notturna

Un fattore di debolezza che presenta il progetto è la **mancanza di illuminazione esterna**, che comporta una carenza nella sicurezza dell'insediamento. L'illuminazione notturna rappresenterebbe un salto di qualità per l'utenza in quanto offrirebbe, proprio a livello emotivo, una sensazione di benessere ulteriore e la possibilità di uscire fuori casa durante la notte, in casi di emergenza, correndo rischi minori. Ciò sarebbe utile anche considerando che Marsabit, trovandosi praticamente sulla linea dell'equatore, è caratterizzata per tutto l'anno da giornate composte da 12 ore di luce e 12 di buio.

In generale, in tutto il paese l'illuminazione artificiale è molto scarsa ma negli ultimi anni, la continua crescita della popolazione e l'incremento della domanda, ha portato dei risvolti positivi, in quanto, nel 2015, la Commissione per la regolamentazione dell'energia ha **tagliato le tariffe** per i lampioni del 60% tra le 18:00 e le 6:00 a 4,36 Sh (Scellino keniota) per kilowattora (kWh), in calo rispetto a Sh 11³. Approfittando di questa riduzione e considerando che l'insediamento sarà agganciato alla rete elettrica nazionale e dotato di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia, l'inserimento di illuminazione notturna, che illumini almeno i punti principali, non dovrebbe pesare eccessivamente sul *budget*, anche se la parte più onerosa sarà quella iniziale, ovvero l'installazione del sistema e dei lampioni.

Non avendo trovato alcuna normativa che regoli l'illuminazione stradale in Kenya e tanto meno una pagina web affidabile che mostri i prezzi dei lampioni e della loro installazione, si è deciso semplicemente di evidenziare in planimetria le parti che potrebbero essere interessate dall'installazione del sistema di illuminazione (figura 7). Si tratta di **zone comuni e della strada** che connette i 4 blocchi che definiscono l'intervento.



Figura 7. Zone da illuminare (Elaborazione propria)

³ Informazioni presenti in <https://nairobi.news.nation.co.ke/news/how-counties-are-stealing-the-shine-from-nairobi-on-street-lighting/>.

5.3. Aperture e controllo della luminosità

La progettazione delle aperture è un punto cruciale per gli edifici in un clima caldo arido, perché devono rispettare una serie di criteri che non lasciano troppa libertà ai progettisti. Uno dei rischi che si corre maggiormente è quello di avere **ambienti bui** o, dalle volte, addirittura senza finestre. Questo è dovuto alla **tendenza di protezione** degli ambienti interni dal surriscaldamento che potrebbe essere provocato dalla presenza di un numero elevato di aperture, soprattutto, se collocate lungo le facciate Est e Ovest, quelle esposte per un maggior numero di ore al sole. Un'altra questione non indifferente, che comporta la riduzione della quantità di aperture, è il **costo elevato del serramento**. Infatti, in molte abitazioni, vengono realizzate solo delle piccole finestre posizionate nella parte alta e che vengono chiuse da un pannello opaco per garantire la *privacy* e la sicurezza. In un nuovo progetto, però, assicurare una luminosità adeguata in tutti gli spazi è una prerogativa più che giustificata per aumentare il livello di benessere di chi vive all'interno. La realizzazione di nuove aperture comporta anche una serie di accorgimenti per difendere la *privacy* all'interno e per evitare l'eccessivo flusso di radiazioni.

Esaminando le tipologie abitative del progetto "The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County", si è notato come queste siano prive di sistemi di schermatura verticali per le aperture, mentre solo nella tipologia V4 sono presenti degli schermi per parte delle porte e finestre. Si tratta di semplici sbalzi che permettono di creare ombra all'interno, ma non sono state fornite alcune informazioni circa il loro materiale da costruzione, si suppone (osservando la forma rettangolare) che siano in calcestruzzo o in legno. Questo sistema è utile perché assicura la ventilazione attraverso la finestra ma non una luminosità adeguata nelle ore diurne, in quanto si tratta di un elemento opaco che non permette la trasmissione della luce diretta. Ciò comporta l'entrata solo dei flussi indiretti e la contemporanea creazione d'ombra, producendo discomfort visivo e trascurando l'aspetto riguardante la *privacy*. Una soluzione sarebbe quella di rimuovere le schermature opache e di apportare, sul lato esterno della finestra, un **frangisole mobile a lamelle orientabili**, che grazie al loro movimento permettono di riflettere una parte della radiazione. Come nel Liceo Schorge di Francis Kéré, si potrebbe optare per un'apertura a ginocchio, che consente di rifrangere la luce anche quando totalmente aperti, creando una protezione orizzontale aggiuntiva (figura 8). La scelta ricade su questo tipo di soluzione perché è l'unica che riesce a garantire l'ingresso costante di flussi d'aria e di luce, due fattori fondamentali per la vivibilità delle residenze.



Figura 8: Frangisole del liceo Schorge. (Fonte: <https://www.plataformarquitectura.cl/cl/887007/escuela-secundaria-lycee-schorge-ke-re-architecture/5a386551b22e3885f900002a-lycee-schorge-secondary-school-ke-re-architecture-photo>).

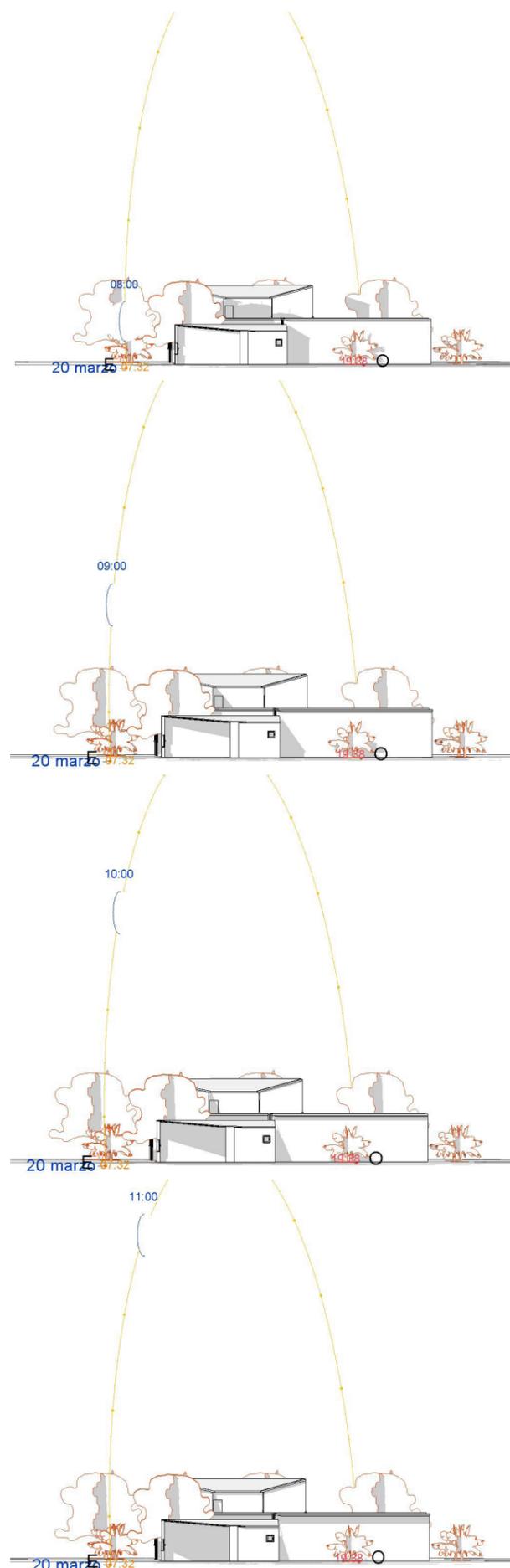


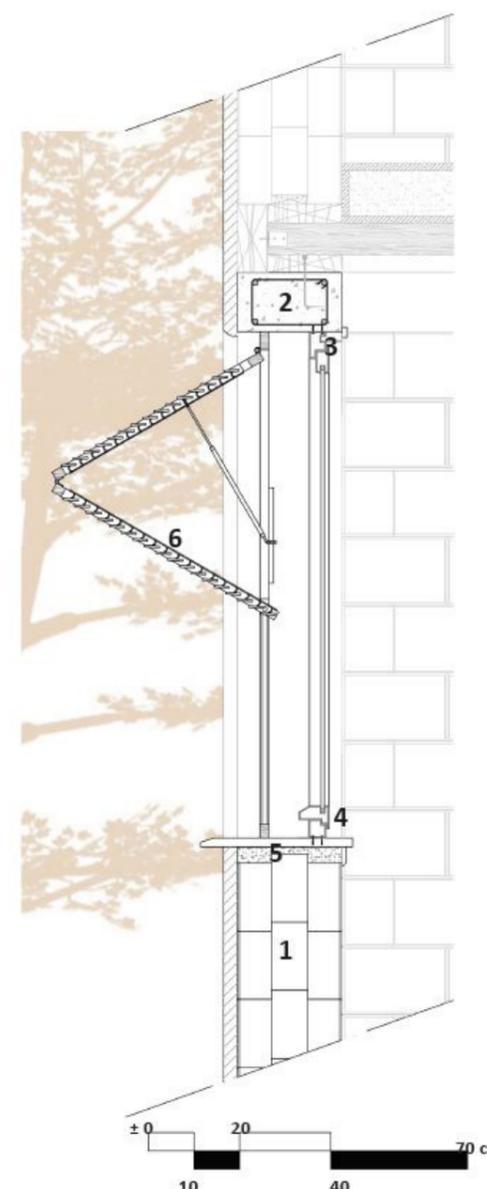
Figura 9: Modello sezionato su apertura a Sud e studio del flusso luminoso entrante alle ore 8. (Fonte: elaborazione propria).

