

Federica Rossetto

La Gästehaus di Wangelineer Garten

analisi e valutazione della sostenibilità
di un edificio ad alte prestazioni ambientali.



tesi magistrale



POLITECNICO DI TORINO
corso di laurea magistrale in architettura
per il progetto sostenibile

relatore
Andrea Bocco

candidata
Federica Rossetto

A.A. 2018/2019

“Credo che avere la terra e non rovinarla sia la più bella forma d’arte che si possa desiderare”.

Andy Warhol

Indice

<i>Abstract IT</i>	11
<i>Abstract EN</i>	13
<i>Premessa</i>	15

parte I

Contesto geografico ed economico	01
1.1 inquadramento territoriale	22
1.2 inquadramento economico: FAL e.V.	23
1.2.1 dove opera	24
1.2.2 di cosa si occupa	25
1.2.3 i membri	26
1.3 note	28
Il villaggio Wangelin	02
2.1 Wangelin e il giardino botanico	32
2.2 gli edifici del <i>Wangeliner Garten: Lehmhaus, Gartencafé, Gartenrinnenhaus</i>	36
2.3 note	40

parte II

Introduzione al Caso Studio	03
3.1 inquadramento generale	45
3.2 progettista	46
3.2.1 punti chiave: studi sulle coperture	47
3.3 materiali e tecniche costruttive: la paglia	49
3.4 referenze culturali	52
3.5 note	53

Il progetto: la Gästehaus	04
4.1 proposta iniziale: <i>Morgenland</i> 2009	57
4.2 progetto finale	58
4.3 componenti dell'edificio	72
4.4 fasi di realizzazione	82
4.5 uso e costi della Gästehaus	88
4.6 degradi: il pavimento	89
4.6.2 le vetrate	90
4.6.3 la copertura	92
4.7 note	94

parte III

Computo energetico della Gästehaus	05
5.1 premessa	99
5.2 <i>Primary Energy Intensity</i> e <i>Global Warming Potential</i>	101
5.3 metodo di calcolo: Ökobaudat	102
5.4 calcolo: quantità	104
5.4.1 PEI e GWP	107
5.5 metodo di calcolo: ICE	109
5.6 note	112

Confronto dell'impatto ambientale della *Gästehaus* **06**

6.1 <i>Libelle, Villa Strohbunt e Casa Wegmann Gasser</i>	117
6.2 confronto con la <i>Gästehaus</i>	119
6.3 confronto tra la <i>Gästehaus</i> e generici sistemi costruttivi	122
6.4 note	123

Conclusioni **07**

È la <i>Gästehaus</i> un edificio sostenibile?	127
--	-----

<i>Bibliografia</i>	131
---------------------	-----

<i>Sitografia</i>	135
-------------------	-----

<i>Elaborati</i>	139
------------------	-----

<i>Ringraziamenti</i>	147
-----------------------	-----

Abstract IT

Il punto di partenza del lavoro di FAL e.V. inizia negli anni '90, con la crisi finanziaria che colpì la Germania dopo la caduta del muro di Berlino.

Lo scopo dell'associazione è, da allora, quello di diffondere e promuovere il progetto di vita economicamente ed ecologicamente adeguata, al fine di creare prospettive di sopravvivenza in una piccola porzione del Mecklenburg-Vorpommern, a nord-est della Germania. *Marienfließ*, riserva naturale nata da un ex campo d'addestramento sovietico; il *Lehm-museum*, museo della terra, ospitato in un vecchio fienile; il *Wangeliner Garten*, con il giardino botanico e gli edifici costruiti durante vari workshop, e con materiali naturali, sono solamente alcuni dei molti interventi di FAL e.V.

La presente tesi ha l'obiettivo di analizzare, valutare, anche mediante confronti, l'impatto ambientale di un edificio ad alte prestazioni ecologiche, realizzato all'interno del *Wangeliner Garten*, durante un periodo di quattro anni, dall'associazione FAL e.V., dall'architetto Gernot Minke e da un gruppo di 23 volontari.

La prima parte della ricerca si focalizza sul contesto territoriale ed economico del Mecklenburg-Vorpommern, situato nell'area a ovest del lago Plau; e sulla storia dell'associazione FAL e.V., dei

suoi membri e dei suoi progetti.

Nella seconda parte, dopo un inquadramento territoriale del villaggio di Wangelin e del *Wangeliner Garten*, e un necessario focus sulle nuove tecniche costruttive che utilizzano la paglia, viene approfondito in maniera dettagliata il Caso Studio.

La *Gästehaus* è nata come edificio-manifesto di un'architettura innovativa a basso costo, con manodopera non specializzata e l'utilizzo di materiali naturali locali. Vengono perciò analizzati diversi aspetti: la proposta iniziale e il progetto finale, i componenti dell'edificio, le fasi costruttive, i degradi, i tempi di utilizzo dell'edificio.

La terza e ultima parte introduce, in primis, i concetti di LCA (*Life Cycle Assessment*), PEI (*Primary Energy Intensity*) e GWP (*Global Warming Potential*).

Successivamente valuta l'energia grigia e le emissioni di gas ed effetto serra prodotto dalla *Gästehaus* durante il processo di produzione e costruzione (A1-A2-A3).

Al fine di avere una visione globale della sostenibilità della *Gästehaus*, sono stati messi a paragone con essa gli esiti ottenuti da altri sei Casi Studio, che spaziano da edifici in materiali naturali ad alta efficienza energetica fino a sistemi costruttivi medi, quali strutture in legno, in acciaio e calcestruzzo.

Abstract EN

The financial crisis during the 1990s, after the fall of the Berlin Wall, was the starting point for FAL e.V.'s work. Since then, the association's aim has been to sensitize and promote an ecologically and economically adequate life, in order to create survival prospects in a small area of Mecklenburg-Vorpommern, north-east of Germany.

Marienfließ, a natural reserve which rose from an ex-Soviet training camp; *Lehmmuseum*, a raw earth museum created in an old barn; *Wangeliner Garten*, with its botanical garden and buildings developed with natural materials during workshops, are just some of the many works in which FAL e.V. intervened.

The proposed thesis aims to analyze, evaluate and compare the environmental impact of a building with high energetic performance, in *Wangeliner Garten*, over a period of four years, by FAL e.V. association, architect Gernot Minke and a group of 23 volunteers.

The first part focuses on the territorial and economic context of Mecklenburg-Vorpommern, in the Lake Plaus's west area; on the history of FAL e.V. association, its members and its projects.

In the second part, after a territorial overview of Wangelin village and *Wangeliner Garten*, and, a necessary focus on the new straw construction techniques, comes the detailed

Case Study of this thesis. The *Gästehaus* was created as an icon of innovative low-cost architecture, built with local natural materials by an unskilled labor force. Many aspects will be examined: the first proposal and final project, the building's components, its construction phases, its decay, how much the building is used.

In the third and final part, the concept of LCA (Life Cycle Assessment), PI (Primary Energy Intensity) and GWP (Global Warming Potential) will first be introduced. Eventually, the environmental impact produced by the *Gästehaus* during its production and construction process (A1-A2-A3) will be calculated.

In order to have a global view of the sustainability of *Gästehaus*, we have compared our results with six other cases, ranging from structures in natural materials with high energy efficiency to average buildings (made of wood, steel and concrete).

Premessa

Secondo quali criteri si può definire un edificio ambientalmente sostenibile?

La definizione del rapporto Brundtland del 1987 afferma che *“Lo sviluppo sostenibile, lungi dall'essere una definitiva condizione di armonia, è piuttosto processo di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti con i bisogni futuri oltre che con gli attuali”*.

Da quasi trent'anni l'Associazione FAL e.V. promuove e contribuisce lo sviluppo sostenibile dell'area più povera della Germania: ha trasformato ex campi di addestramento in riserve naturali; ha riqualificato case tradizionalmente costruite in paglia e terra; ne ha costruite di nuove; ha incoraggiato lo sviluppo di prodotti locali.

La tesi qui presente raccoglie la testimonianza riguardo un loro progetto, la *Gästehaus*, come piccola realtà di architettura sostenibile: ambientalmente ed energeticamente, ma soprattutto socialmente come polo attrattivo nel panorama attuale della autocostruzione in paglia.

La decisione di studiare un edificio non reperibile sui manuali, senza avere alcuna informazione di base, mi ha portato a visitare luoghi intrinseci di storia, conoscere maestri del mestiere, impa-

rare.

Questo approccio così diretto con la realtà, pur se non privo di ostacoli, ha acceso la mia curiosità ed ha arricchito in modo significativo quest'ultimo mio percorso di formazione.

01

Contesto geografico ed economico

1.1 inquadramento territoriale

1.2 inquadramento economico:
FAL e.V.

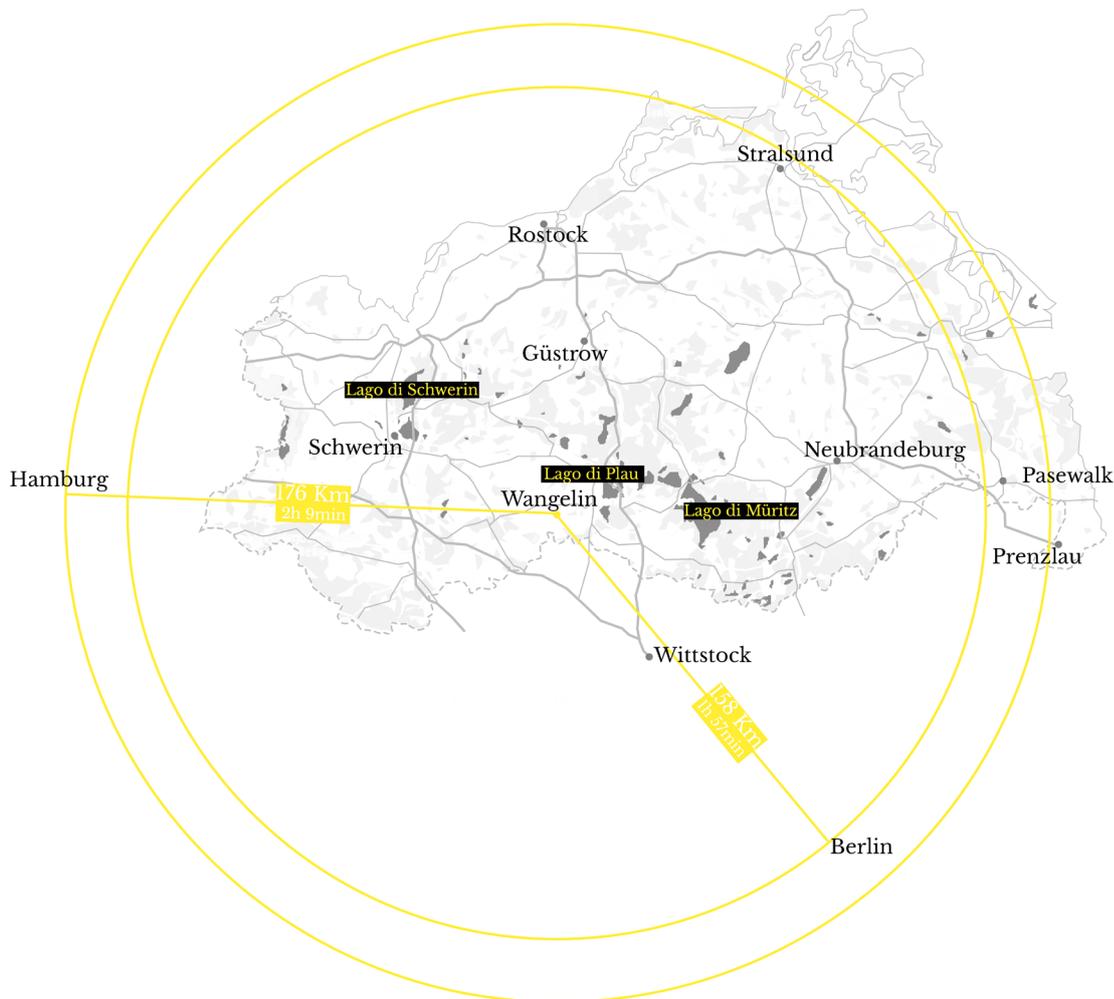
1.2.1 dove opera

1.2.2 di cosa si occupa

1.2.3 i membri

1.3 note





M2 Mecklenburg-Vorpommern, distanza tra le principali città
Fonte: Google Earth

1.1 inquadramento territoriale

Ci troviamo nello stato federale del Mecklenburg-Vorpommern, nella Germania nord-orientale, confinante con la Polonia e il Mar Baltico (M1).

L'area si estende per una superficie di 23.000 km² con una popolazione di circa 1,611 milioni.

È una regione caratterizzata da vaste superfici verdi, molti laghi, numerosi corsi d'acqua, tra i quali l'Elde e diverse isole nel Baltico (M2).

Ducato, poi granducato, incorporato nella Confede-

razione Germanica del 1867, costituì due Länder della Repubblica di Weimar, poi, nel 1933, unificato sotto il regime hitleriano.

Dopo la seconda guerra mondiale entrò a far parte della Repubblica Democratica Tedesca come Land di Meclemburgo-Pomerania Occidentale.

Fu smembrato nel 1952, come gli altri Länder, e ricostituito nel 1990, in occasione della riunificazione della Germania, con il medesimo nome e con capitale Schwerin.

Fra tutte le regioni tedesche è la meno popolata, ed è risultata penalizzata economicamente dalla riunificazione. Oggi sta conoscendo una fase di ripresa, con il recupero di produzione agricola nelle zone interne (grano, segale, barbabietola da zucchero, patate) e la riorganizzazione dell'industria lungo la fascia costiera.



01 Marienfließ, riserva naturale
© Federica Rossetto 2018

1.2 inquadramento economico: FAL e.V.

Al fine di creare prospettive di sopravvivenza in una piccola porzione di questo stato, è nata, FAL e.V. ¹ (*Förderung angemessener Lebensverhältnisse*), Associazione per la promozione di condizioni di vita ecologicamente ed economicamente adeguate nell'area a ovest del lago Plau.