Figura 10: Modello sezionato su apertura a Sud e studio del flusso luminoso entrante alle ore 9. (Fonte: elaborazione propria).

Figura 11: Modello sezionato su apertura a Sud e studio del flusso luminoso entrante alle ore 10. (Fonte: elaborazione propria).

Figura 12: Modello sezionato su apertura a Sud e studio del flusso luminoso entrante alle ore 11. (Fonte: elaborazione propria).

Attraverso l'utilizzo di Revit, è stato possibile studiare l'angolo di incidenza solare per comprendere i momenti della giornata in cui il flusso solare in entrata nelle abitazioni avesse bisogno di essere schermato. In seguito all'osservazione del modello 3D, si può affermare che i raggi solari entranti interessano le aperture collocate lungo i prospetti a Sud, in fascia oraria compresa tra le 08 del mattino alle 11, secondo diverse angolazioni (figure da 9 a 12). La soluzione da adottare potrebbe essere quella di inserire gli stessi elementi della tipologia V4, quindi dei frangisole a lamelle orientabili con apertura a ginocchio, in tutte le altre tipologie. Questi elementi, grazie al loro **movimento regolabile** dall'utente, consentirebbero di schermare il sole secondo le varie angolazioni che assume nel corso della mattina. Per quanto riguarda la fattibilità della proposta, i telai e le lamelle potrebbero essere realizzate con delle assi di legno di recupero, anche di bassa qualità, reperibili dai laboratori di Marsabit città⁴, in modo che costino il meno possibile. Invece i binari per permettere il movimento e il meccanismo di apertura potrebbero essere realizzati con dei semplici profili d'acciaio (dettaglio costruttivo in figura 13).



⁴ Il legno di recupero è uno degli elementi da costruzione più diffusi a Marsabit in quanto è adoperato nelle murature nell'86% delle abitazioni, chiamate localmente Arishi. *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey. Marsabit, Settembre 2016, p. 72.*

Figura 13: Dettaglio del serramento con applicazione dei frangisole a lamelle orientabili. (Fonte: elaborazione propria).

- Legenda:**
1. Blocchi in terra stabilizzata (ISSB)
 2. Trave in c.a. (23x13 cm)
 3. Controtelaio
 4. Infisso metallico
 5. Davanzale
 6. Frangisole a lamelle orientabili con apertura a ginocchio

5.4. Distribuzione interna strategica

Un aspetto non totalmente soddisfatto dai progettisti riguarda la distribuzione interna degli spazi. Se gli ambienti vengono sistemati in maniera strategica, ne risente anche il benessere dell'utenza in quanto non utilizza o passa poco tempo nella parte più calda dell'abitazione nelle ore più calde della giornata. In progetto di UN-HABITAT ha la priorità di creare, attraverso un gioco di **incastrati delle tipologie a L e a U**, dei cortili interni che siano sempre ombreggiati, che di notte fungono da contenitori di aria fresca e permettono di raffrescare anche l'interno delle abitazioni. Questo ha giocato a discapito della distribuzione interna, perché non in tutte le unità è presente quella ottimale, difatti spesso le camere da letto sono orientate a Ovest ed è sconsigliato per questo tipo di clima ma, più semplicemente, perché è uno spazio che si utilizza in un momento della giornata in cui è ancora surriscaldato dalle radiazioni solari.

In seguito ad un'attenta analisi del progetto, cambiare la distribuzione interna, nel complesso non sembra un'idea particolarmente risolutiva perché in molti casi si perderebbe il rapporto con il cortile interno o lo si esporrebbe maggiormente al sole, facendogli perdere la sua azione benefica di raffrescamento e la sua caratteristica sociale. Infatti, nella maggior parte dei casi, il **cortile è sempre chiuso** in modo da essere ombreggiato o presenta un lato aperto verso Nord o Sud, direzioni che permettono una minor insistenza della radiazione. Nel caso in cui si optasse per cambiare la distribuzione delle stanze, in alcuni casi si perderebbe la finestra o l'affaccio verso il cortile, che viene sempre prediletto. Si possono, però, adottare alcuni accorgimenti per favorire una situazione più confortevole degli ambienti esposti al sole: **anteporre una barriera di vegetazione** o **umentare lo sbalzo del tetto** in modo che si crei maggiore ombreggiamento. Nella figura a seguire sono evidenziati i punti in cui si potrebbe intensificare la piantagione di alberi e come gioverebbero alla protezione dalla radiazione solare (figura 14).

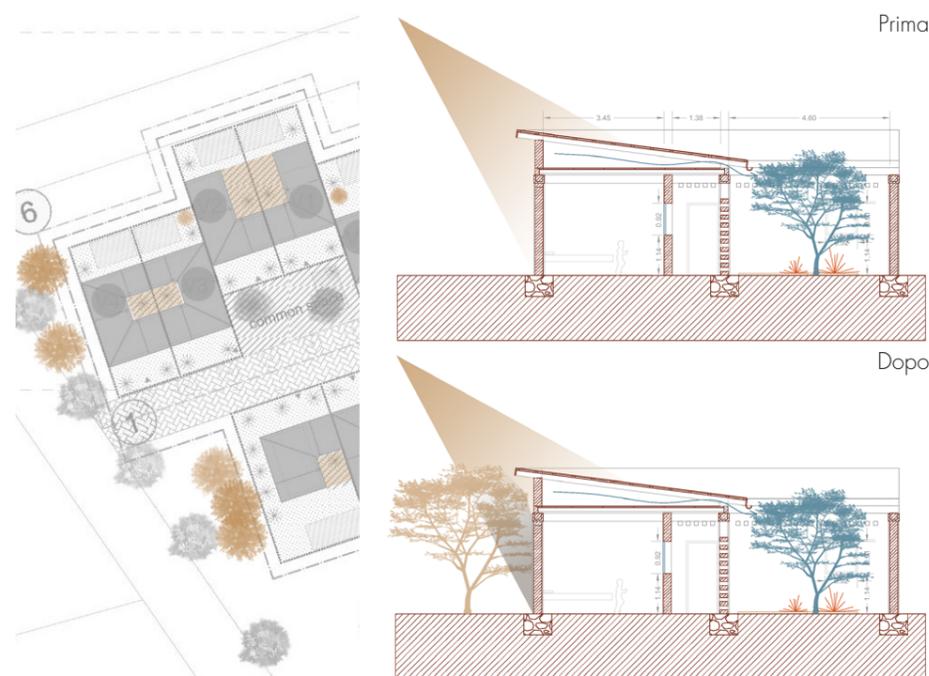


Figura 14: Planimetria e sezione unità abitative e nuova vegetazione (Fonte: elaborazione propria).

5.5. Compatibilità con l'autocostruzione

“La costruzione delle nuove case poteva essere corretta culturalmente ed economicamente plausibile solo se si adottavano materiali economici e reperibili sul posto e tecniche tali da poter essere adottate da chiunque.”⁵ Questo enunciato definisce un processo di autocostruzione, che comporta determinate scelte progettuali che riguardano le risorse e le tecnologie edilizie da adottare. Nel progetto “*The Proposed Climate Resilient Low cost Low Carbon Housing Project in Marsabit County*” non sempre si verificano queste condizioni, in quanto molti elementi sono realizzati con materiali e **tecniche poco appropriate** all'autocostruzione. Difatti, le tipologie abitative presentano una struttura in calcestruzzo armato, che richiede l'acquisto di calcestruzzo, barre metalliche e casseforme fabbricate a Nairobi, a circa 500 Km dal sito di progetto, e una manodopera specializzata. Inoltre, questa tecnica richiede un lungo tempo di asciugatura, mentre se fosse sostituita da una muratura autoportante, realizzata sempre con ISSB, le tempistiche sarebbero più celeri e ci sarebbe un dispendio economico nettamente inferiore.

La questione è molto simile per le travi in calcestruzzo che sostengono la copertura richiedono sempre un processo di realizzazione complesso. Queste potrebbero essere sostituite da **travi in legno di eucalipto**⁶ acquistabili nei laboratori di Marsabit, in modo da agevolare l'industria locale e da ridurre al minimo i costi di trasporto. Il legno è un materiale più sostenibile a livello ambientale e che tradizionalmente viene impiegato nelle costruzioni in quest'area geografica. Inoltre, la posa in opera del legno è molto meno complessa rispetto a quella del calcestruzzo ed è un materiale presenta una riciclabilità maggiore, se si considera la possibilità di sovrarelevare le abitazioni e riutilizzare le travi per la costruzione della nuova copertura.

Infine, anche i solai “*Landie*” della tipologia V3, nonostante la loro maneggevolezza e facilità di posa in opera, non rappresentano la tecnica costruttiva migliore, ma soprattutto compatibile con l'autocostruzione. Sono propri della tradizione indiana, quindi non locale, e prevedono l'utilizzo di una gran quantità di cemento per la fabbricazione delle unità dei solai. Sarebbe più opportuno, sostituirli con una tecnologia appartenente all'Africa e che preveda lo sfruttamento di risorse locali, tra cui il legno. Si potrebbe realizzare un solaio con una prima orditura di travi e una seconda di travetti, sul quale inserire un tavolato che funga da pavimento per il piano superiore, nel momento in cui si decida di sovrarelevare l'unità abitativa. Il solaio “*Landie*” è stato adoperato perché più economico di un solaio in cemento classico e perché già offre un solaio completo nel momento della eventuale sovrarelevazione, ma lo stesso scopo si può raggiungere attraverso una soluzione più sostenibile e meno complessa, grazie all'utilizzo di una **tecnologia del legno** (di origine locale).

Le rappresentazioni relative ai nuovi solai verranno inserite nel paragrafo successivo, riguardante le coperture.

⁵ Maurizio Morandi, *Autocostruzione e partecipazione*, in “*Autocostruzione Oggi*”, Ente Fiere di Bologna, Bologna, 1982, p. 54

⁶ Il legno di eucalipto rosso ha ottime qualità meccaniche ma, cosa fondamentale, è un prodotto locale che sta vedendo la crescita di industrie della contea, specializzate nella lavorazione di questo legno. Ciò è dovuto all'estirpazione di questo albero in favore di un'altra specie, in quanto l'eucalipto tende ad acidificare il suolo non permettendo la crescita di altra vegetazione. *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey*. Marsabit, Settembre 2016, p. 83.

5.6. Scelta della composizione di copertura

La realizzazione di un buon sistema di coperture è uno dei punti focali per il benessere termoigrometrico e acustico dell'edificio, difatti sono numerosi i requisiti di cui essere in possesso per assolvere a tutte le sue funzioni: protezione della muratura, riflessività, isolamento termico, isolamento acustico ecc.

Le varie tipologie abitative presentano alcune **carenze** riguardanti soprattutto la **stratigrafia del tetto**, non abbastanza efficace da adempiere all'isolamento termico e acustico, in quanto caratterizzata da materiali poco adeguati per soddisfare queste esigenze (soprattutto quella di isolamento termico) per questo tipo di clima. Va ricordato che i materiali dei tetti e la loro forma varia a seconda delle tipologie:

- V0, V1, V2: tetto inclinato e ventilato ad una falda in lamiera grecata in acciaio zincato con controsoffitto in compensato. Struttura in cemento armato.
- V3: tetto inclinato e ventilato ad una falda in lamiera grecata in acciaio zincato con solaio in cemento con la tecnica "Landie slub". Struttura in cemento armato.
- V4: volta catalana costituita da tegole di argilla compressa e sormontata da una lastra di lamiera grecata in acciaio zincato. Struttura in cemento armato.

La prima considerazione riguarda il **materiale** della struttura delle coperture che è costituita da travetti in cemento armato quando si potrebbero adoperare dei **travetti in legno di eucalipto**, risorsa locale e molto più sostenibile dal punto di vista economico e ambientale; scelta messa in opera anche nella biblioteca di Muyinga.

Il secondo appunto, invece, riguarda le coperture delle abitazione dalla V0 alla V4 e in particolare l'**aggetto** della falda ritenuto troppo esiguo: dal lato in cui la quota è maggiore sporge di 60 cm mentre dall'altro di 20 cm. Questa sporgenza non è sufficiente per garantire la protezione dei BTC dalle piogge, per evitare infiltrazioni d'acqua all'interno (il tetto essendo ventilato presenta delle cavità nella muratura per l'accesso di flussi d'aria) e per creare un adeguato ombreggiamento, soprattutto sulla facciate a Est e Ovest. Dunque, si propone di aumentare gli aggetti in tutti e **quattro i lati** fino a **80 cm** ed, eventualmente, sostenerli con dei travetti in legno di eucalipto, come nel caso studio della libreria. Come mostrano gli studi solari⁷ effettuati alle ore 12 nei giorni dei solstizi e dell'equinozio di primavera, l'ombreggiamento è decisamente superiore rispetto alla soluzione iniziale (figura da 15 a 20).

⁷ Per effettuare gli studi solari è stata utilizzata la distribuzione delle unità abitative di un blocco tipo della planimetria generale.

Aggetto proposto

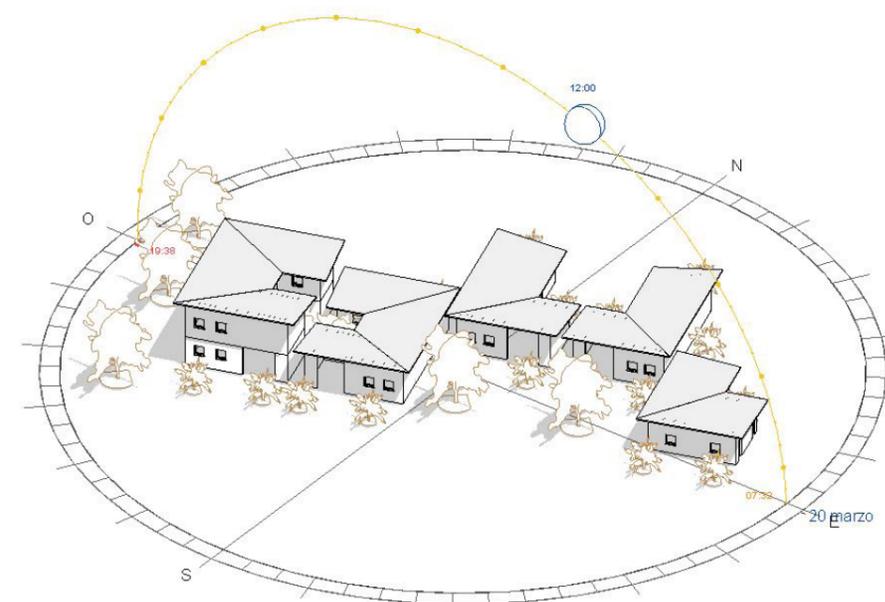
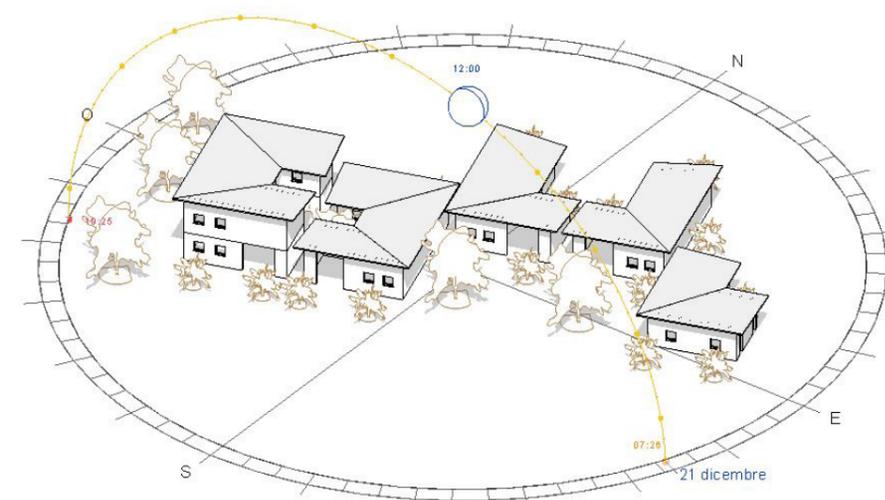
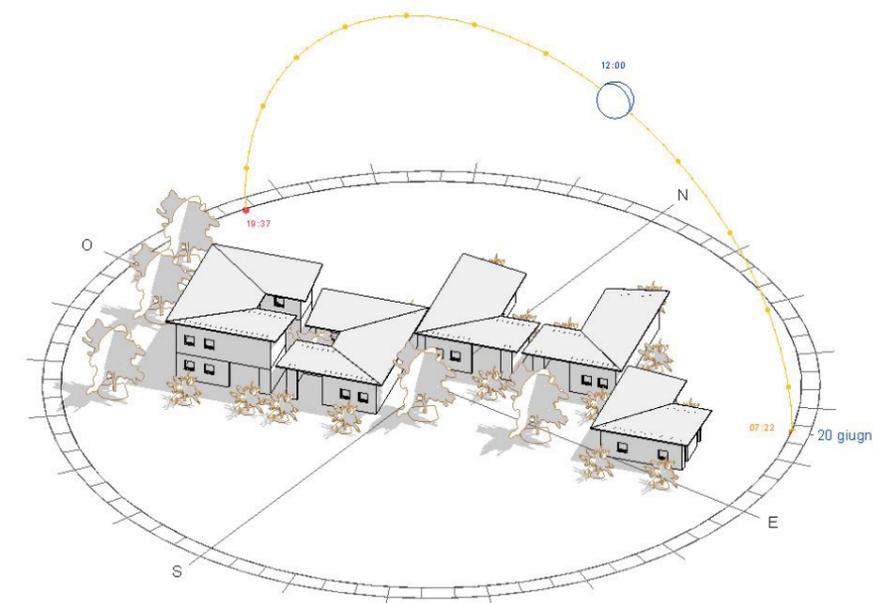


Figura 15: studio solare del blocco abitativo effettuato alle 12 del 20 giugno (Fonte: elaborazione propria).

Figura 16: studio solare del blocco abitativo effettuato alle 12 del 21 dicembre (Fonte: elaborazione propria).

Figura 17: studio solare del blocco abitativo effettuato alle 12 del 20 marzo (Fonte: elaborazione propria).