FAL e.V. è stata fondata nel 1989, subito dopo la caduta del muro, nell'area più degradata e più bisognosa della Germania di allora, a Wendisch-Priborn, un comune di 448 abitanti.

Successivamente aderirono i comuni limitrofi come Gnev-

sdorf, Retzow e Ganzlin (M3). L'Associazione no profit cercò un modo per aiutare i disoccupati, per sostenere le aziende artigianali, per promuovere uno stile di vita sostenibile e di favorire un reddito sufficiente cospicuo per le famiglie locali.

I fondatori dell'associazione sono Klaus Hirrich, Pastor Schmidt, Hans-Heinrich Jarchow e Gerhard Winklmann: i direttori esecutivi eletti furono Hirrich e Jarchow.

"Besonders wichtig ist mir der sensible Umgang mit unserer Natur, von der wir Menschen

*nur ein Teil sind"*².

"Di particolare importanza per me è la gestione sensibile della nostra natura, di cui noi umani siamo solo una parte".

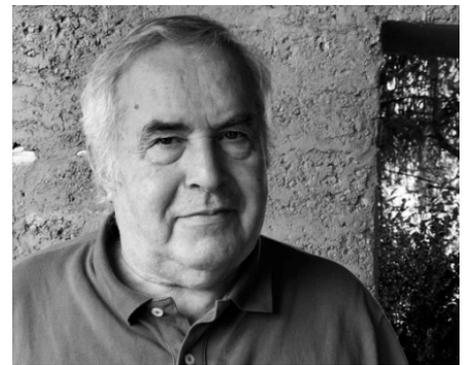
Il loro obiettivo era quello di creare posti di lavoro attraverso la riqualificazione di alcune aree della regione, nonché creare nuovi poli attrattivi che portino un riconoscimento a livello culturale e soprattutto economico. Iniziarono nel 1990, con la ricostruzione di cimiteri, con la ristrutturazione e riabilitazione di fabbriche, e con la piantumazione di alberi.



03 Klaus Hirrich
© engagement macht stark 2018



04 Uta Herz
© FAL e.V. 2017



05 Burkard Rüger
© FAL e.V. 2017

1.2.3 i membri

l'Associazione FAL e.V. è formata da dipendenti, volontari e dalle municipalità che hanno aderito al progetto. Durante il mio percorso di stesura della tesi sono venuta in contatto con Klaus Hirrich, Uta Herz e Burkard Rüger. La gentilezza e la disponibilità di queste persone mi ha aiutato sia durante il viaggio a Wangelin sia nella ricaptazione dei documenti.

Klaus Hirrich (03), fabbro di professione, è uno dei fondatori dell'Associazione. Da quasi vent'anni è anche il presidente.

Uta Herz (04), responsabile del Centro di Educazione della Costruzione in Terra, e pur abitando a Berlino, mi ha messo in contatto con gli architetti e ingegneri del posto. È entrata a far parte dell'Associazione nel 2001 come consulente per progetti nel settore edile senza scopo di lucro; il suo compito principale è quello di promuovere gli eventi in quell'area, ma soprattutto a Berlino, dove ha contatti.

Burkard Rüger (05) è un ingegnere civile, specializzato nelle costruzioni in argilla e

in paglia. Gestisce il campo di lavoro "The Straw Bridge - Architecture from the cornfield" e sviluppa i materiali didattici per l'edilizia ecologica per i campi di lavoro, nonché ha reso realizzabile la *Gästehaus*. Durante tutto il mio soggiorno è stata la mia guida, tutto ciò che ho appreso su questo edificio è grazie a lui.



M3 Plau am See, area di lavoro di FAL e.V.
Fonte: Google Earth

1.2.1 dove opera

Dagli anni '90 FAL e.V. ha trasformato la zona in un luogo vivibile e più prospero, offrendo un futuro a molte persone, le quali, dopo essere rimaste senza lavoro, causa chiusura delle aziende, stavano velocemente emigrando verso zone più ricche.

La scelta dell'area su cui intervenire fu in parte casuale. Semplicemente lì c'era bisogno di aiuto. Klaus era proprietario di una casa nel villaggio Ganzlin, e conosceva la situazione, immaginando che ci fosse maggiore possibilità di sussidi

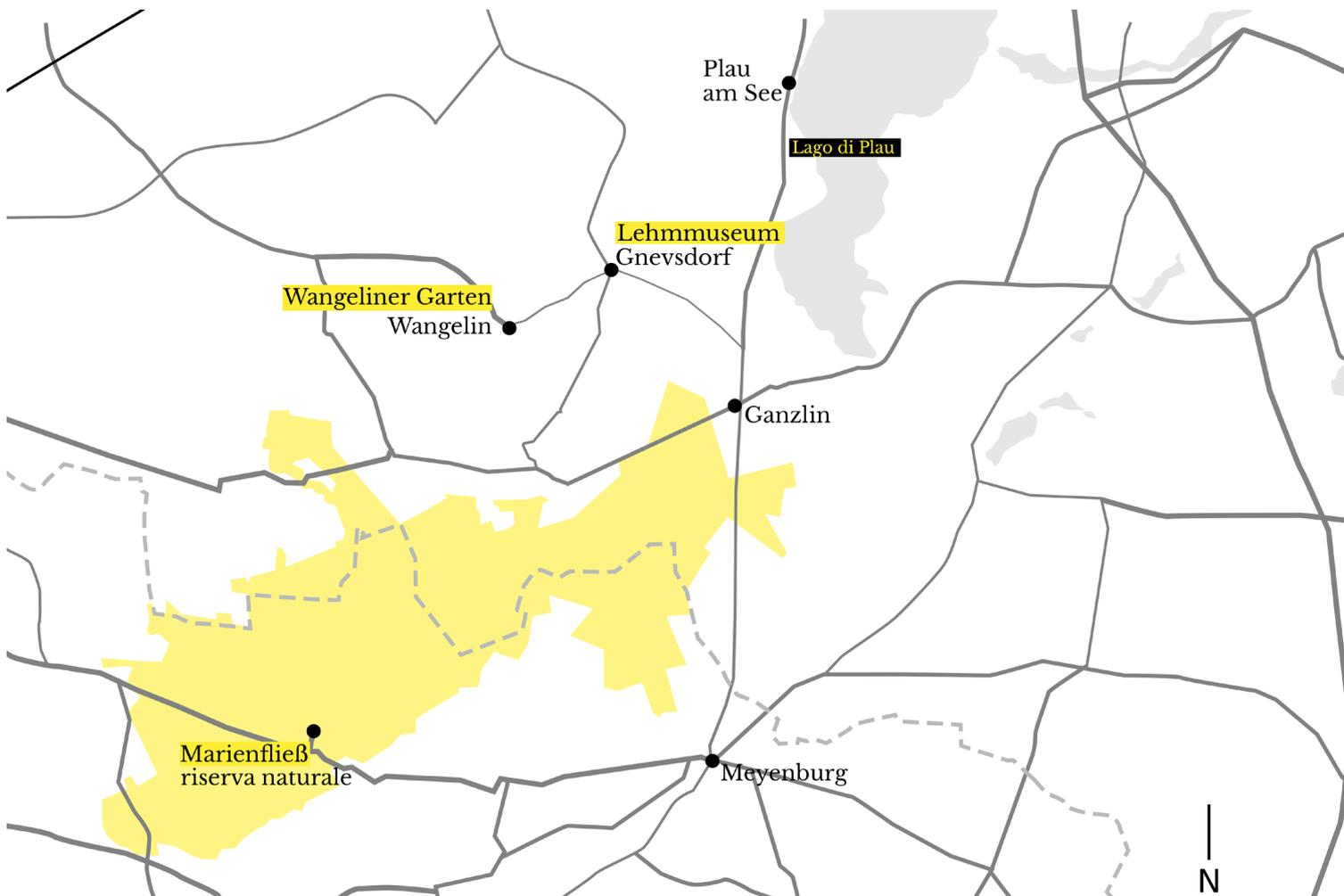
di da parte dello Stato.

L'emarginazione dell'area ha portato dei vantaggi: vi erano molti disoccupati, e case e aree fatiscenti, in più c'era maggiore libertà di sperimentazione.

L'area interessata (M3), nella parte meridionale del lago di Plau, seppure non direttamente collegata Hamburg e Berlino, non è distante da esse. Con la macchina si impiegano circa due ore; altrimenti in treno si raggiungono Meyenburg, Wittstock o Plau.

L'associazione vive grazie agli aiuti dello Stato, e grazie a donazioni da parte di enti pubblici e privati attraverso donazioni.

I fondatori pensando di creare un ponte di salvataggio dopo la guerra che sarebbe durato due o tre anni; invece oggi risulta in grande espansione, con visioni, nuove idee, attività.



M4 Plau am See, principali interventi di FAL e.V.
Fonte: Google Earth

1.2.2 di cosa si occupa

Per sostenere e promuovere uno stile di vita ecologicamente ed economicamente adeguato, FAL e.V. si occupa, in campo architettonico, di rinnovare antichi edifici costruiti con tecniche tradizionali; in campo economico, inserendoci all'interno attività commerciali tradizionali; in campo naturalistico di creare aree naturalistiche che attirino turisti in cerca di tranquillità.

Il primo progetto di FAL e.V. è stata la ristrutturazione dell'*Erenhaus* a Retzow (06), il secondo edificio più antico

del villaggio. La casa in questione era considerata "la casa delle streghe" dagli abitanti del paese, i quali non vedevano per essa nessuna prospettiva di successo.

Con l'aiuto del pastore del villaggio si riuscì a creare un polo turistico in grado di incoraggiare lo sviluppo tessile della zona.

Oggi, Claudia Stark gestisce l'*Ülepüle*: il nome deriva dal basso tedesco e significa farfalla, riferendosi all'emblema dell'Associazione. L'*Ülepüle* è una fabbrica di feltri, mescolando l'utilizzo della lana infeltrita con quel-

lo della seta che danno a vita a combinazioni originali di tessuti. Oltre alla produzione e alla vendita dei prodotti, si tengono regolarmente corsi e seminari per imparare.

Un secondo intervento di successo fu la riserva naturale di *Marienfließ* (01), ex campo di addestramento sovietico, ricco di brughiere, con molte varietà di farfalle, api, coleotteri, perfetta per escursioni. Nei mesi caldi, tutta la zona rinasce, come una colonia estiva: pullula di famiglie in cerca di tranquillità, ed esploratori in bicicletta.



06 Retzow, Erenhaus
© FAL e.V. 2015



07 Gnevsdorf, Lehmuseum
© Federica Rossetto 2018



08 Wangelin, Wunderfeld
© FAL e.V. 2015

Infatti, per il loro ventesimo anniversario, nel 2010, sono riusciti a realizzare una grande pista ciclabile che attraversa la riserva e i villaggi caratteristici⁴.

La zona richiama studenti, costruttori e autodidatti che vogliono imparare o arricchire le proprie conoscenze riguardo all'edilizia sostenibile: l'Associazione ha fondato, infatti, il Centro Educazione per la Costruzione in Terra, riconosciuto a livello europeo, dando vita un museo, seminari e workshop riguardo a questo materiale,

promuovendo costruzioni economicamente ed ecologicamente sostenibili.

Uno degli interventi più redditizi è il museo della terra a Gnevsdorf.

Il *Lehmmuseum* (07) si trova in un vecchio fienile con il tetto tradizionale in paglia, e illustra i cent'anni di storia della costruzione in terra cruda della Germania dell'est, dalle tecniche più antiche a quelle più innovative.

Mostre, conferenze e convegni completano la mostra permanente. Così come il *Lehmmuseum*,

molte abitazioni, nel corso degli anni, sono state restaurate o costruite ex novo con materiali tradizionali, spesso auto-costruite o auto-restaurate.

La realizzazione del *Wangeliner Garten* (cap. 2) ha dato la possibilità di creare luoghi dove, tramite workshop, si possono imparare le varie tecniche costruttive.

Nella caffetteria del *Wangeliner Garten* è in corso un altro progetto: il *Wunderfeld* (08), "il campo dei miracoli", dove si possono scoprire e acquistare i vari prodotti locali.

1.4 note

1 www.fal-ev.de

2 Parole di Klaus Hirrich, FAL e.V.
Fonte: www.engagement-macht-stark.de

3 Consiglio di amministrazione FAL e.V.: P. Denker, F. Hamann, P. Schulz, K. H. Pohl, W. Arndt, K. Bendel, H. Stolper, N. Reier, U. Pohla, B. Steinhäuser, N. Wellenbrock, K. Hirrich (direttore amministrativo)

4 Obiettivi descritti da Richert-Rexin in *Jahre verwegene ideen*, FAL e.V., Wangelin, 2007

02

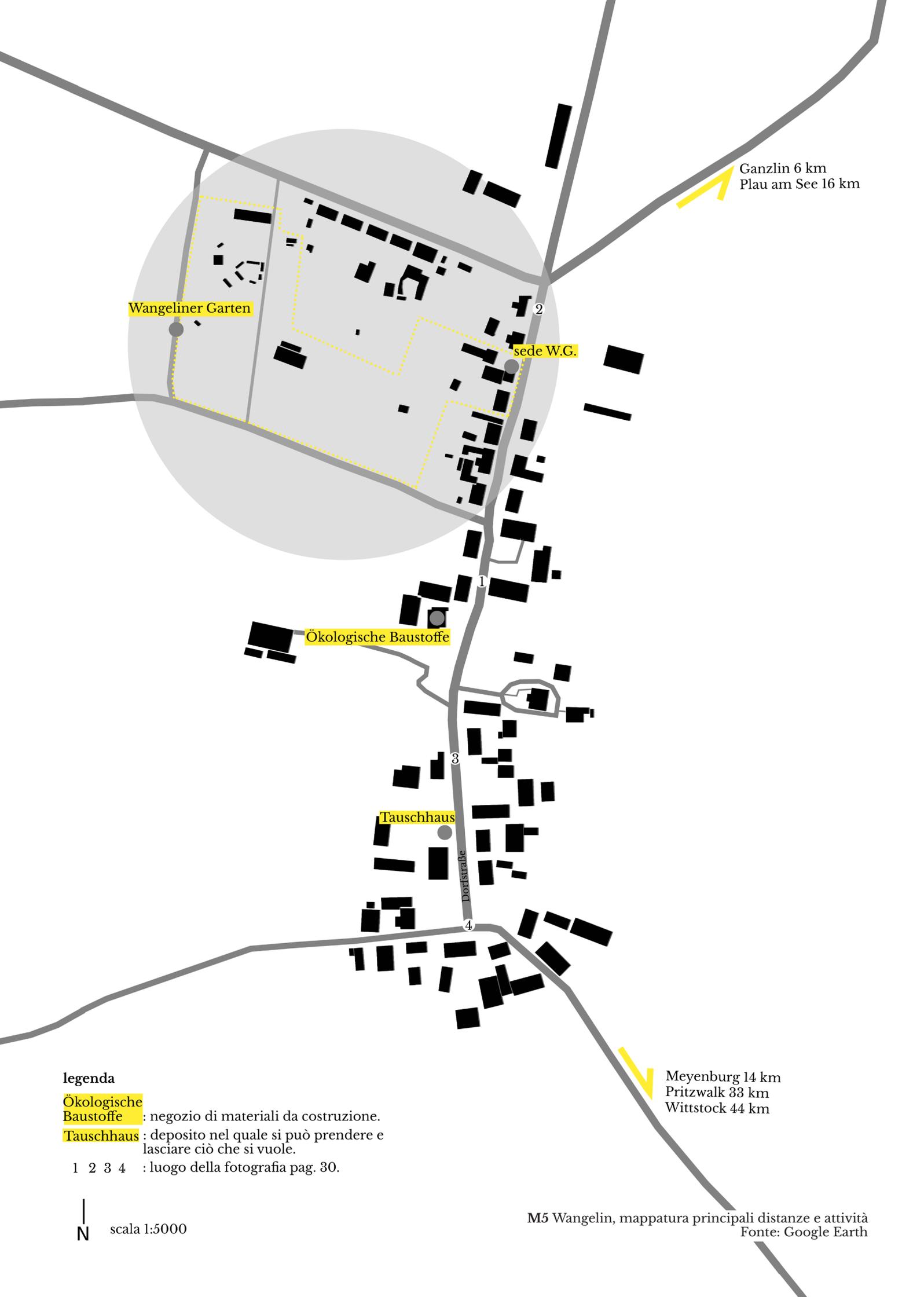
Il villaggio Wangelin

2.1 Wangelin e il giardino
botanico

2.2 gli edifici del *Wangeliner*

*Garten: Lehmhaus, Gartencafè,
Gartenrinnenhaus*

2.3 note



Ganzlin 6 km
Plau am See 16 km

Wangeliner Garten

sede W.G.

Ökologische Baustoffe

Tauschhaus

Dorfstraße

Meyenburg 14 km
Pritzwalk 33 km
Wittstock 44 km

legenda

Ökologische Baustoffe : negozio di materiali da costruzione.

Tauschhaus : deposito nel quale si può prendere e lasciare ciò che si vuole.

1 2 3 4 : luogo della fotografia pag. 30.

N
scala 1:5000



09 Wangelin, vista dalla strada principale
© Federica Rossetto 2018

2.1 Wangelin e il giardino botanico

"In unserem kleinen Dorf Wangelin wollen wir den Beweis antreten, dass durch gemeinsames Engagement ein nachhaltiges Leben auf ökologischer Grundlage machbar ist."

"Nel nostro piccolo villaggio Wangelin vogliamo dimostrare che l'impegno congiunto rende fattibile uno stile di vita sostenibile su una base ecologica".

Dorfstraße (09) è l'unica strada del villaggio Wangelin, che apre il passaggio fra case accoglienti e curate.

Conta 50 abitanti d'inverno, e, oltre alle case residenziali possiamo trovare quattro

attività principali (M5): una caffetteria, all'interno del *Wangeliner Garten*, aperto solo d'estate, uffici dell'Associazione FAL e.V, un negozio che vende materiali da costruzione (*Ökologische Baustoffe*) e un luogo di scambio di cose usate (*Tauschhaus*).

Il *Wangeliner Garten*, a nord-ovest del villaggio, è grande complessivamente 22.800 m².

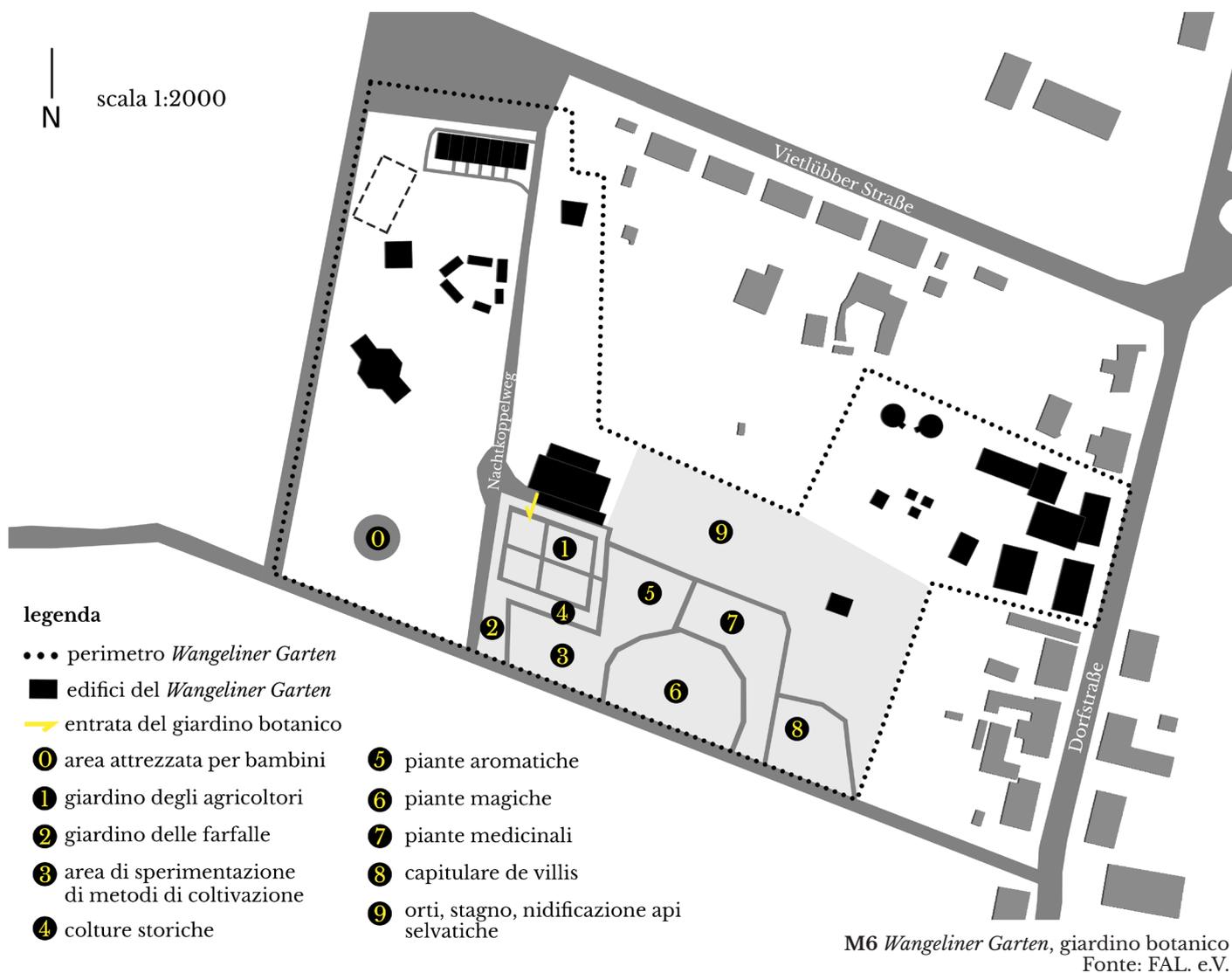
A seguito della realizzazione del giardino, di superficie 15.000 m² sono stati negli anni costruiti una serie di edifici disposti su tutto il

lotto.

Il giardino botanico (M6) è nato come luogo educativo orientato alla sostenibilità ambientale.

È organizzato in aree tematiche: un labirinto di salici, il giardino delle farfalle, l'area delle colture storiche e delle nuove sperimentazioni, le piante aromatiche, le piante magiche e quelle curative. L'ultima parte, con un piccolo stagno, è dedicata all'apicoltura, e agli orti (10-15).

Con più di 900 specie e varietà di piante, questo giar-



dino si è un'oasi che offre la tranquillità di sperimentare e ammirare la varietà della natura che ci circonda. Ravviva la mente, soddisfa l'occhio e il naso e apporta piacere a tutti i sensi.

La parte est, confinante con l'unica strada del villaggio, è destinata agli uffici, ai capannoni e ai laboratori dove si svolgono i workshop.

La costruzione di questi piccoli edifici ecosostenibili è un processo in continua espansione, in quanto progettati in base alle esigenze e realizzati

da volontari e studenti durante i workshop estivi. Il bisogno di collaborazione per la manutenzione del giardino, e in generale per far sì che per il progetto di FAL e.V. cresca progressivamente l'interesse turistico, ha portato all'organizzazione di stage e workshop.

Essi spaziano dal giardinaggio alla progettazione di giardini naturali, alla creazione e implementazione di programmi pedagogici (attraverso, ad esempio, la sensibilizzazione al tatto su diversi tipi di materiali, crudi e cotti),

nonché di alla commercializzazione di prodotti regionali (come medicinali a base di erbe) e, infine, di sperimentazioni edilizia ecologica.

A causa del clima le attività e i workshop si svolgono solamente durante i mesi estivi, popolando di vita il piccolo paese.

I seminari durano da due a sei settimane consecutive e sono suddivisi per capacità e obiettivi: per le persone del settore, ad esempio, terminano con un esame finale e un riconoscimento attestato in



10 Giardino botanico, piante aromatiche
© Andrea Bocco 2018



11 Giardino botanico, piante aromatiche
© Andrea Bocco 2018



12 Giardino botanico, orto
© Andrea Bocco 2018

caso di successo.

Se i laboratori per i bambini sono gratuiti, i corsi di specializzazione di per sé risultano costosi: ad esempio quelli di sei settimane si aggirano intorno ai 1000/2000 euro.

Il governo tedesco finanzia i workshop ai ragazzi di età compresa fra i 16 e 24 anni, che provengono dalla Germania dell'est, la parte più povera del Paese.

Questa impostazione da una parte suscita una vasta richiesta da parte dei residenti dell'ex DDR, ma riduce le

possibilità di partecipazione per la maggior parte delle persone senza reddito fisso sia della Germania occidentale che dell'intera Europa.

Anche se già esistenti in modo sperimentale, l'idea futura è quella di dare maggior spazio a workshop internazionali, in lingua inglese, in modo da coinvolgere una più ampia fetta di utenti e ampliare la visibilità, sollecitando nuovi fondi.

Quasi tutti i materiali per i laboratori, materiali che servono per costruire man mano

nuovi edifici, sono comprati grazie alle donazioni di enti privati e pubblici.

Ma le spese non sono limitate ai materiali: infatti, se la maggior parte dei collaborati sono volontari dell'associazione, gli specialisti (ingegneri e architetti), che tengono i vari corsi sulla bio-architettura vengono regolarmente stipendiati.

L'inverno rigido non favorisce l'afflusso turistico, cosicché Wangelin si assopisce per quasi tutto il periodo, ad eccezione di alcuni weekend, quando vengono organizzati



13 Giardino botanico, colture storiche
© Federica Rossetto 2018



14 Giardino botanico, stagno
© FAL e.V. 2014



15 Giardino botanico, nidificazione api
© Andrea Bocco 2018

mercattini autunnali con prodotti artigianali locali, concerti o serate cinema, conferenze e congressi su temi di sostenibilità ambientale.

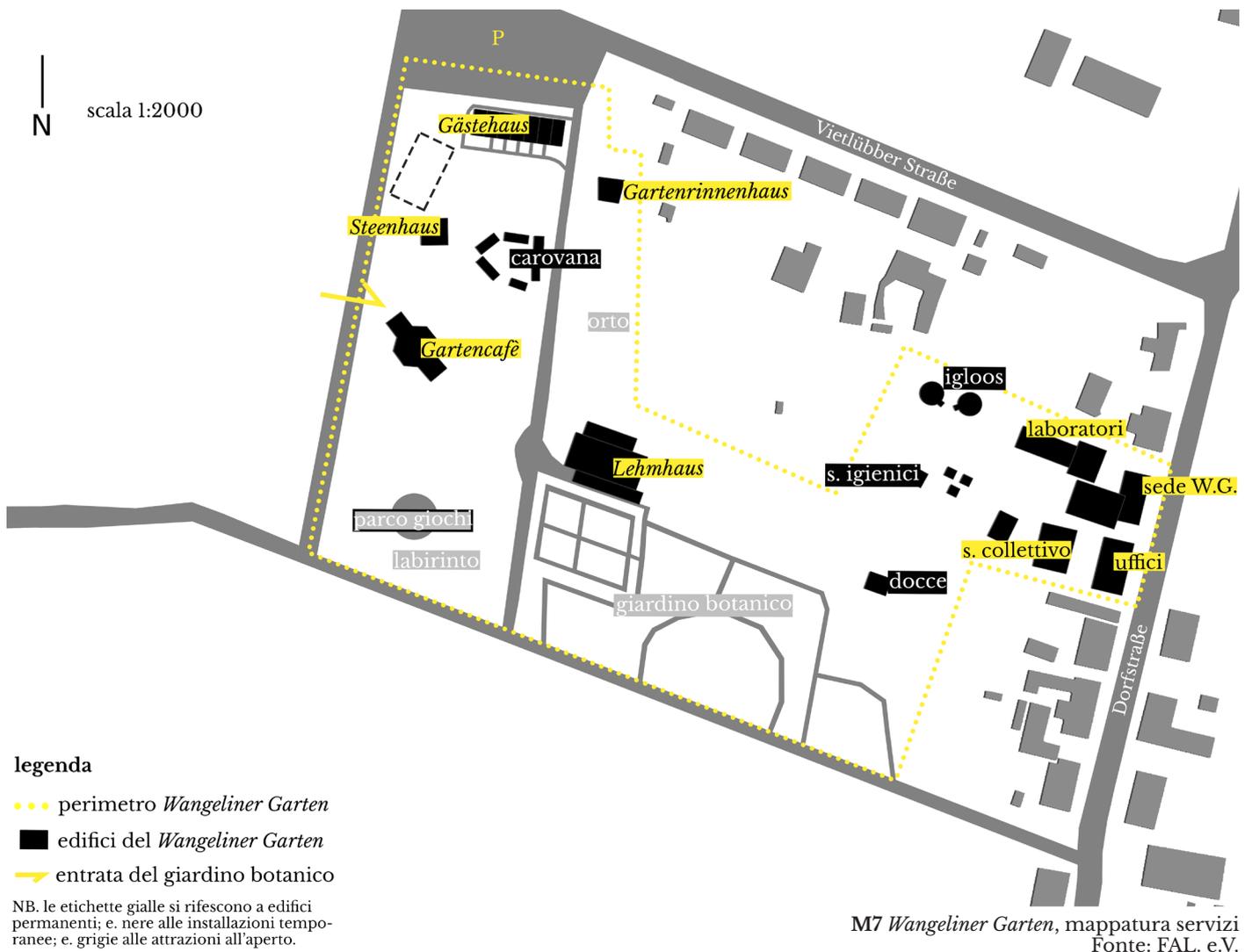
Ad esempio, uno degli eventi più particolari è il Wangerliner Lange Nacht der Lehmöfen, organizzato nella prima metà di novembre, quando, con il primo freddo, gli abitanti aprono le porte delle loro case e mostrano le tante soluzioni di stufe a basse emissioni, prodotte dall'azienda Tulisydäm.