Aggetto precedente

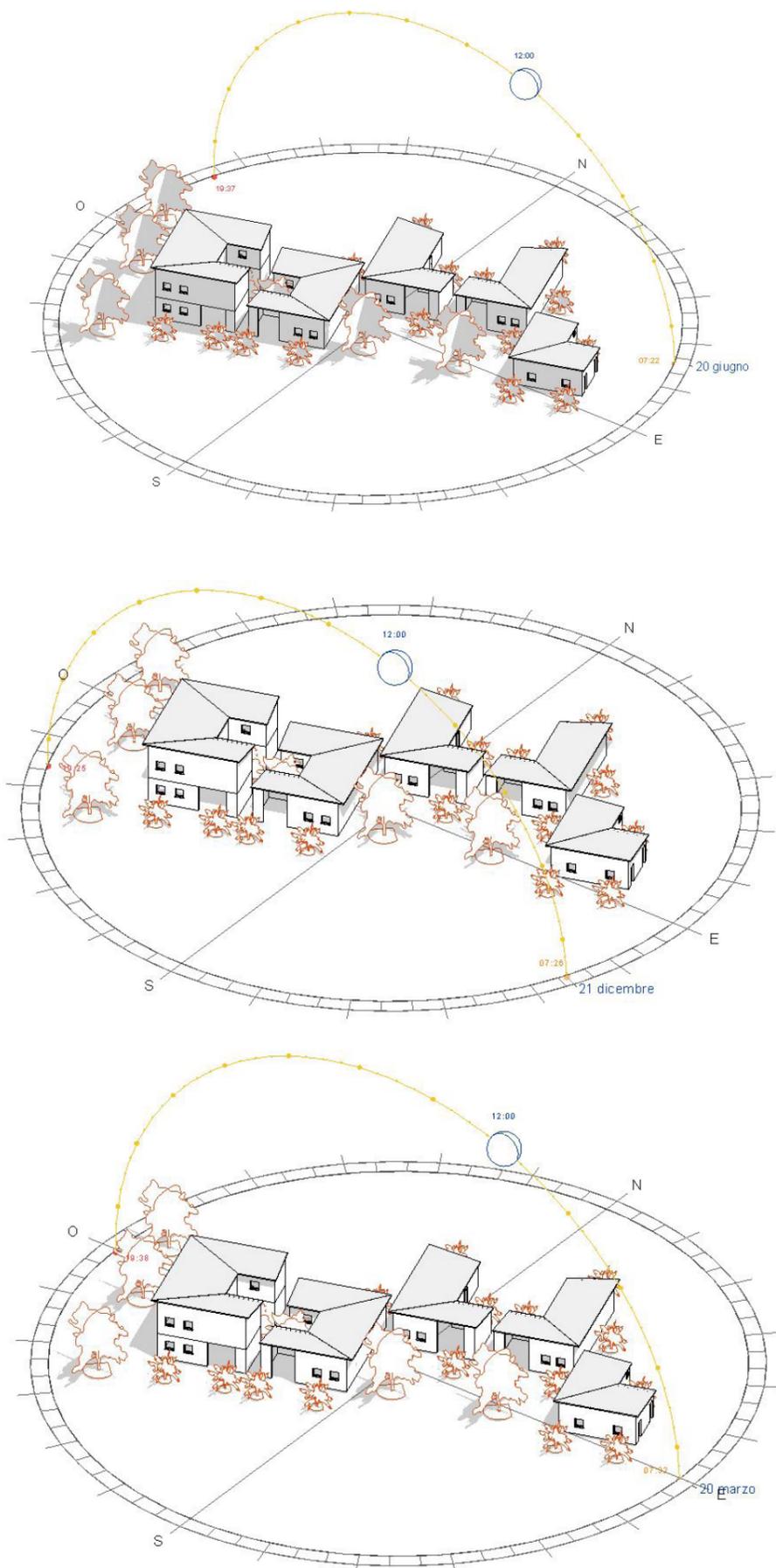


Figura 18: studio solare del blocco abitativo effettuato alle 12 del 20 giugno (Fonte: elaborazione propria).

Figura 19: studio solare del blocco abitativo effettuato alle 12 del 21 dicembre (Fonte: elaborazione propria).

Figura 20: studio solare del blocco abitativo effettuato alle 12 del 20 marzo (Fonte: elaborazione propria).

Secondo il manuale *"Sustainable Building for hot and arid areas. Marsabit Country"*, sarebbe buona consuetudine, inserire come ultimo strato della copertura una lamina di alluminio, per aumentare la riflessività. Questo accorgimento non è stato preso in considerazione in nessuna delle quattro tipologie che presentano un tetto inclinato, in quanto avrebbe un costo elevato. Una soluzione più economica e performante sarebbe ottenibile attraverso una **finitura con vernice riflettente** all'alluminio, ottenendo così una prestazione simile a quella della lamina.

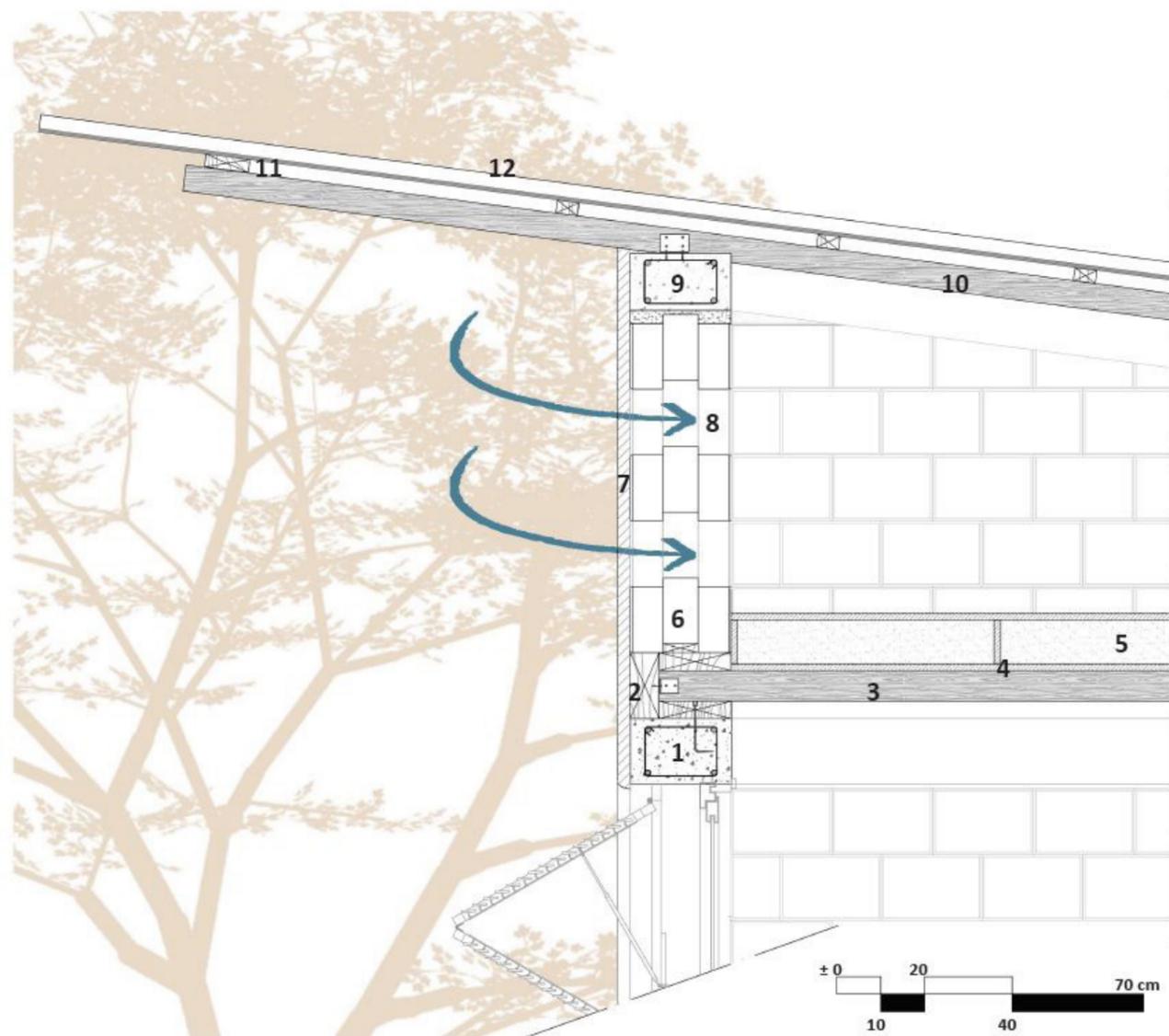
La quarta questione riguarda le stratigrafie delle coperture delle tipologie V0, V1, V2 e V3 in cui l'isolamento termico e acustico è insufficiente, infatti i progettisti di UN-HABITAT in un momento successivo hanno deciso di modificare gli strati costituenti queste coperture ma non sanno ancora con quale strategia in quanto non sono in grado di definire la disponibilità economica per questa aggiunta. L'elemento su cui si potrebbe intervenire è il controsoffitto che divide l'interno dalla parte della copertura dedicata alla ventilazione sotto-tetto. Quello della tipologia V3 si differenzia dagli altri, in compensato, per l'utilizzo del *"Landie slab"*. Si potrebbe applicare la stessa soluzione alle quattro categorie, proponendo un **soffitto in legno isolato** con uno strato di **terra alleggerita**. Questa tecnica prevede la miscela di terra con "inerti" costituiti da fibre vegetali o da materiali leggeri. In genere si usano fibre 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. A Marsabit sono presenti delle coltivazioni di frumento⁸ dalle quali ricavare queste fibre, altrimenti possono essere sostituite da scaglie di legno, derivanti da scarti di lavorazione. Non avendo informazioni sufficienti sulla quantità del frumento prodotto nella contea, la strategia più opportuna è quella di adoperare le **scaglie di legno**, che possono essere reperiti nei laboratori di lavorazione a Marsabit città o nello stesso cantiere. Il materiale si consegue bagnando le scaglie con terra liquida "per immersione o per aspersione"⁹. L'impasto ottenuto viene versato tra due casseri, dove viene leggermente compresso e messo in forma; questo strato affinché comporti un miglioramento delle prestazioni termiche e acustiche avrà uno spessore di circa 10 cm.