Il Firebox è basato sull'espe-

rienza acquisita in progetti internazionali, che è fondata sulla collaborazione tra la tradizione industriale finlandese, con in prima fila Heikki Hyytiäinen e Tulisydäm Oy, e l'Università di Tampere (Finlandia) e quella di Stuttgart (Germania). I bassi livelli di emissioni derivano da un attento flusso di aria per la combustione all'interno del camino.

L'aria richiesta passa attraverso uno speciale ashbox, ed è controllata attraverso una semplice maniglia: essa può avere tre posizioni diffe-

renti (0, 1, 2). Ogni posizione rappresenta un stadio del processo di riscaldamento: la fase chiusa, la fase esausta e la fase di combustione.



2.2 Gli edifici del Wangelineer Garten

Gli edifici presenti nel Wangelineer Garten hanno sia l'intento di creare un polo attrattivo, ma nascono, come ovvia necessità, all'esigenza di costruire luoghi chiusi, in grado di soddisfare le esigenze dei fruitori (case vacanze, cucine, servizi igienici).

A questo scopo, fin dai primi anni, durante i workshop vengono costruiti piccoli edifici, rigorosamente in paglia o terra cruda, che danno vita a una vera e propria piccola colonia nell'area intorno al giardino (M7).

Lo spazio dei laboratori è

molto vasto, in quanto occorre sia una parte chiusa dove poter provare e spiegare le varie tipologie tecniche di intonaco, sia una parte all'aria aperta per le prove costruttive, tanto di muri, quanto di forni in argilla.

Durante la mia visita, nel mese di novembre 2018, era in corso il restauro e l'ampliamento del corpo coperto, che prevede anche l'inclusione di un vecchio edificio adiacente, per ottenere più spazio per i vari laboratori estivi.

Nella parte ovest, di circa

17.000 m², si trovano il giardino botanico e l'area campeggio, con alloggi, vagoni/camper (16) e posti tenda. In entrambe le aree sono inseriti piccoli fabbricati adibiti ai vari usi collettivi, come cucine, servizi igienici, etc.

L'estate scorsa si è concluso il workshop che ha ultimato le nuove docce e la nuova cucina, realizzate rispettivamente in terra cruda e in balle di paglia con caratteristiche decorazioni interne in intonaco di argilla. I servizi igienici sono invece stati costruiti con



16 *Wangeliner Garten*, carovana
© Federica Rossetto 2018



17 *Wangeliner Garten*, *Gartenrinnenhaus*
© Federica Rossetto 2018

materiali di recupero, come cartelli stradali o lamiere di metallo, pannelli in pvc, etc.

Nata come casa dei giardinieri, il *Gartenrinnenhaus* (17), è oggi l'alloggio più richiesto nel *Wangeliner Garten*.

Completata nel giugno del 2013, la piccola costruzione firmata dall'architetto Sabine Suhlo è particolare principalmente per due motivi: la tecnica e i materiali utilizzati. L'elemento chiave dell'edificio è la copertura, inclinata verso sud, e rivestita da tegole riciclate e vetro; nella parete nord, essa scende fin

verso terra in una cassaforma di legno.

L'ossatura, poggiata su una base in cemento, così da favorire la ventilazione ed evitare problemi di umidità, è prefabbricato in legno, riempita da balle di paglia, nelle pareti, nel tetto e nel pavimento. Il tutto protetto da un intonaco a base di calce all'esterno, e a base di argilla, all'interno.

Tecnicamente e artisticamente di grande impatto, il *Gartencafé* (18), adibito a reception, caffetteria e negozio di prodotti locali, serve,

dal 2014, anche come nuovo ingresso al complesso.

Progettato da Gernot Minke e realizzato da Tobias Weyhe, l'edificio, a pianta ottagonale, è stato costruito in circa tre anni, come modello di casa ambientalmente sostenibile e a risparmio energetico.

Il design è ispirato alle capanne degli indiani Navajo, sia per la pianta ottagonale, sia per la geometria del tetto autoportante, in travi di legno, che si chiude a spirale, lasciando un lucernario nella parte centrale (19).

La struttura del tetto supporta inoltre uno spesso strato di



18 Wangelinert Garten, Gartencafé
© Andrea Bocco 2018



19 Wangelinert Garten, interno Gartencafé
© Andrea Bocco 2018

terra, che bilancia l'afflusso di calore delle pareti vetrate esposte a sud, evitando il surriscaldamento dell'ambiente interno.

Le pareti opache, invece, sotto la guida del costruttore Piet Karlstedt, sono in balle di paglia e intonaco d'argilla, o in calcestruzzo aerato autoclavato con intonaco di calce. Le sfumature di colore che caratterizzano gli intonaci del *Gartencafé*, tanto nelle pareti esterne, come in quelle interne, sono opera dei designer Irmela Fromme e Andrea Silbermann. La malta di gesso è stata mescolata con calce e sabbie locali, in modo

da sfumare in un caldo tono sabbioso; farfalle colorate e nastri vegetali in rilievo avvolgono l'edificio e completano l'ornamentazione.

L'interno della caffetteria è altrettanto straordinario: le pareti richiamano le decorazioni in ceramica veneziane, mentre il pavimento è stato realizzato con mattoni in terra cotta di recupero e cubetti di ceramica colorata.

Il tetto verde, le sfumature di colore, le decorazioni floreali e la forma organica della pianta rendono il *Gartencafé* un unicum con la natura circostante, nel pieno del rispet-

to del ruolo ad esso affidato.

In un primo momento, l'entrata dell'intero complesso si trovava vicino al grande edificio multifunzionale, il *Lehmhaus* che si affacciava direttamente sul giardino. In secondo momento si è pensato di creare un'entrata più adatta a sud, con un'area gioco bimbi e un piccolo labirinto, che dirige i fruitori, in modo indiretto, verso la caffetteria e successivamente verso le altre aree.

Il *Lehmhaus* (20), costruito nel 1997, fu il primo edificio,



20 Wangelinert Garten, Lehmhaus
© Federica Rossetto 2018



21 Wangelinert Garten, interno Lehmhaus
© Andrea Bocco 2018

in tutta l'area settentrionale della Germania, costruito in terra cruda; e, grazie al buon risultato ottenuto, ha gettato le basi per tutti i progetti ecologicamente sostenibili promossi da FAL e.V.

Diventato noto a livello internazionale, nel 2011 è stato premiato come "*Outstanding Earthen Architecture*", nel progetto UE "Terra (In)Cognita".

Integrato nel giardino botanico, il corpo edilizio multifunzionale ospita riunioni, eventi culturali e mostre temporanee. È presente anche una piccola biblioteca,

con una selezione di libri riguardanti piante medicinali, giardinaggio, edilizia e sostenibilità ambientale.

La struttura portante è a telaio, in legno, mentre sia le pareti esterne che quelle interne sono in terra battuta, nude o rivestite di legno. La miscela, formata da terra e frammenti di mattoni, è stata prodotta in situ e compattata in casseforme da vibrator.

In contrapposizione all'imponenza del nucleo principale in terra cruda, con spessi muri alti circa 4 m, si è costruito un portico laterale

in vetro, lungo circa 22 metri (21).

Il tetto del corpo principale, a doppia falda, è rivestito da una piccola oasi verde di piante rare, provenienti dalla riserva naturale di *Marienfleiß*, che offre l'opportunità di insediamento di specie animali.

Due collettori solari, posizionati nella parte centrale, servono per la produzione di acqua calda e come supporto per il riscaldamento.

2.3 note

1 Parole di Gernot Minke in www.engagement-macht-stark.de

2 <http://casediterra.com>

03

Introduzione al Caso Studio

3.1 inquadramento generale

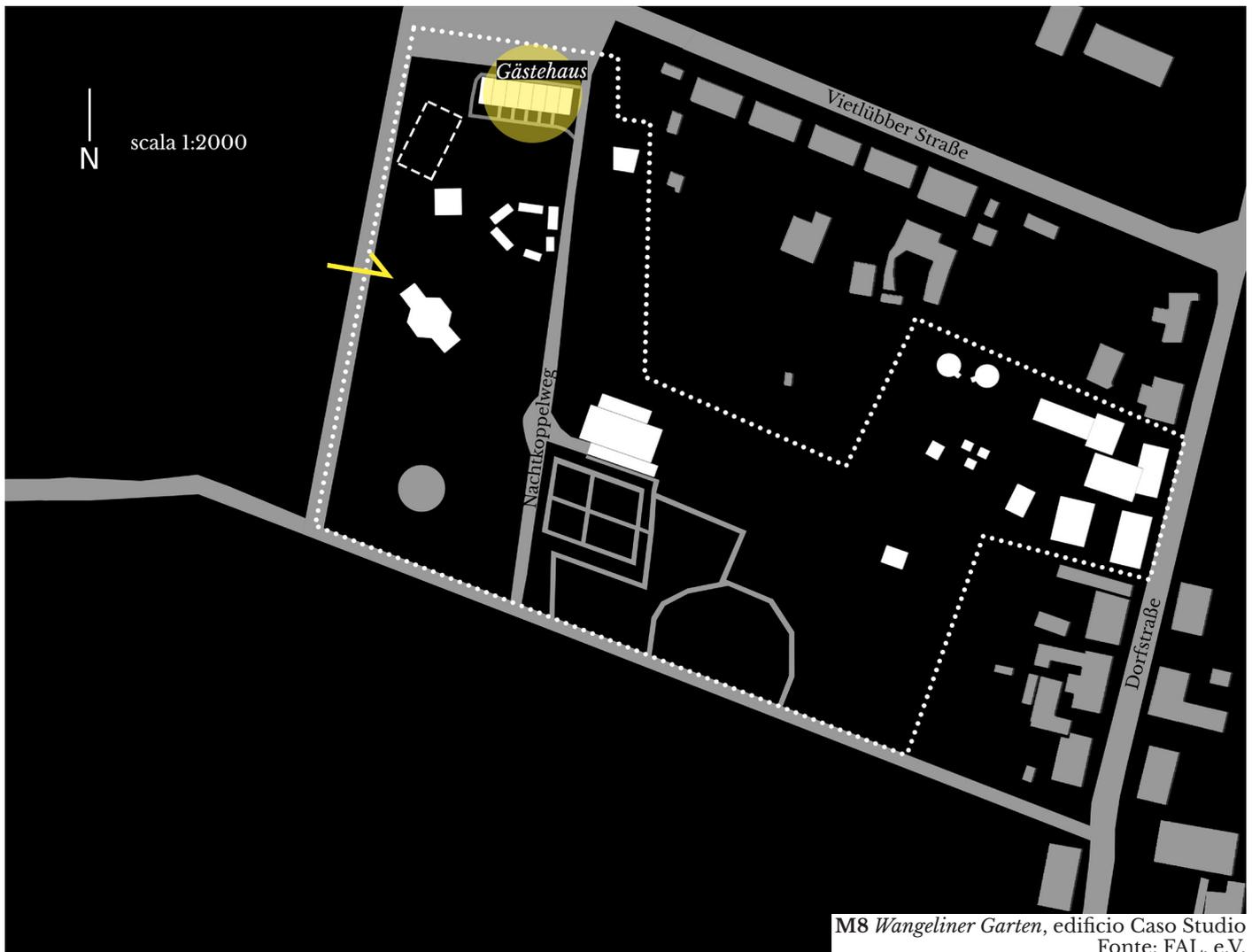
3.2 progettista

3.2.1 punti chiave: studi
sulle coperture

3.3 materiali e tecniche co-
struttive: la paglia

3.4 referenze culturali

3.5 note



M8 Wangeliner Garten, edificio Caso Studio
Fonte: FAL e.V.

3.1 inquadramento generale

La *Gästehaus* (M8) si trova nella parte più a nord del *Wangeliner Garten*. L'edificio doveva essere adibito ad alloggi-vacanze per i fruitori di tutta l'area di Amt Plau am See.

La costruzione dista circa 60 m dall'entrata principale, ma non è direttamente visibile cause la folta vegetazione.

Un grande giardino lo accoglie nel lato sud, mentre un recinto lo chiude e lo separa dal parcheggio riservato a nord. Tuttavia dalla strada si può intravedere la geometria particolare del tetto.