L'aggiunta di questa parte isolante non comprometterebbe la facilità di smontaggio dei solai nel caso in cui si volesse ingrandire l'abitazione o aggiungere un piano.

In seguito sono riportati i nuovi dettagli delle coperture delle tipologie abitative (figura 21 e 22).

⁸ Dati economici presenti in *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey*. Marsabit, Settembre 2016, pp. 40-54.

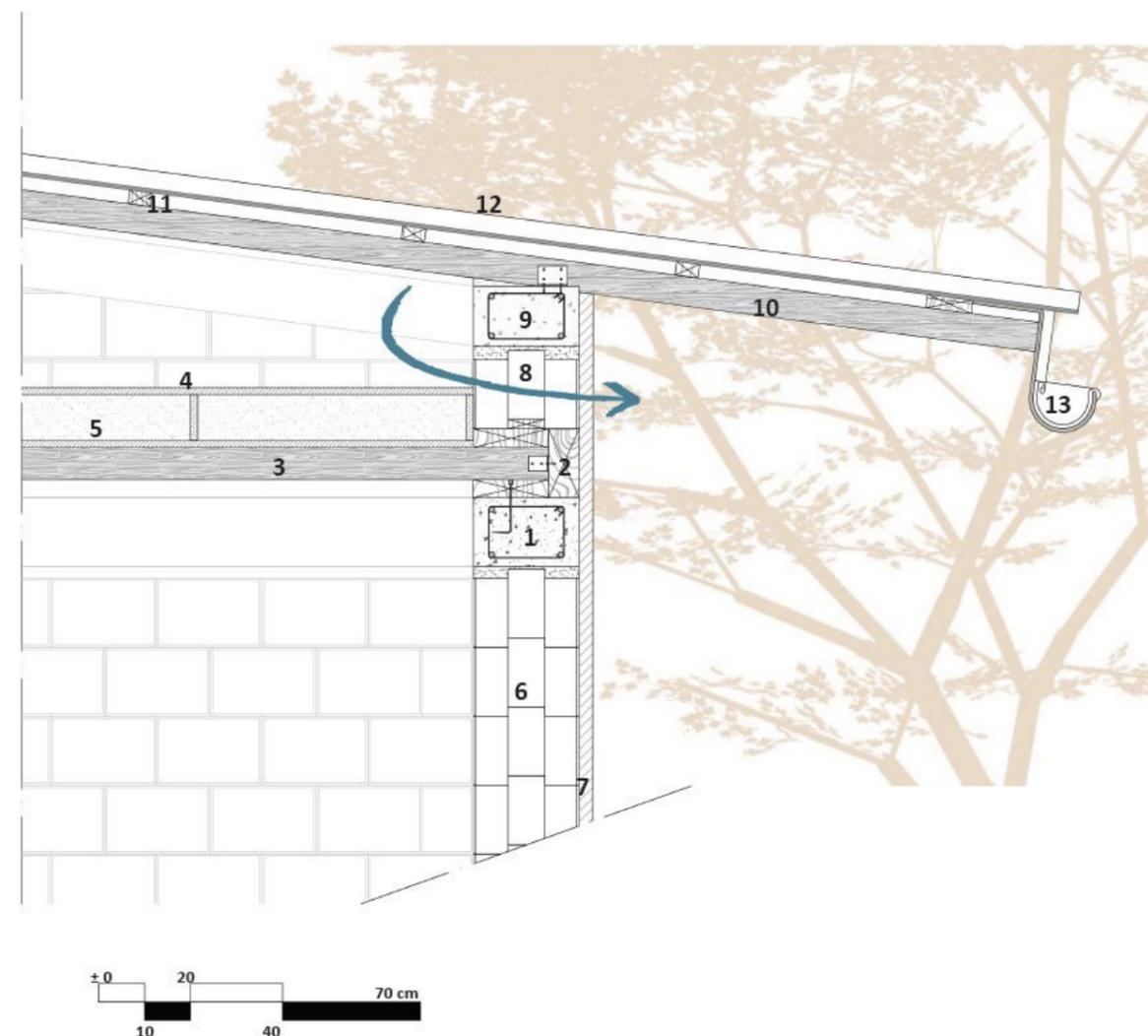
⁹ G. Minke, *Earth Construction Handbook. The building material earth in modern architecture*, WIT Press, Southampton, Boston, 2000, p. 102.



Legenda:

1. Trave in c.a. (15x 23 cm)
2. Raccordo con solaio in compensato
3. Trave in legno di eucalipto
4. Cassaforma a perdere in legno
5. Terra alleggerita con scaglie di legno
6. Blocchi di terra compressa (ISSB)
7. Intonaco in terra e sabbia (3 cm)
8. Ventilazione permanente
9. Trave di coronamento in c.a. (13 x 23 cm)
10. Trave in legno di eucalipto per copertura
11. Listello
12. Lamiera grecata zincata con finitura riflettente

Figura 21: dettaglio parte superiore della coperture delle tipologie da V0 a V3. (Fonte: elaborazione propria).



Legenda:

1. Trave in c.a. (15x 23 cm)
2. Raccordo con solaio in compensato
3. Trave in legno di eucalipto
4. Cassaforma a perdere in legno
5. Terra alleggerita con scaglie di legno
6. Blocchi di terra compressa (ISSB)
7. Intonaco in terra e sabbia (3 cm)
8. Ventilazione permanente
9. Trave di coronamento in c.a. (13 x 23 cm)
10. Trave in legno di eucalipto per copertura
11. Listello
12. Lamiera grecata zincata con finitura riflettente
13. Canale di gronda

Figura 22: dettaglio parte inferiore della coperture delle tipologie da V0 a V3. (Fonte: elaborazione propria).

5.7. Risoluzione delle problematiche

Nel seguente paragrafo vengono riprese le sei proposte avanzate per migliorare i punti deboli del progetto "Sustainable Building for hot and arid areas. Marsabit Country", connettendole ai singoli requisiti, che precedentemente non erano stati totalmente soddisfatti, spiegandone la modalità di risoluzione. In questo modo si fornisce una breve descrizione di come le nuove proposte mirino alla **risoluzione** delle problematiche emerse.

- **Protezione (dai fenomeni di degrado) e affidabilità degli elementi costruttivi**

L'inserimento di un **basamento** per la protezione e di uno **strato di intonaco** permette di soddisfare i seguenti requisiti, legati alle patologie di degrado della terra:

- **Affidabilità per tutta la vita utile dell'edificio** - a protezione offerta dai due nuovi elementi consente di conservare più a lungo le proprietà fisiche dell'involucro in muratura di terra e la sua struttura in calcestruzzo, rendendo più affidabile la costruzione;
- **Resistenza ai fenomeni di umidità di risalita** - la presenza di un basamento che sovrileva la muratura salvaguarda la parte inferiore dell'edificio, la parte più esposta alle patologie legate all'acqua e ai fenomeni di risalita capillare;
- **Resistenza degli elementi costruttivi dall'erosione** - la stesura di un intonaco protegge i blocchi di terra dai fenomeni che causano questa patologia di degrado, in quanto lo strato di intonaco si antepone alla muratura e funge da superficie di sacrificio;
- **Adeguatezza della gamma cromatica selezionata** - l'ultimo strato sarà quello dell'intonaco a base di terra, quindi presenterà la colorazione rossastra tipica del suolo di Marsabit, integrandosi perfettamente al contesto. Infine, l'intonaco offre una prestazione termica aggiunta, in quanto, contribuisce a regolare il microclima interno dell'edificio, migliorando il benessere dell'utenza. Considerando che un blocco di terra compressa possiede una conducibilità termica compresa tra i $\lambda = 0,81 - 1,04$ (W/mK)¹⁰ e che quella dell'intonaco proposto è tra i 0.85 - 0.95 W/mK¹¹, la combinazione dei due materiali aiuta ad aumentare le prestazioni della parete, riducendo gli scambi di calore con l'esterno, diminuendo la conducibilità dell'elemento di tamponamento.

- **Illuminazione notturna**

- **Visibilità notturna** - l'inserimento di un sistema di illuminazione artificiale lungo il viale che connette i quattro blocchi di unità abitative consente la visibilità di tutto l'insediamento durante la notte, aumentando la sicurezza degli utenti.

- **Aperture e controllo della luminosità**

- **Controllo del fattore solare con schermature** - l'inserimento di frangisole consente di quantificare il flusso di radiazioni in entrata ed evitare il surriscaldamento interno per favorire il benessere termico dell'utenza;
- **Adeguatezza della quantità di aperture** - alla stanze prive di finestra è stata fornita un'apertura;

- **Controllo del flusso luminoso** - il frangisole mobile con lamelle orientabili permette di regolare le lamelle in modo da riflettere la maggior quantità possibile di radiazioni.

- **Distribuzione interna strategica**

- **Adeguatezza della distribuzione interna** - questo è uno dei pochi requisiti che rimarrà parzialmente soddisfatto in quanto sistemare le camere secondo l'orientazione consigliata e conservare il ruolo del cortile in tutte le unità risulta poco fattibile.

- **Compatibilità all'autocostruzione**

La scelta di utilizzare **materiali e tecnologie semplici e locali** gioca a favore dell'autocostruzione e consente di agevolare il processo di fabbricazione delle unità:

- **Maneggevolezza delle attrezzature da cantiere** - sostituendo parte delle tecnologie in calcestruzzo con elementi in legno, la strumentazione diventa più leggera e più facile da gestire in cantiere;
- **Reperibilità in loco delle risorse per la costruzione** - la possibilità di mettere in opera materiali locali, permette di creare un legame più forte con l'edificio, evocandone i caratteri vernacolari e consente di diminuire i costi dei materiali, che rappresentano circa il 60% del costo di costruzione.

- **Scelta della stratigrafia di copertura**

La progettazione della copertura è uno dei punti fondamentali per la prestazione dell'edificio in termini di isolamento e protezione:

- **Controllo del fattore solare con sbalzi della copertura** - accentuare gli sbalzi della copertura consente di creare maggiore ombreggiamento lungo le murature e di proteggerne una porzione maggiore dagli agenti atmosferici;
- **Adeguatezza della stratigrafia della copertura** - la scelta della copertura e dei suoi materiali consente di raggiungere alte prestazioni e in questo caso si è deciso di agire sul controsoffitto, in modo da creare un nuovo strato di terra alleggerita con scaglie di legno per isolare e per dare maggiore inerzia termica;
- **Isolamento della copertura** - prima di proporre l'aggiunta dello strato di terra alleggerita, le unità abitative erano prive di isolamento termico e acustico, in quanto il loro sistema di chiusura era costituito da una falda inclinata in lamiera zincata e da un controsoffitto in compensato o in calcestruzzo, per separare l'interno dalla parte superiore dedicata alla ventilazione sottotetto. Considerando i valori di conducibilità termica dei materiali¹²:

$$\begin{aligned} -\lambda_{\text{lamiera}} &= 100 \text{ W/mK}^{13} \\ -\lambda_{\text{Compensato}} &= 0,44 \text{ W/mK} \\ -\lambda_{\text{Calcestruzzo}} &= 1,6 \text{ W/mK} \\ -\lambda_{\text{Terra alleggerita}} &= 0,36 \text{ W/mK} \end{aligned}$$

L'aggiunta di 10 cm di terra alleggerita comporta una netta differenza nella prestazione termica della copertura, senza tralasciare l'apporto positivo per il miglioramento dell'isolamento acustico che precedentemente era quasi inesistente.

¹⁰ Valori generici forniti, che variano in base alla densità del materiale e dalle sue caratteristiche fisiche, da H. Hpuben, V. Rigassi, P. Garnier, *Compressed Earth Block- Production Equipment*, CRATerre-EAG, Bruxelles, 1996, p. 13

¹¹ Valori generici forniti da: https://unikore.it/phocadownload/userupload/f2201fa35c/Conduktivita_termica_peso_specifico.pdf.

¹² Valori generici forniti da: https://unikore.it/phocadownload/userupload/f2201fa35c/Conduktivita_termica_peso_specifico.pdf.

¹³ Valore generico http://fisica-tecnica.altervista.org/tabelle/tab_conduc.html.

Difatti, per dimostrare la validità dell'intervento proposto, è stata calcolata la trasmittanza termica dei pacchetti di copertura iniziale e confrontata con quella avente lo strato in terra alleggerita:

• **Pacchetto 1 (stratigrafia da V0 a V2):**

- Lamiera grecata $\lambda_{Lamiera} = 100 \text{ W/mK}$ e spessore $s=0,008 \text{ m}$
- Tavolato in compensato $\lambda_{Compensato} = 0,44 \text{ W/mK}$ e spessore $s=0,03 \text{ m}$

$$R = s/\lambda: R_{Lamiera} = 8 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Compensato} = 0,068 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{totale} = R_{Lamiera} + R_{Compensato} = 0,06808 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_{totale} = 1,47 \text{ W/m}^2\text{K}$$

• **Pacchetto 2 (stratigrafia da V3):**

- Lamiera grecata $\lambda_{Lamiera} = 100 \text{ W/mK}$ e spessore $s=0,008 \text{ m}$
- Solai *Landie* in calcestruzzo $\lambda_{Calcestruzzo} = 1,6 \text{ W/mK}$ e spessore $s=0,14 \text{ m}$

$$R = s/\lambda: R_{Lamiera} = 8 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Calcestruzzo} = 0,0857 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{totale} = R_{Lamiera} + R_{Calcestruzzo} = 0,08758 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_{totale} = 11,42 \text{ W/m}^2\text{K}$$

• **Pacchetto proposto (per tipologia da V0 a V3):**

- Lamiera grecata $\lambda_{Lamiera} = 100 \text{ W/mK}$ e spessore $s=0,008 \text{ m}$
- Tavolato in compensato $\lambda_{Compensato} = 0,44 \text{ W/mK}$ e spessore $s=0,03 \text{ m}$
- Strato di terra alleggerita $\lambda_{Terra alleggerita} = 0,36 \text{ W/mK}$ e spessore $s=0,1 \text{ m}$
- Tavolato in compensato $\lambda_{Compensato} = 0,44 \text{ W/mK}$ e spessore $s=0,03 \text{ m}$

$$R = s/\lambda: R_{Lamiera} = 8 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Compensato} = 0,068 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Terra alleggerita} = 0,28 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{totale} = R_{Lamiera} + R_{Terra alleggerita} + 2 R_{Compensato} = 1,64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_{totale} = 0,61 \text{ W/m}^2\text{K}$$

5.8. Valutazione del progetto post-interventi di miglioramen-

In questo paragrafo viene riproposta la valutazione del progetto dopo le proposte avanzate per migliorare, dove possibile, le strategie non soddisfatte precedentemente. Come mostrano i dati riportati in seguito, l'intervento ha subito un netto miglioramento della percentuale di soddisfazione dei requisiti che riguardano la valutazione globale (Tabella 1 e grafico 1).

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	4
1	0
2	3
3	49
Totale	56

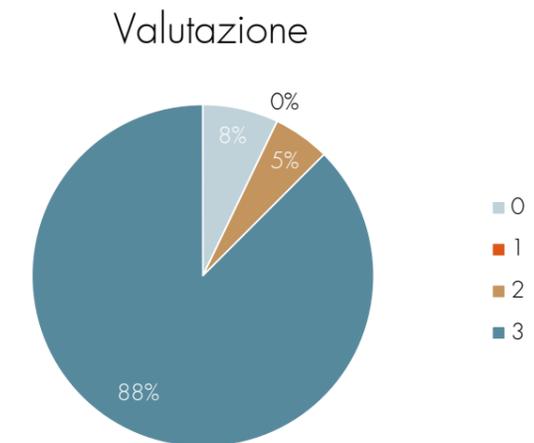


Tabella 1 e grafico 1. Rappresentazione dei risultati finali. (Fonte: elaborazione propria)

La percentuale che indica i requisiti soddisfatti è passata dal 61% iniziale all'88%, in quanto permangono irrisolvibili alcune questioni per mancanza di informazioni (nell'8% dei casi) mentre soltanto altre tre (il 5%) rimangono parzialmente soddisfatte, perché si è data la priorità alla risoluzione di problematiche di maggiore spessore. In totale, 49 requisiti su 56 individuati sono stati soddisfatti.

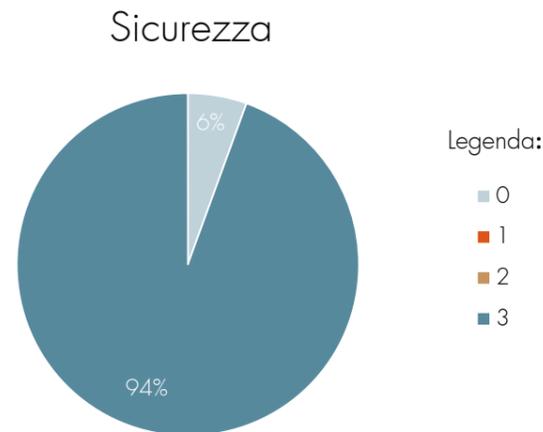
Questi miglioramenti si riscontrano anche valutando le singole classi di esigenze, verranno riportati i risultati sulle classi (tabelle da 2 a 5 e grafico da 2 a 5) in cui si è intervenuto, tralasciando quella dell'integrabilità, che già presentavano la totale soddisfazione quella sulla e salvaguardia dell'ambiente, che presentava solo un requisito parzialmente insoddisfatto, sul quale nonostante la proposta di miglioramento, non è possibile ottenere la piena soddisfazione. Questo requisito è quello di "Controllo della combustione durante la trasformazione delle risorse" che è legato inevitabilmente al funzionamento di alcune delle attrezzature da cantiere, indispensabili per la lavorazione del calcestruzzo.

Grazie alle nuove proposte, la classe di esigenze della sicurezza è stata totalmente soddisfatta, fatta eccezione per un solo requisito che non è valutabile, ovvero quello sul dimensionamento del sistema di raccolta delle acque piovane, di cui non si è a conoscenza di alcuna normativa in Kenya. Mentre per le altre è visibile un notevole miglioramento (come si osserva dai grafici e dalle tabelle riportate in seguito (tabella da 2 a 6 e grafici da 2 a 6): da 69% a 94% per la classe del benessere, le problematiche rimaste irrisolte sono la distribuzione interna strategica e la percentuale di aperture riferita al comfort visivo; da 40% a 80% per la fruibilità, di cui non è rimasto valutabile solo il requisito legato all'accessibilità dell'utenza

disabile; da 25% al 50% per la classe dell'aspetto, dato che molti dei requisiti riguardano la corretta posa in opera; infine, da 50% a 83% per la classe della gestione, di cui rimane non soddisfatto del tutto il requisito che riguarda la semplicità dei processi di trasformazione, legato alla messa in opera del calcestruzzo.