La realizzazione del complesso, risultato degli studi condotti dal professore e architetto Gernot Minke riguardo la costruzione innovativa in balle di baglia, è iniziato nel 2011, con la costruzione delle fondamenta.

Successivamente, durante un workshop diretto dal Centro Europeo di Educazione per la Costruzione in Terra, lungo 2 settimane, supervisionato da Minke, l'architetto Tobias Weyhe, il direttore amministrativo di FAL e.V. Klaus Hirrich, l'ingegnere Burkard Rüger e 23 volontari prove-

nienti da diverse parti del Paese.

Sono stati costruiti i muri portanti in blocchi di AAC, le volte in balle di paglia, in seguito intonacate con argilla, il pavimento in terra e paglia e gli arredi.

Nel corso degli anni, tutto il cantiere è stato protetto da un grande telo in plastico sorretto da tubi innocenti.

Il cantiere si concluse 3 anni dopo, nel 2015.



22 Tamera, Gernot Minke
© Ecoweek 2016



23 Wangelin, workshop *Gästehaus*
© Uta Herz 2011

3.2 progettista

L'architetto scelto per realizzare il progetto del complesso che dovrà ospitare cinque alloggi/vacanza è Gernot Minke (22), progettista di fama mondiale e uno dei padri della bio-edilizia.

Minke nacque nel 1937 a Rostock, in Germania; studiò architettura e urbanistica nelle scuole di architettura di Hannover e di Berlino, e diventò assistente di Frei Otto presso l'*Institut für leichte Flächentragwerke* a Stuttgart.

Dal 1974 al 2005 insegnò Progettazione Strutturale e Costruzione Sperimentale pres-

so l'Università di Kassel, dove fondò il Laboratorio di Ricerca per l'Edilizia Sperimentale (FEB- *Forschungslabor für Experimentelles Bauen*).

I campi di ricerca su cui si approccia sono differenti, tra cui costruzione a basso costo in terra cruda e paglia; sviluppo di nuove tecniche antisismiche in adobe, pomice e bambù; sperimentazioni sui tetti verdi e giardini verticali.

Ha scritto più di trecento articoli su riviste specializzate e ha redatto molti manuali, tradotti in diverse lingue, contenenti la sua esperienza e

i risultati acquisiti durante i diversi anni di ricerca e insegnamento.

I suoi studi sono apprezzati soprattutto in America Latina: l'uso di tecniche artigianali e materiali locali facilita la costruzione in Paesi non ancora del tutto globalizzati.

Minke fino ad oggi ha realizzato più di 100 edifici in Argentina, Bolivia, Brasile, Cile, Colombia, Germania, Ecuador, Guatemala, India, Paraguay, Russia, Slovenia, Ungheria e Uruguay.



24 Fotomontaggio: Kassel 1985, Kassel 1993, Colombia 2007, Slovacchia 2010, Wangelin 2014, Brasile 2016²
 Fonte: Gernot Minke projects

3.2.1 punti chiave: studi sulle coperture

Che si spazi tra residenziale, edifici pubblici, strutture sacre e meditative, uffici o eco-villaggi, i punti chiave della progettazione di Minke sono: la semplicità nella loro costruzione, intesa più come auto-costruzione; l'alta prestazione ambientale di materiali "poveri", legata al comfort visivo della loro forma geometrica.

In altre parole, i suoi progetti sono esempio di un'architettura sostenibile a basso costo e con manodopera non specializzata: durante i workshop, di 2/3 settimane, da lui

stesso supervisionati, si impara a costruire dallo scheletro dell'edificio agli arredamenti (24).

"Hands-on workshops and learning by doing is, in my opinion, one of the most exciting and effective ways for students and professional to learn the architectural profession".

"Il workshop pratico e l'apprendimento attraverso il fare è, a mio avviso, uno dei modi più eccitanti ed efficaci per studenti e professionisti per apprendere la professione di architetto".

L'introduzione di scuole a

cielo aperto riguardo nuove ma semplici tipologie di costruzione aumenta, inoltre, la consapevolezza, anche a i non architetti, di poter costruire una casa in autonomia, utilizzando determinati materiali, naturali e facilmente reperibili a costi bassissimi.

Come vedremo nel capitolo 5, con lo studio dell'impatto ambientale, tutti questi punti risulteranno a favore per una costruzione cosiddetta sostenibile (23).

Le alte prestazioni ambientali non derivano solamente dall'utilizzo di alcuni mate-

caratteristiche principali

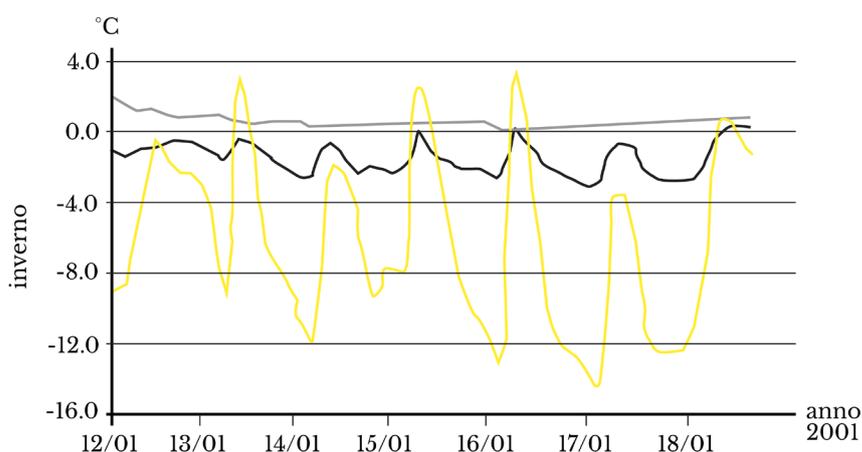
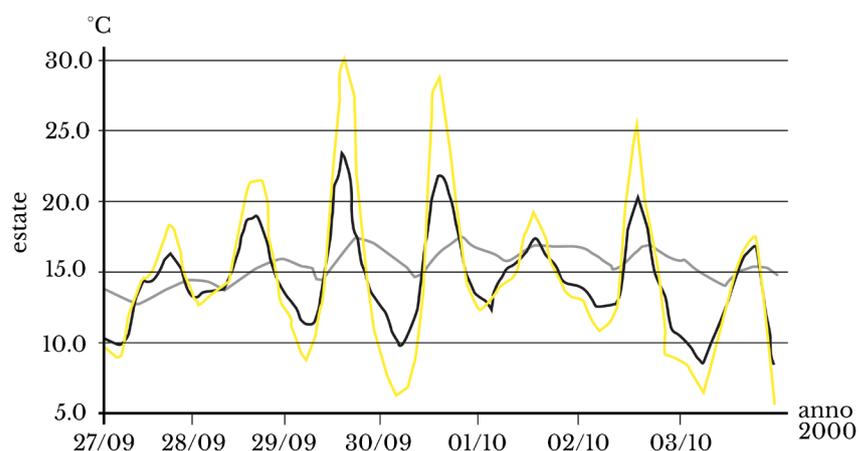
base: strato di 5/10 cm di aggregati minerali (ghiaia) e acqua

sottostrato: povero e poco fertile

ottima inclinazione del tetto: dal 5 al 20%

legenda

- temperatura sotto l'erba
- temperatura sotto la terra
- temperatura dell'aria



SI Temperature estate/inverno tetto verde

riali rispetto che altri, ma anche dalla forma geometrica prescelta.

Il design utilizzato di Minke nei suoi progetti si ispira in maniera preponderante a forme curve e coperture a cupole, interesse derivato inizialmente da viaggi realizzati nel Balcani e in Turchia, dove ha studiato a fondo moschee e chiese bizantine, realizzate con cupole ottagonali.

Durante un soggiorno a New Gourn, in Egitto, dopo aver pernottato in una stanza con cupola in terra presso la residenza di Hassan Fathy, Min-

ke realizza la potenzialità di queste forme e decide di concentrarsi sullo studio di esse, trasferendole dal tradizionale utilizzo in strutture a fine religiose all'ambito tradizionale. In più, come sottolineato dallo stesso Minke, la sensazione di spazi con una copertura a volta o a cupola ha un effetto piacevole e calmante rispetto ai soffitti piani.

Il design di cupole e volte deriva anche dall'architettura popolare di diversi popoli di diversi secoli.

Dai *Trulli* italiani in lastre di pietra, al *Tolek Musgum* in balle di paglia; dagli *Indlu*, del po-

polo Zulù, alle *Fale Tele*, delle Isola di Samoa in fibra di cocco e canna da zucchero, o alle capanne del popolo Navajo, gli *Hogan*, coperture lignee a spirale (25).

Un'altra caratteristica dei progetti di Minke è l'utilizzo di coperture verdi, per mitigare le temperature, sia in zone molto calde che in molto fredde: alcuni suoi esperimenti nell'anno 2000/2001 mostrano come, con il substrato di terra e erba, l'aria che all'interno dell'edificio ha una temperatura migliore sia d'estate che d'inverno (SI)².



25 Fotomontaggio: trulli italiani, Indlu, Tolek Musgum, Fate Tele, Hogan.
Fonte: G. Minke, Cúpulas y bóvedas. Icaria 2017

3.3 materiali e tecniche costruttive: la paglia

La paglia compressa in balle è materiale da costruzione con un grande potenziale.

Presenta un alto valore di isolamento termico (trasmissione termica di balle di paglia spesse 45 cm è pari a 0,13 W/m²K; valore che scende ulteriormente se considerato la presenza dell'intonaco); un buon potere fonoassorbente (in quanto materiale poroso); e grande resistenza contro i sismi (più del doppio delle costruzioni tradizionali)³.

Inoltre, al contrario di quanto si pensi ha una buona

resistenza al fuoco: studi dimostrano che una parete in paglia, intonacata con argilla in entrambi i lati, sottoposta per 30 min a temperature di 1000 °C, presenta solamente alcune crepe a livello superficiale⁴.

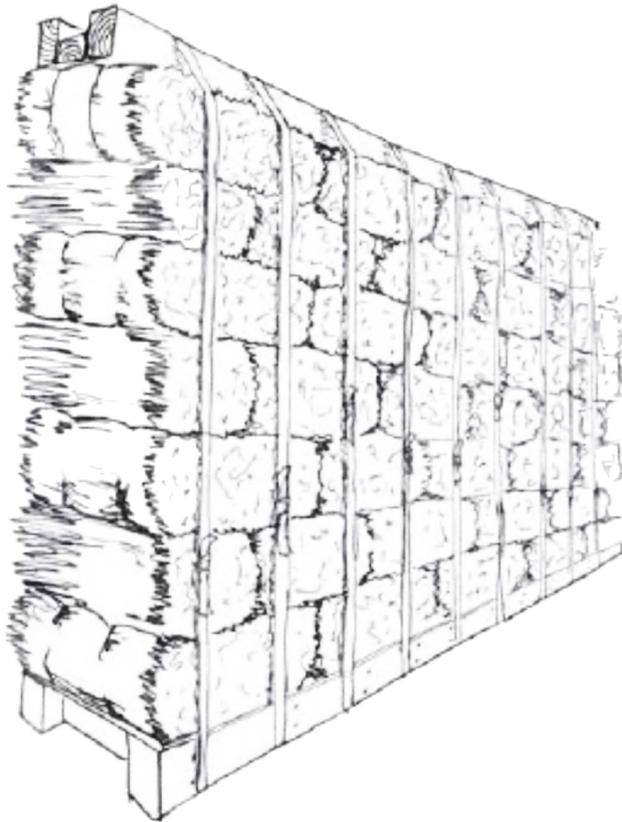
Come tutti i materiali naturali porosi, è in grado di assorbire le emissioni di gas a effetto serra della nostra atmosfera: 1 tonnellata di paglia riduce di 1,5 tonnellate di CO₂.

Edifici sperimentali provano che i muri in balle di paglia

possano sostenere carichi di più di 500 kg per metro lineare: possono accettare carichi maggiori se stabilizzati contro le deformazioni⁵.

Infine, se non sottoposta a stress di umidità, ha una grande durabilità: in Nebraska, negli Stati Uniti, esistono ancora case in balle di paglia autoportanti costruite più di 100 anni fa (S2).

Nell'ambito tedesco le prime testimonianze documentate di costruzioni in paglia risalgono agli anni '90: il primo prototipo di abitazione in paglia fu realizzato a seguito di



isolamento termico	● ● ● ● ●
isolamento acustico	● ● ● ● ○
durabilità	● ● ○ ○ ○
porosità	● ● ● ● ●
resistenza al fuoco ²	● ● ● ○ ○
resistenza ai sismi ³	● ● ● ● ●
resistenza strutturale ⁴	● ● ● ○ ○
reperibilità	● ● ● ● ●
smaltimento	● ● ● ● ○

S2 Caratteristiche muro autoportante in balle di paglia

un seminario nel 1995, diretto da Martin Oehlmann e Harald Wedig a Pommeritz. Negli anni successivi vennero presentati altri workshop riguardanti lo stesso tema, anche se pochi adottarono questa tecnica: durante la *Green Week Global Ecovillage Network* (1999), è stata progettata, da Harald Wedig, una casa-modello interamente di balle di paglia; inizialmente costruita a Bruxelles e successivamente smantellata e ricostruita in una riserva naturale a Viersen.

La *Gästehaus* è stata realizzata seguendo la rivisitazione del

metodo “Nebraska” o *load-bearing*: ovvero si utilizzano le balle di paglia come ossatura portante dell’abitazione, senza impiego di ulteriori strutture.

In Germania così come in Italia, la legge non consente la costruzione portante in balle di paglia.

Minke, dopo aver testato l’efficienza strutturale della paglia costruendo, nel 2010 a Hruby Sur in Slovacchia, una cupola di balle di paglia portante circondata da otto volte di balle di paglia ricoperte da un tetto verde, ha ottenuto, nel 2012, il

permesso ufficiale di costruire le prime (nell’ambito tedesco) volte a balle di paglia portanti a Wangelin.