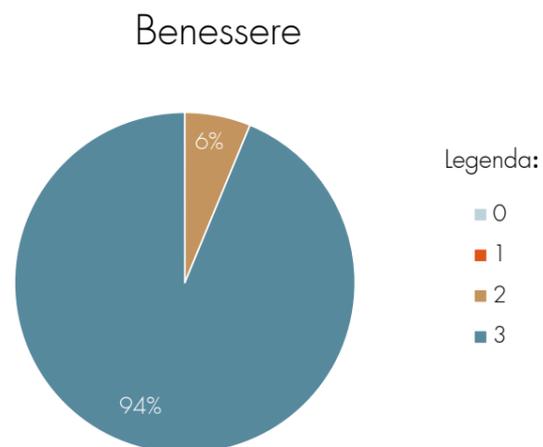
1. Sicurezza

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	1
1	0
2	0
3	17
Totale	18



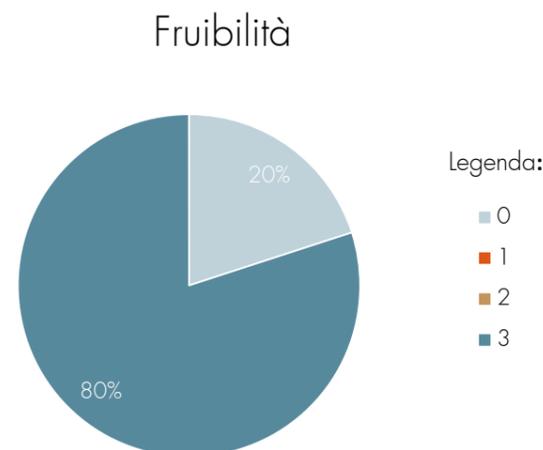
2. Benessere

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	0
1	0
2	1
3	15
Totale	16



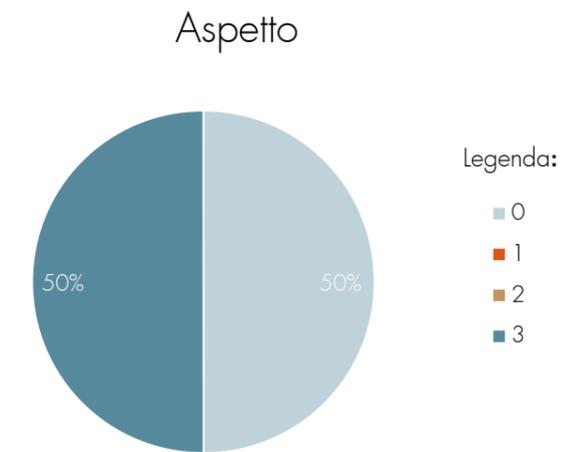
3. Fruibilità

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	1
1	0
2	0
3	4
Totale	5



4. Aspetto

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	2
1	0
2	0
3	2
Totale	4



5. Gestione

Valutazione	Numero di assegnazioni
0	0
1	0
2	1
3	5
Totale	6

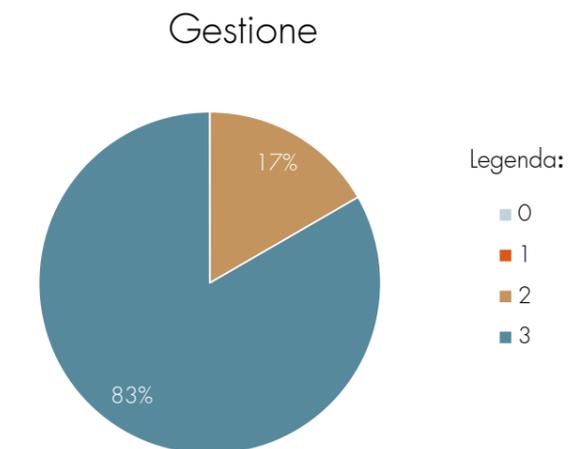


Tabella 2-6 e grafico 2-6. Rappresentazione dei risultati finali divisi per classi di esigenze. (Fonte: elaborazione propria).

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA:**Libri e manuali:**

- A. Agevi; Jerusha Ngungui, *Manual on Sustainable Building for Hot and Arid areas. Marsabit country, in Sustainable building design for tropical climates. Principles and Applications for Eastern Africa. Nairobi*, UN-Habitat, 2017.
- A. Giorgi, *Guida pratica alle costruzioni in terra cruda*, Aracne, Roma, 2014.
- A. Lepik, A. Beygo (a cura di), *Francis Kéré: radically simple*, Hatje Cantz A.M., Monaco, 2016.
- G. Ceragioli, N. Comoglio Maritano, *Note introduttive alla tecnologia dell'architettura*, CLUT, Torino, 1989.
- G. Minke, *Earth Construction Handbook. The building material earth in modern architecture*, WIT Press, Southampton, Boston, 2000.
- H. Guillaud, T. Joffroy, P. Odul, CRATerre-EAG, *Compressed Earth Blocks, Manual of design and construction*, Vol. II, GTZ, Eschborn, 1995.
- H. Hpuben, V. Rigassi, P. Garnier, *Compressed Earth Block- Production Equipment*, CRATerre-EAG, Bruxelles, 1996.
- M. Bertagnin, *Architetture in terra in Italia, tipologie, tecnologie e culture costruttive*, Edicom, Monfalcone, 1999.
- M. Morandi, *Autocostruzione e partecipazione*, in "Autocostruzione Oggi," Ente Fiere di Bologna, Bologna, 1982
- R. Stulz, *Appropriate Building Materials. A catalogue of potential solutions*, SKAT, Zurigo, 1983.

Tesi:

- A. Castoldi, *Romamwe primary school: progetto per un'aula polifunzionale a Ndaragwa, Kenia*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2014-2015.
- A. Marchiaro, M. Berzano, *Conservare e proteggere il patrimonio in terra cruda : sperimentazione di intonaci in terra*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2013-2014.
- G. Solitro, *La terra cruda per l'autocostruzione con tecnologie "appropriate e appropriabili": interventi nei Paesi emergenti : alcuni casi studi*, Tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2012/2013.
- P. Damiani, R. Mascioscia, *Progettazione partecipata del centro culturale ACREF nella baraccopoli di Baba Dogo a Nairobi. Dalla scala urbana alla sperimentazione del prototipo di serramento*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, Torino, a.a. 2006/2007.
- E. Marino, C. Mossetti, *Conoscere e recuperare le architetture in terra cruda. Il caso della Sya a Bobo Dioulasso in Burkina Faso*, tesi magistrale, Politecnico di Torino, a.a. 2003/2004.

Articoli:

- Anonimo, *Library of Muyinga Muyinga, Burundi BC architects & studios*, in "Architectural Record", Vol. 203, Marzo 2015, pp. 63-66.

- G. L. Brunetti, *Considerazioni sulle prestazioni ambientali delle coperture ventilate in falda per contesti in via di sviluppo a clima caldo*, in "Techne", 2014, pp. 261-270.
- G. Chinello, *Tecnica della terra alleggerita*, in "Biolcalenda", Giugno 2007: <https://www.labiolca.it/rubriche/bioedilizia/tecnica-della-terra-alleggerita/>.

Documenti:

- V. Kitio, Z. Gonzalez Blanco, M. Jose Rojo Callizo, *Sustainable low cost housing development in Marsabit County. Housing and Site Planning Project. Climate resilient low cost buildings in Marsabit County. Nordic Climate Facility*. UN-HABITAT, 30 Aprile 2018.
- *The Proposed Construction Of Low Carbon, Low Cost Houses In Marsabit Town, Marsabit County. Environmental And Social Baseline Survey*. Marsabit, Settembre 2016.

Sitografia:

- <https://www.archdaily.com/>, consultato il 14/01/2019
- <http://architects.bc-as.org/Library-of-Muyinga>, consultato il 14/01/2019
- <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/laterizi-terra-cruda/casa-mujer-saperi-antichi-tecnologia-639>, consultato il 14/01/2019
- http://fiscatecnica.altervista.org/tabelle/tab_conduc.html, consultato il 01/01/2019
- <http://www.kere-architecture.com/projects/>, consultato il 13/01/2019
- <https://nairobinews.nation.co.ke/news/how-counties-are-stealing-the-shine-from-nairobi-on-street-lighting/>, consultato il 15/01/2019
- www.tecnologica.altervista.org/php5/index.php?title=Qualità%20edilizia, consultato il 25/01/2019
- https://unikore.it/phocadownload/userupload/f2201fa35c/Conduktivita_termica_peso_specifico.pdf, consultato il 02/02/2019



CONCLUSIONI

CONCLUSIONI

*“For me the **material is important**. Its beauty but also its potential for connectivity. Its must perform well technically and also make sense to people. I often use an everyday material as the starting point for my building – the clay pots that the woman make are an example. [...] Building in mud was supposed to be organic and was to be worked in rounded form; that was that was appropriate for “Africa”!*¹ Questa affermazione dell’architetto Francis Kéré, durante la conferenza “Une urbanisation différenciée” tenuta a Parigi nel 2009, racchiude a pieno il senso di progettare in un paese del *Global South*, in cui “l’insediamento abitativo non è solo risoluzione di una funzione, ma è rappresentativo di un rapporto complesso che oggi definiamo attività dell’abitare”².