In realtà, neanche il direttore dei lavori, l’ingegnere Burkard Rüger, al quale ho domandato il motivo per cui, in questo caso, il comune avesse dato il permesso di costruire con la tecnica *load-bearing*, ha saputo rispondere. Tanto più che nel 2016, un anno dopo la fine del cantiere, si era pensato di costruire un’altra serie di alloggi con la stessa tecnica, ma a tutt’oggi il comune non ha autorizzato il progetto. Le balle di paglia, dovendo



26 Cantiere Gästehaus, Bosch GFZ 16-35 AC
© Uta Herz 2011



27 Cantiere Gästehaus, taglio della paglia
© Uta Herz 2011

creare un arco, non sono state semplicemente impilate, come è solito fare, ma sono state tagliate, con uno specifico macchinario, a forma conica, in modo sofisticato.

Tutte le 640 balle di paglia (128 balle per ogni volta) dimensioni 45x35x90 cm sono state tagliate a sezione trapezoidale su entrambi i lati da sega (Bosch GFZ 16-35 AC) appositamente sviluppata dal *Forschungslabors für Experimentelles Bauen* (laboratorio di ricerca per Costruzioni Sperimentali) dell'Università di Kassel (26).

L'apparecchio è composto da due lame, in cui si imposta l'inclinazione di taglio: in questo modo possono essere generate superfici piane e molto resistenti (27).

*"At my research laboratory at the University of Kassel, in Germany, we found out that the cut surface of the bale is much stronger than uncut one"*⁶.

"Nel mio laboratorio di ricerca dell'Università di Kassel, in Germania, abbiamo scoperto che la superficie di taglio della palla è molto più forte di quella non tagliata".

Tutte le balle, disposte ad arco

una sull'altra, hanno un diverso angolo che è calcolato precedentemente con l'aiuto del computer. Quindi, con l'aiuto di casseforme in legno, le balle di paglia possono essere sovrapposte, come i conci di una volta o di un arco, senza bisogno di malta.



28 Bad Schussenried, residence
© Gernot Minke projects 2006



29 Wangelin, *Gästehaus*
© Gernot Minke projects 2015



30 Tamera, strawbale vaults
© Gernot Minke projects 2007

3.4 referenze culturali

Tutti i progetti di Minke non sono fine a se stessi: il suo studio riguardo tecniche costruttive innovative con materiali naturali è in continuo progresso, cosicché, i suoi progetti risultano essere un proseguimento e un avanzamento di quelli precedenti.

In particolare le caratteristiche che la *Gästehaus* presenta si possono accomunare ad altri due suoi edifici: *Residence at Bad Schussenried* (Germania) e *Load bearing strawbale vaults at Tamera* (Portogallo).

Anche se il *Residence* (28), co-

struito nel 2006 insieme a Tobias Weyhe, è stato costruito con un obiettivo differente risulta formalmente molto analogo alla *Gästehaus* (29).

L'edificio è, infatti, un prototipo di abitazione antisismica: volte in mattoni di terra cruda e tetto verde resiste per il 99,6% ad onde elettromagnetiche ad alta frequenza.

Gli alloggi per studenti a Tamera (30), costruiti nel 2007, sono, non solo per la forma, ma anche per la tecnica e modalità di esecuzione affini al nostro Caso Studio: le volte autoportanti in balle di

paglia, intonacate con argilla e coperte da un tetto verde, sono state costruite durante un workshop di 3 settimane con 24 volontari.

Uno di questi, architetto a Wangelin, era rimasto affascinato dal pensiero di Minke e spinse la decisione di affidare a Minke, insieme a Tobias Weyhe, prima il cantiere del *Gartencafé*, concluso nel 2014, e successivamente quello della *Gästehaus*.

3.5 note

1 Parole di Gernot Minke a *The Book #1: Voices for Sustainability*, Ecoweek. pp. 286-289, 2016

2 Dalla presentazione teorica di Gernot Minke prima dell'inizio del workshop, 2011

3 In ordine: Residence -Eco-village Kassel, Germany 1985; Residence -Eco-village Kassel, Germany 1993; Market Acuarela at Mesa de los Santos -Bucaramanga, Colombia 2007; Office building at Hrubý Súr -Slovakia 2010; Garden-Cafe -Wangelin 2014 (with Tobias Weyhe); Tiny House TIBA -Bom Jardim, Brasil 2016/2017

4. Studi di Darcey Donovan presso il Network Earthquake Engineering Simulation consortium, Inc, (NEES) dell'Università del Nevada a Reno (US).
La simulazione con magnitudo di 7,6 era simile al terremoto avvenuto in Pakistan nel 2005, dove sono rimaste uccise 10.000 persone: come si può vedere dal filmato, la casa in paglia resiste al 200%, cioè il doppio della potenza del terremoto pakistano.

3. Ricerche presso l'Università di Braunschweig, in Germania

4. Dati estrapolati dal California Straw Bale Code

04

Il progetto: la *Gästehaus*

4.1 proposta iniziale: *Morgenland* 2009

4.2 progetto finale

4.3 componenti dell'edificio

4.4 fasi di realizzazione

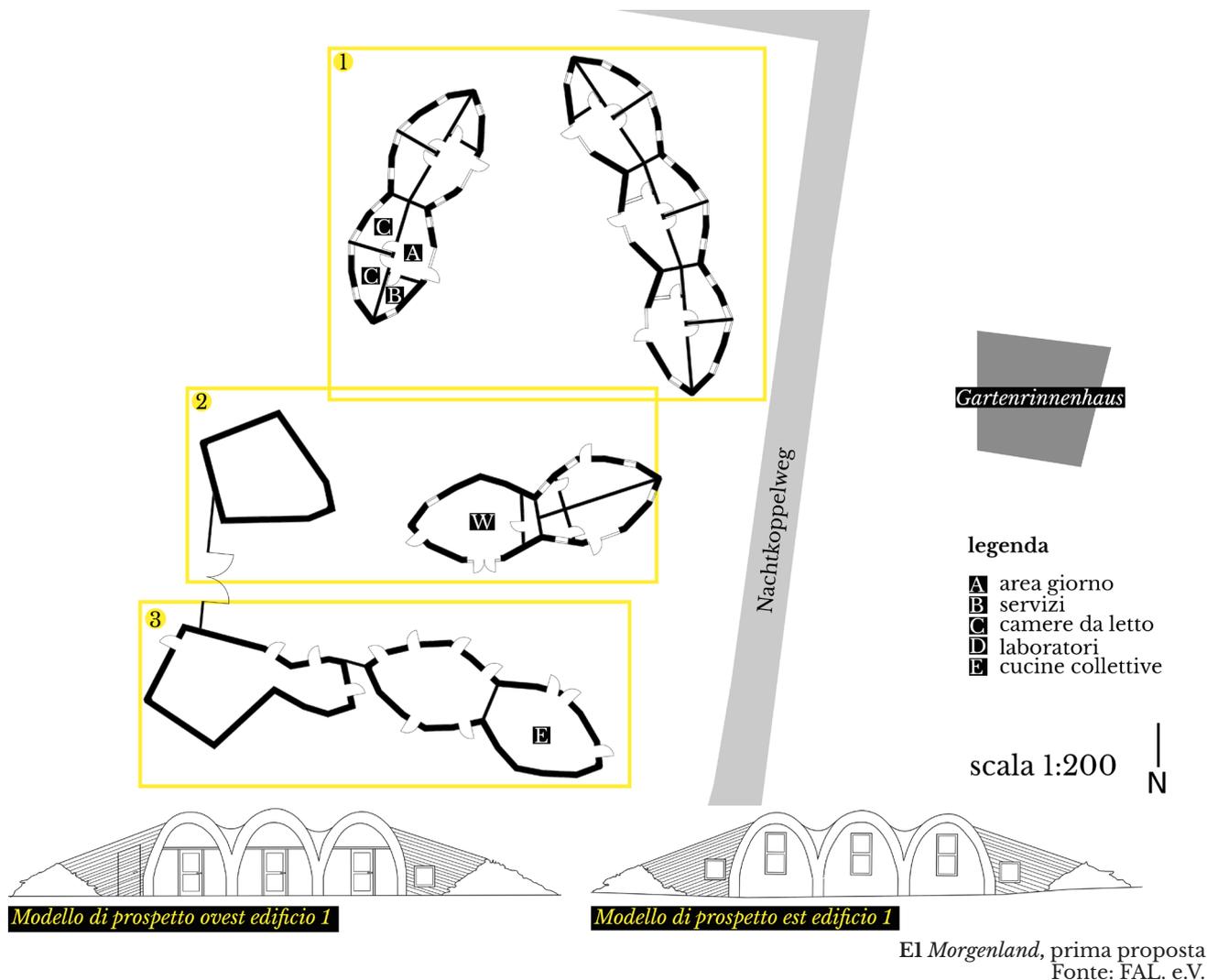
4.5 uso e costi della *Gästehaus*

4.6 degradi: il pavimento

4.6.2 le vetrate

4.6.3 la copertura

4.7 note



EI Morgenland, prima proposta
Fonte: FAL. e.V.

4.1 proposta iniziale: Morgenland 2009

Come detto nel capito 3.4, tutti i progetti di Minke sono un proseguimento e un avanzamento di quelli precedenti. Nonostante sia noto la predisposizione dell'architetto di disegnare forme non convenzionali, tuttavia, il primo masterplan presentato risultava essere molto più contorto: le tavole, firmate nel 2009, hanno come architetto/ingegnere di riferimento Sabine Sühlo, e non Minke.

Il progetto si chiamava *Morgenland* (dal tedesco oriente) e presentava tre blocchi distinti in cui contenevano tre diffe-

renti funzioni. In questo caso le costruzioni dispersive avrebbero occupato una superficie nettamente maggiore che avrebbe ostacolato l'area aperta al campeggio e delle case-vagoni.

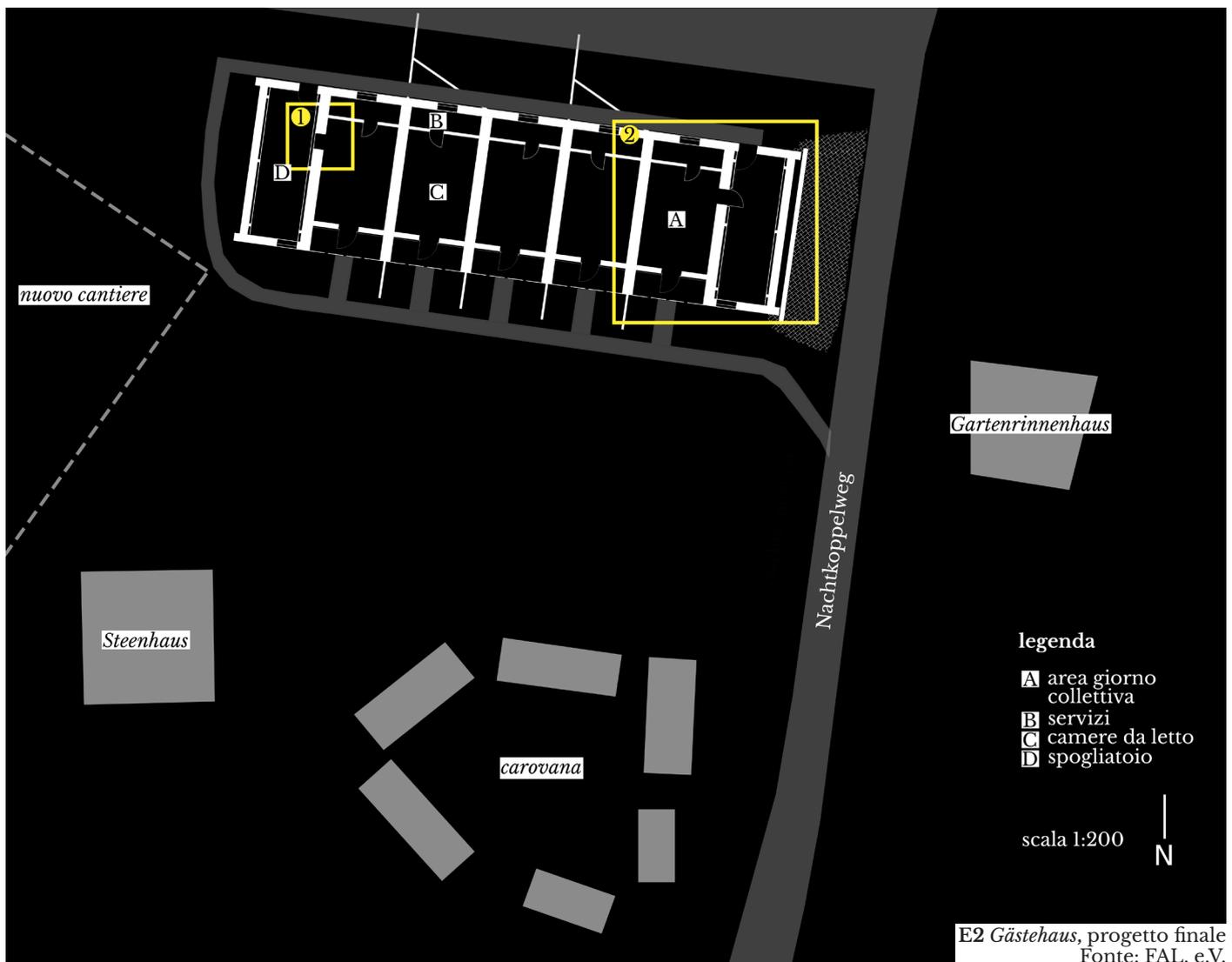
Il blocco 1 (E1), il più analogo al progetto ufficiale, sarebbe stato quello destinato agli alloggi-vacanza: i due edifici, uno più piccolo con due moduli e uno più grande con tre moduli.

Ogni modulo con area interna lorda di 23 m² era suddiviso quattro aree: 9m² per ogni camera da letto (due camere

da letto); 10 m² l'area giorno; 4 m² i servizi igienici. I prospetti sono molto simili a quelli poi realizzati: la grande differenza tra la prima e la seconda proposta sono le piante.

Il secondo blocco (2) era stato pensato per inserirci tre nuove aree lavoro, con servizi igienici.

Il terzo e ultimo blocco (3), con dimensioni maggiori era invece destinato all'area collettiva, con cucine e sale giorno.



4.2 progetto finale

Rispetto alla proposta iniziale, il progetto finale di Minke è più semplice e ordinato. I corpi, in precedenza più piccoli e suddivisi rispetto alle destinazioni d'uso, si sommano in un'unica struttura, orientata est-ovest, parallela al recinto di confine del *Wangeliner Garten*.

Di pianta rettangolare, è suddiviso in sette moduli: cinque centrali con volte a botte, due laterali, con muro contro terra, e copertura a falda.

In particolare presenta, partendo da ovest uno spoglia-

toio (16 m²) con docce per i campeggiatori; quattro camere matrimoniali (16 m² con cucina), dotate di bagno (4 m²); una area giorno collettiva; bagno e camera doppia. La costruzione si inserisce nel paesaggio senza rigidità grazie alla decisione di alzare due piccoli cumoli di terra artificiali sui lati dell'edificio (oggi però rimane solo quello del lato ovest) e al tetto verde. Queste due caratteristiche hanno il compito di proteggere la *Gästehaus* dalle rigide condizioni climatiche.

Alcune modifiche, non di

tipo strutturale, sono state eseguite nel corso d'opera. In generale, la predisposizione degli ambienti era una semplice ripetizione di due moduli: il primo per i due blocchi ai lati e il secondo per le camere centrali. Nello specifico (E2) è stato deciso di chiudere un'apertura (1) e di trasformarla in un armadio a muro, chiudendo la comunicazione con il blocco spogliatoio di sinistra e di invertire la disposizione dell'area giorno, bagno e camera matrimoniale negli ultimi due blocchi a destra (2).



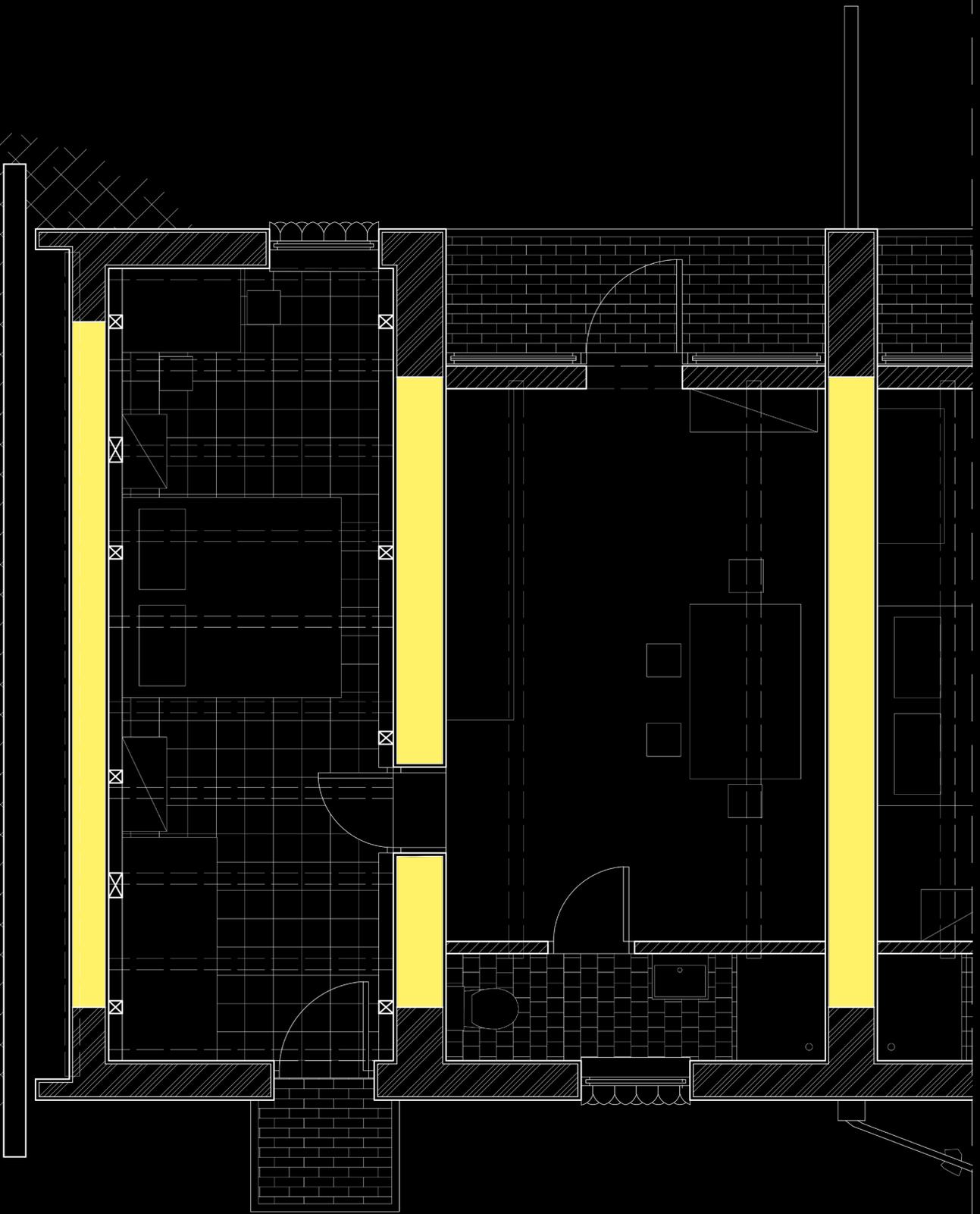






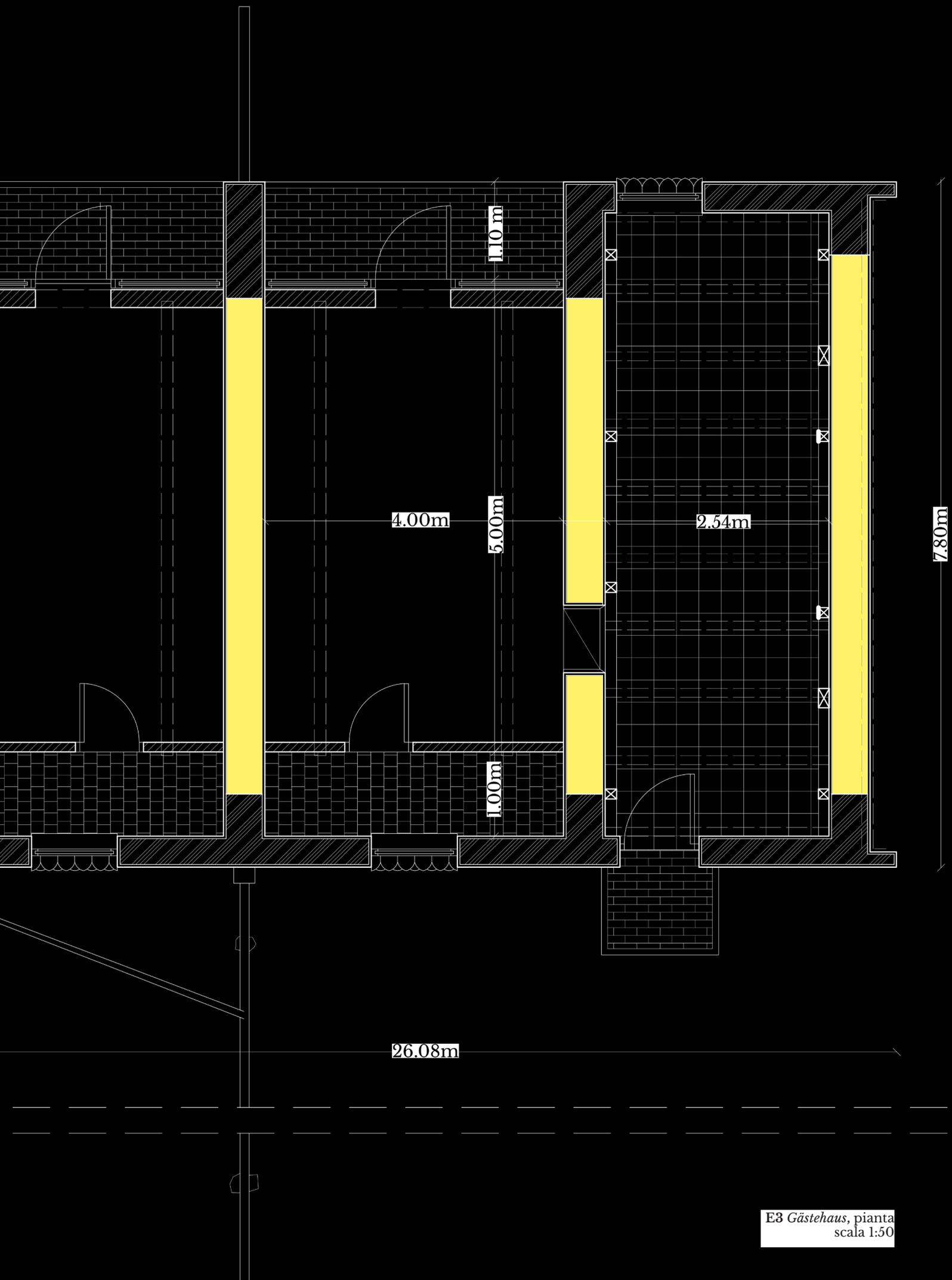


Wangeliner Garten
Hier sind Tipps für unsere Feiernächte.
Karte, Kalender und Anmeldebogen.
Der Weg zum Garten befindet sich rechts
vom Eingang zum Veranstaltungssaal.

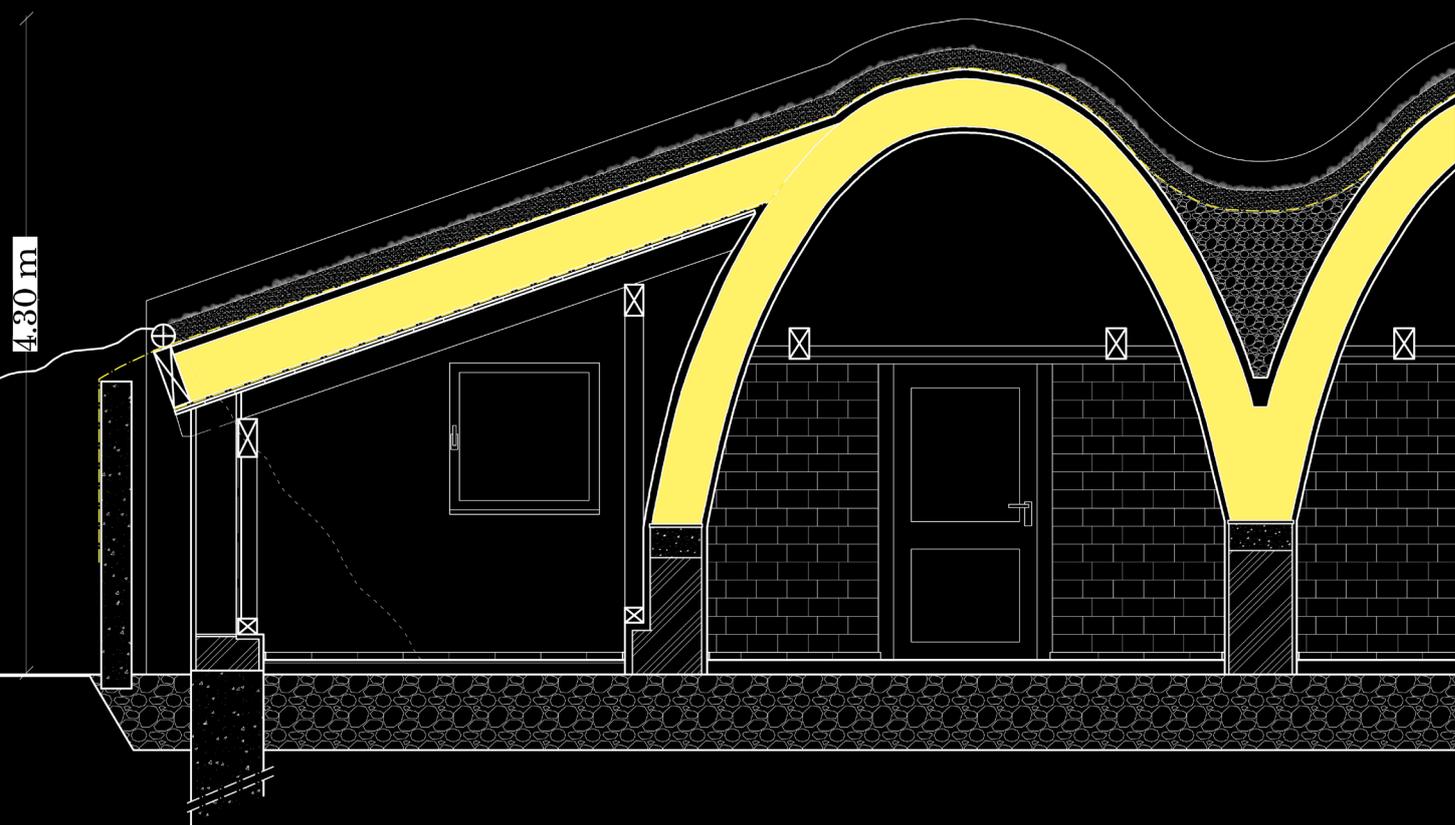
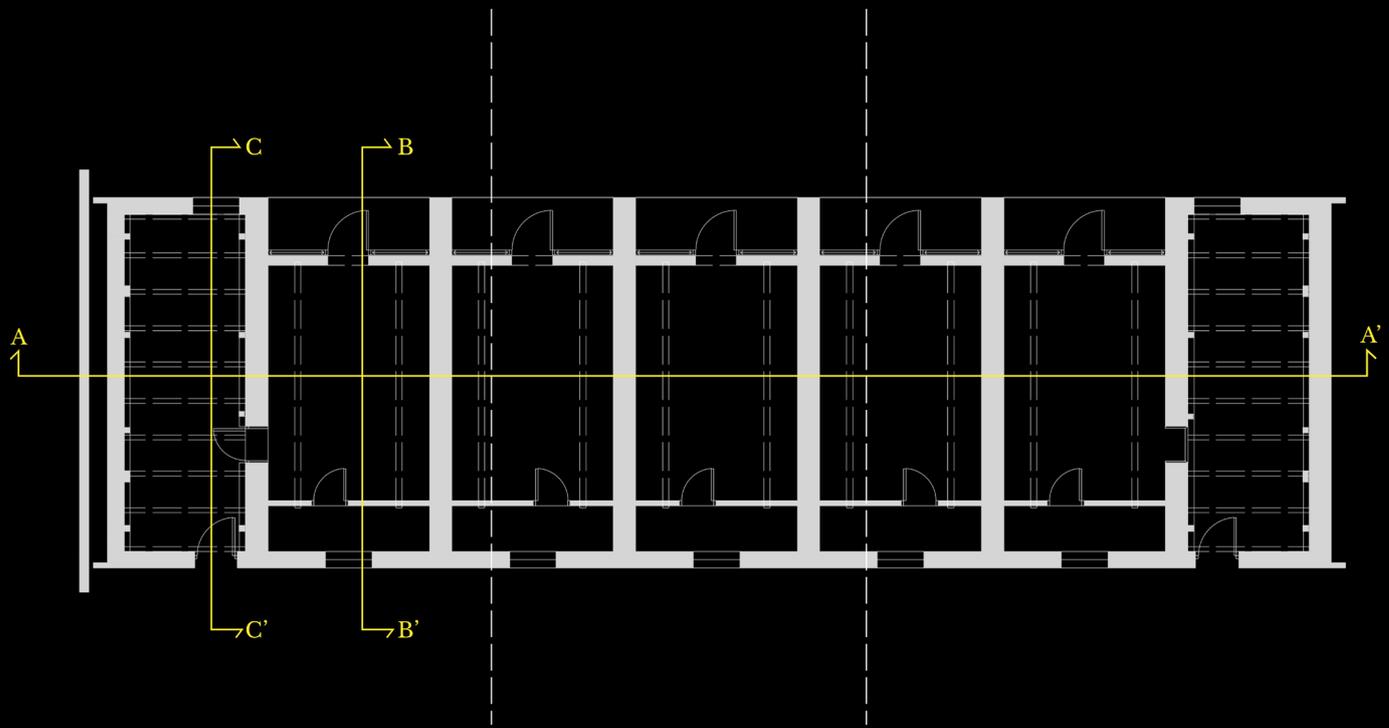