Il lavoro di tesi portato avanti ha presupposto una lunga ricerca riguardante la situazione dei paesi emergenti e sul metodo di lavoro effettuato dalle ONG in queste aree. È stato necessario scostarsi dall’usuale modo di pensare alla progettazione, perché il Kenya è un paese profondamente diverso dalla realtà a cui siamo abituati a confrontarci. Per intervenire su un progetto come quello “*Sustainable Building for hot and arid areas. Marsabit Country*” è stata essenziale la collaborazione di un esperto presente sul campo, in modo da fornire tutte le informazioni necessarie sulle esigenze locali, espresse direttamente dalla popolazione interessata, e sulla reperibilità delle risorse sul territorio. Pertanto, le **proposte avanzate** per migliorare l’intervento hanno come prerogativa la fattibilità, in funzione alla compatibilità con un processo di autocostruzione. Queste proposte devono essere interpretate come un **suggerimento** ai progettisti di UN-HABITAT, avanzate da un punto di vista più “rigoroso” di una normativa europea, per aumentare il livello delle prestazioni delle unità abitative progettate, sempre rispettando il *budget* e i mezzi disponibili. Inoltre, la metodologia messa a punto per raggiungere l’obiettivo, appoggiandosi alla teoria esigenziale-prestazione, vuole figurarsi come un indice che rappresenta il **soddisfacimento dell’utenza** nei confronti dell’intervento abitativo, che rappresenta la loro futura casa e alla quale collaborano per la realizzazione.

Riprendendo i risultati ottenuti attraverso il metodo di valutazione adottato in questa tesi, le criticità rilevate riguardavano alcuni aspetti della progettazione tecnologica e delle tecniche di costruzione, che sembravano perdere la prerogativa dell’**autocostruzione**. Per esempio, la fabbricazione di molti elementi con il calcestruzzo minava alla semplicità caratteristica di un edificio costruito in ambito umanitario, sia per la complessità della lavorazione del materiale, per l’attrezzatura necessaria ma soprattutto perché estraneo al contesto. L’adozione di **risorse locali**, non serve semplicemente a diminuire il costo complessivo dell’intervento, ma crea una più forte relazione tra l’edificio e chi lo andrà ad abitare, senza tralasciare la spinta all’economia del luogo nel settore edilizio. Pertanto, a questa problematica è stato dato un tentativo di risoluzione, attraverso delle proposte basate sulla ricerca di una soluzione efficace con quanto reperibile in loco, secondo le informazioni in possesso. Questo stesso criterio è stato applicato a tutte le proposte, con il fine di promuovere l’autocostruzione il più possibile

¹ “Per me i materiali sono importanti. La loro bellezza ma anche il loro potenziale di connettività. Devono funzionare bene tecnicamente e trasmettono anche una sensazione alle persone. Uso spesso materiale quotidiano come punto di partenza per il mio edificio: i vasi di terracotta che la donna realizza sono un esempio. [...] Un edificio fango suppone organicità e dove essere lavorato con una forma arrotondata; quella che era appropriata per “Africa”! A. Lepik, A. Beygo (a cura di), *Francis Kéré: radically simple*, Hatje Cantz A.M., Monaco, 2016, p. 175.

² M. Morandi, *Autocostruzione e partecipazione*, in “Autocostruzione Oggi”, Ente Fiere di Bologna, Bologna, 1982, p. 53.

e di soddisfare il numero più alto di necessità della popolazione. Agendo secondo questa prospettiva, l’indice di soddisfazione è cresciuto notevolmente, dal 61% iniziale al 88% finale. Le sei strategie proposte mirano al migliorare soprattutto per le classe di sicurezza, benessere, aspetto e gestione, secondo il seguente schema relativo alle esigenze.

1. Protezione (dai fenomeni di degrado) e affidabilità degli elementi costruttivi



2. Illuminazione notturna



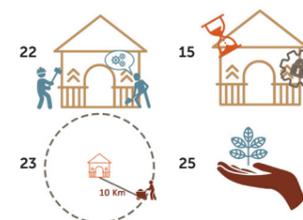
3. Aperture e controllo della luminosità



4. Distribuzione interna strategica



5. Compatibilità con l’autocostruzione



6. Scelta della composizione di copertura



In conclusione, un intervento abitativo in un’area come quella di Marsabit, permette di misurarsi con tecnologie e strategie molto diverse, in cui la vera sfida è quella di ingegnarsi nella ricerca di una soluzione adeguata con le poche risorse fruibili, situazione impensabile in un paese economicamente avanzato, in cui si è abituati ad avere tutto a disposizione. Un’altra sostanziale differenza è la concezione della casa: in Africa è vista più **come una radura**, quindi come spazio aperto da progettare e da integrare³, ideologia completamente differente rispetto a quella occidentale, in cui la casa è un edificio chiuso. Infine, nei luoghi con un clima caldo-arido, è fondamentale l’**approccio bioclimatico** a priori dell’architettura, in cui la libertà compositiva non è mai fine a se stessa ma deve essere in grado di tradurre i fenomeni fisici ed atmosferici propri del clima estremo (in questo caso del Kenya), in una costruzione quanto più possibile accogliente e confortevole. In altre parole, ogni scelta tecnologica e ogni spazio (il cortile, la veranda, il posizionamento delle camere) del progetto devono essere intesi come un componente di un unico organismo, con un ruolo specifico che influenza il resto. **Ogni risorsa reperibile è preziosa** per la realizzazione di una casa per chi non ne ha mai avuta una.

³ Come nel progetto analizzato, in Africa gli edifici si sviluppano attorno ad un cortile, che possiede sia un ruolo sociale per la famiglia ma anche la funzione di raffreddare gli ambienti nelle ore notturne.



RINGRAZIAMENTI

RINGRAZIAMENTI

Mi piace immaginare questa tesi come un ossimoro che associa la fine all'inizio: la fine del percorso universitario e l'inizio di un nuovo cammino verso il mondo lavorativo, pieno di aspettative e speranze. Tutto questo convoglia nella giornata di oggi, che ricorderò per sempre come uno dei traguardi più belli, come la gara più importante vinta contro me stessa e contro tutti gli ostacoli incontrati fin ora.

Gli anni universitari, per me non rappresentano semplicemente una crescita della mia istruzione e cultura ma una totale rivoluzione nella mia vita: uscire (più di una volta) dalla mia zona di comfort mi ha insegnato a contare sulle mie forze, a non abbattermi e ad essere determinata nel raggiungere i miei obiettivi. Ma, se tutto questo è stato possibile, il merito va alla mia famiglia, che mi ha sempre appoggiata, dandomi fiducia e condividendo le mie scelte (anche quella di un trasferimento a 800 Km da casa e uno in un altro stato). Quindi, il primo ringraziamento, il più grande, va a voi mamma e papà!

Un altro ringraziamento particolare va a tutte le guide di questo lavoro, che si intrecciano in questa tesi nonostante siano in stati diversi: in primis alla professoressa Elena Montacchini e all'architetto Roberto Pennacchio, esempi di professionalità e conoscenza, che mi hanno seguita e guidata nel "viaggio a Marsabit" qua a Torino. Poi, un ringraziamento davvero speciale è per il professor Adan Sánchez, con cui ho iniziato questa ricerca dopo varie complicazioni a Madrid e che sempre mi ha dimostrato la sua disponibilità anche da lontano e mi ha aiutata a superare tutte le prime perplessità e difficoltà nell'affrontare una tesi. Un grazie enorme lo dedico all'architetto Zeltia Gonzálo Blanco, l'inviata di UN-HABITAT in Kenya, che dall'altra parte del mondo mi ha fornito materiale, fotografie, manuali di progettazione sempre con grande simpatia e disponibilità e ricordandomi che *"los resultados de tu tesis seguro que aportan un valor añadido al diseño de las viviendas"*.

Un grazie speciale va a mia sorella, che è sempre stata presente anche con un messaggio nel momento di sclero da sessione e quando davvero la situazione era da "mai una gioia". Un altro caro ringraziamento va ai miei zii, che mi hanno accolta a Torino facendomi sentire quasi a casa e che mi hanno permesso di attenuare, al primo anno, il distacco dalla mia famiglia.

Ringrazio di cuore il gruppo dei Termotorinesi (neologismo che ormai non usiamo), il gruppo di amici migliore che si possa desiderare per condividere le esperienze di vita quotidiana nella meravigliosa città che è Torino. Ci siamo sostenuti e vicenda davvero in ogni momento, senza la vostra amicizia questi anni non sarebbero mai stati così "leggeri".

Vorrei ringraziare le ragazze che hanno condiviso con me un anno di vita a Madrid, un anno di avventure e viaggi nella *locura* spagnola, in cui ho conosciuto persone davvero stupende e sorprendenti, con cui non smetto

mai di ricordare i momenti più belli dell'Erasmus. Spero che la nostra amicizia non si dissolva con il tempo e la distanza, questo augurio è riferito sia a chi è vicino e vive con me nella stessa città e a chi è lontano e vive in un altro stato.

Un grazie va anche alle mie coinquiline, attuali e non con cui davvero condivido momenti per così dire "vari" di quotidianità, che mi supportano e mi sopportano nei miei umori altalenanti e spesso pessimistici. Grazie per rendere i pranzi della domenica più "in famiglia", per rallegrarmi con una bella dose di scemenze, tisane e barrette di cioccolato e per non farmi sentire sola.

Per ultimo, ma non significa il meno importante, un grazie molto speciale va a te, Michele, che mi tieni la mano e condividi con me pezzi di vita accompagnati da musica, leggerezza e affetto. Grazie per aver portato e diviso con me anche il ragù di tua nonna e le crostate della tua mamma (che continueranno ad essere sempre ben accette).

Ringrazio davvero tutte quelle persone che mi hanno lasciato qualcosa, anche se sono state presenti per poco tempo, e hanno contribuito a rendere così spettacolari questi anni qua a Torino, città che per sempre rimarrà nel mio cuore.

Grazie davvero, spero di essere stata almeno per questa volta un po' affettuosa e carina, ma davvero senza di voi questo percorso non sarebbe mai stato così ricco di emozioni.

Vi voglio bene.

Danila