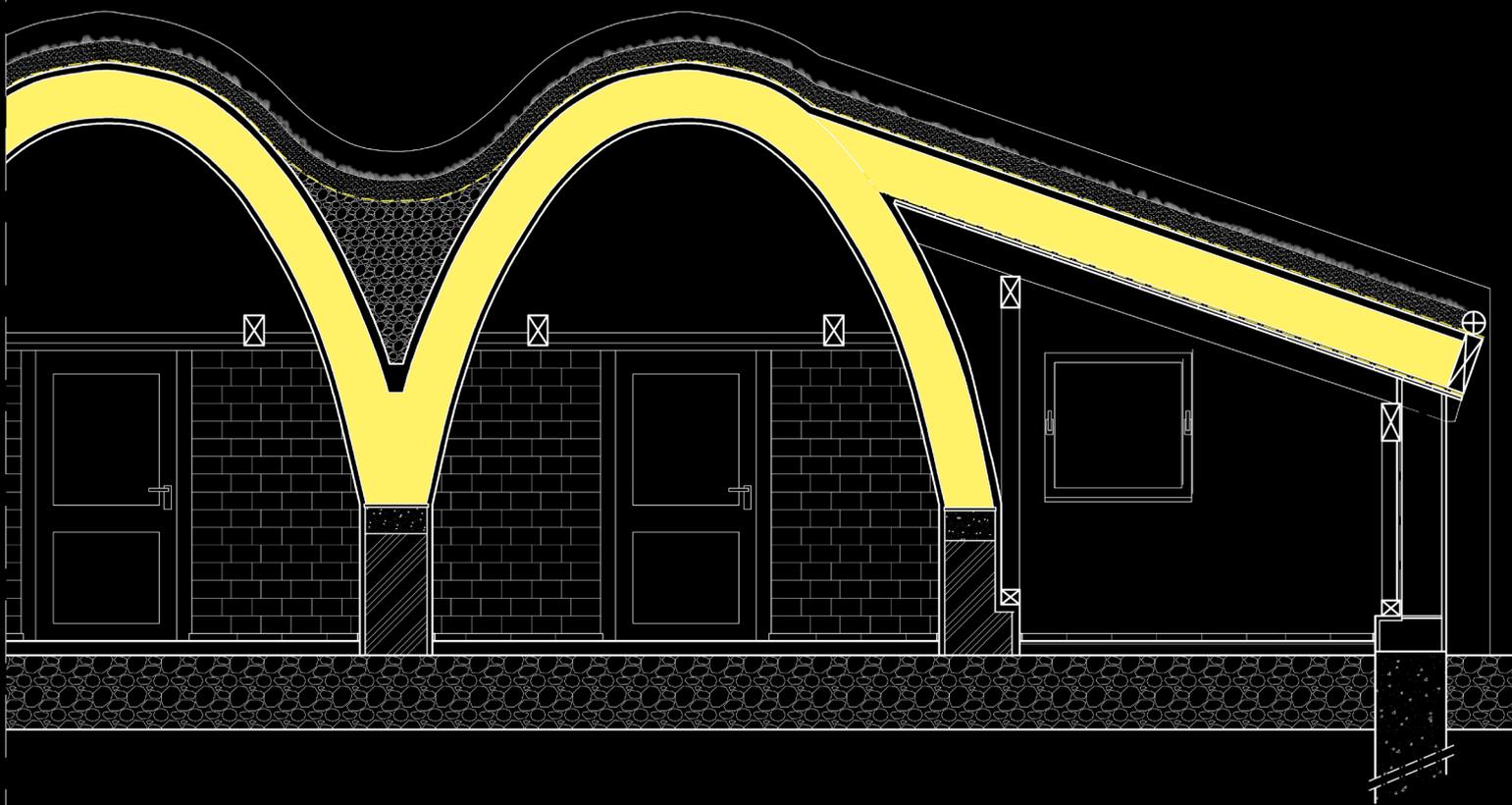
N

scala 1:50

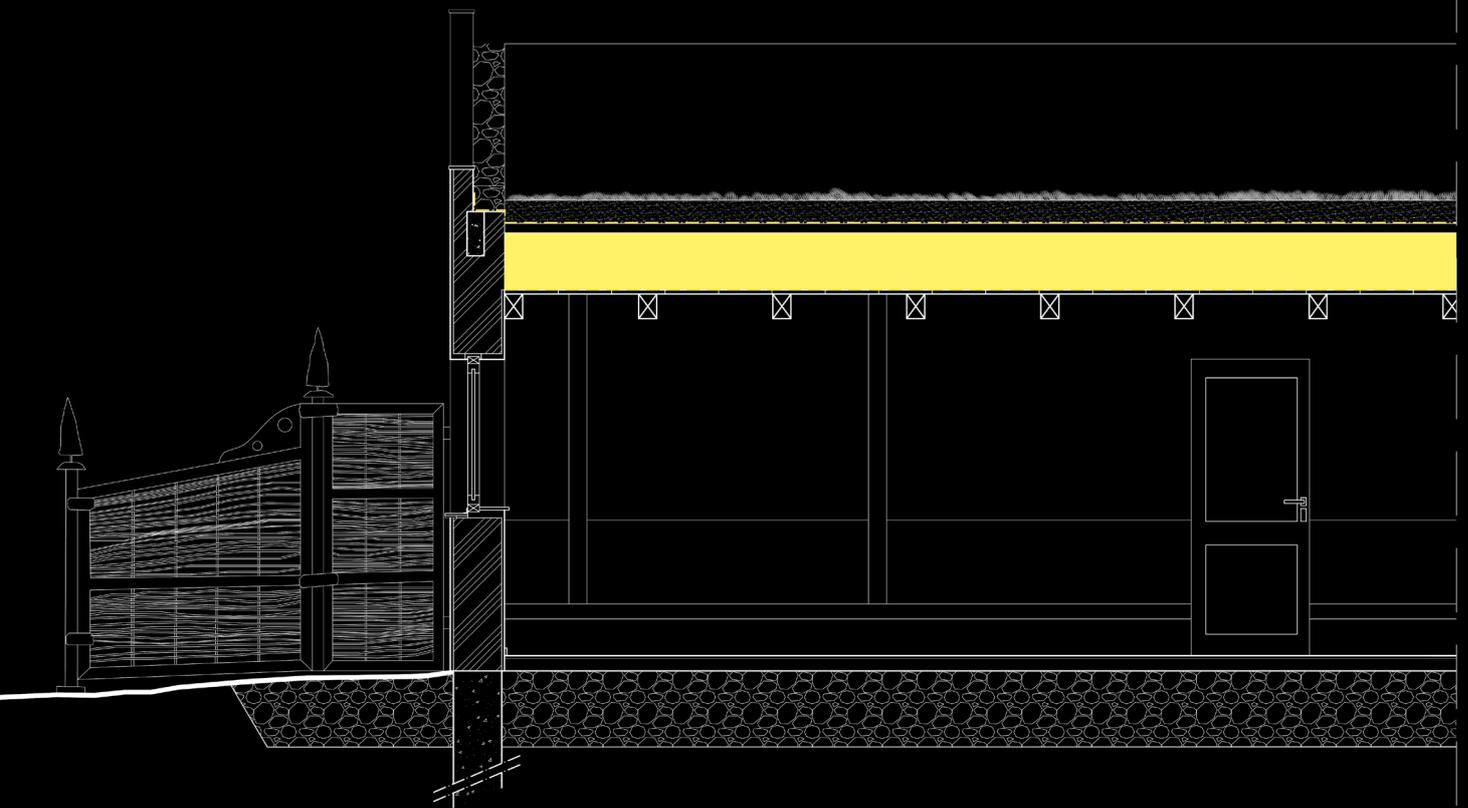
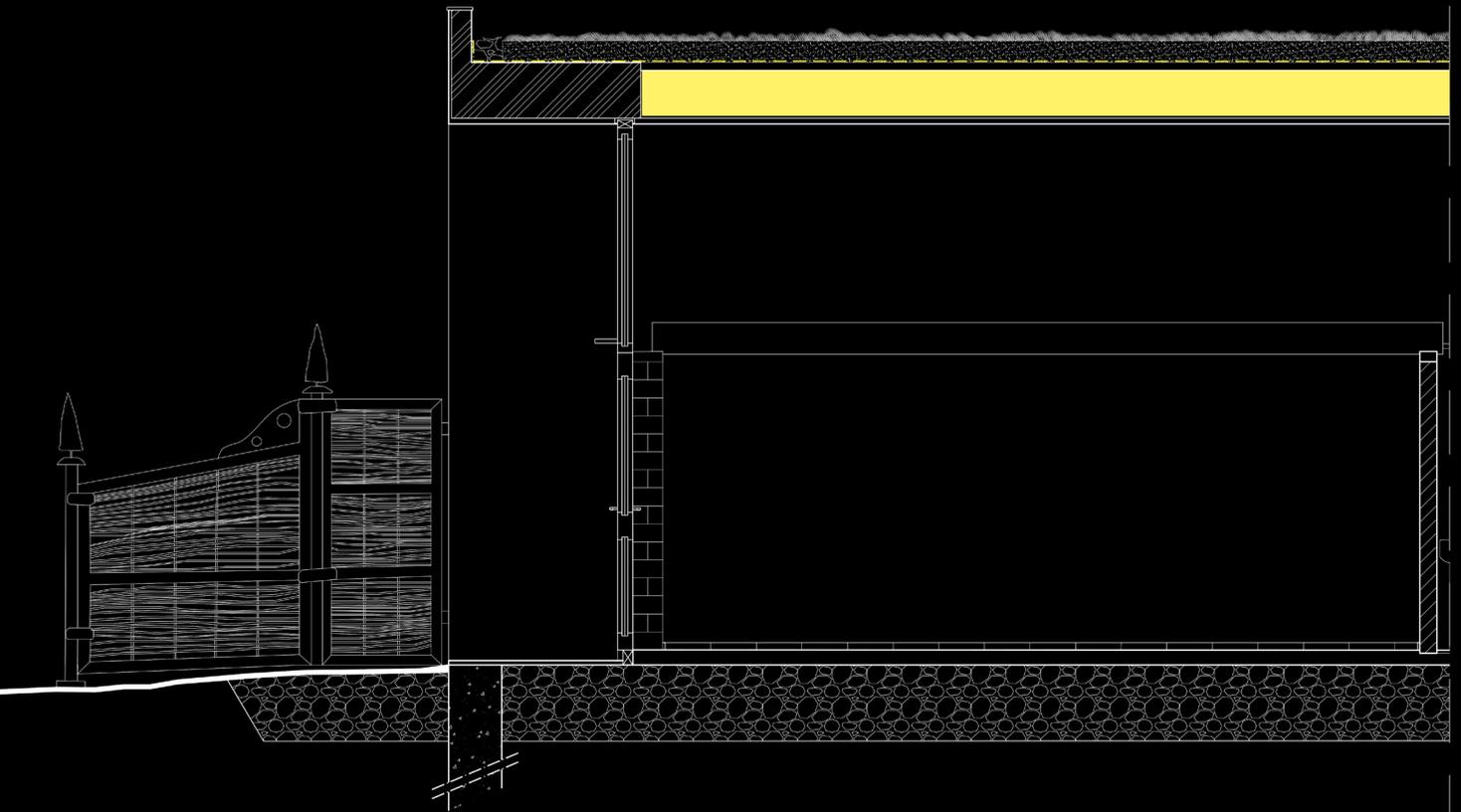


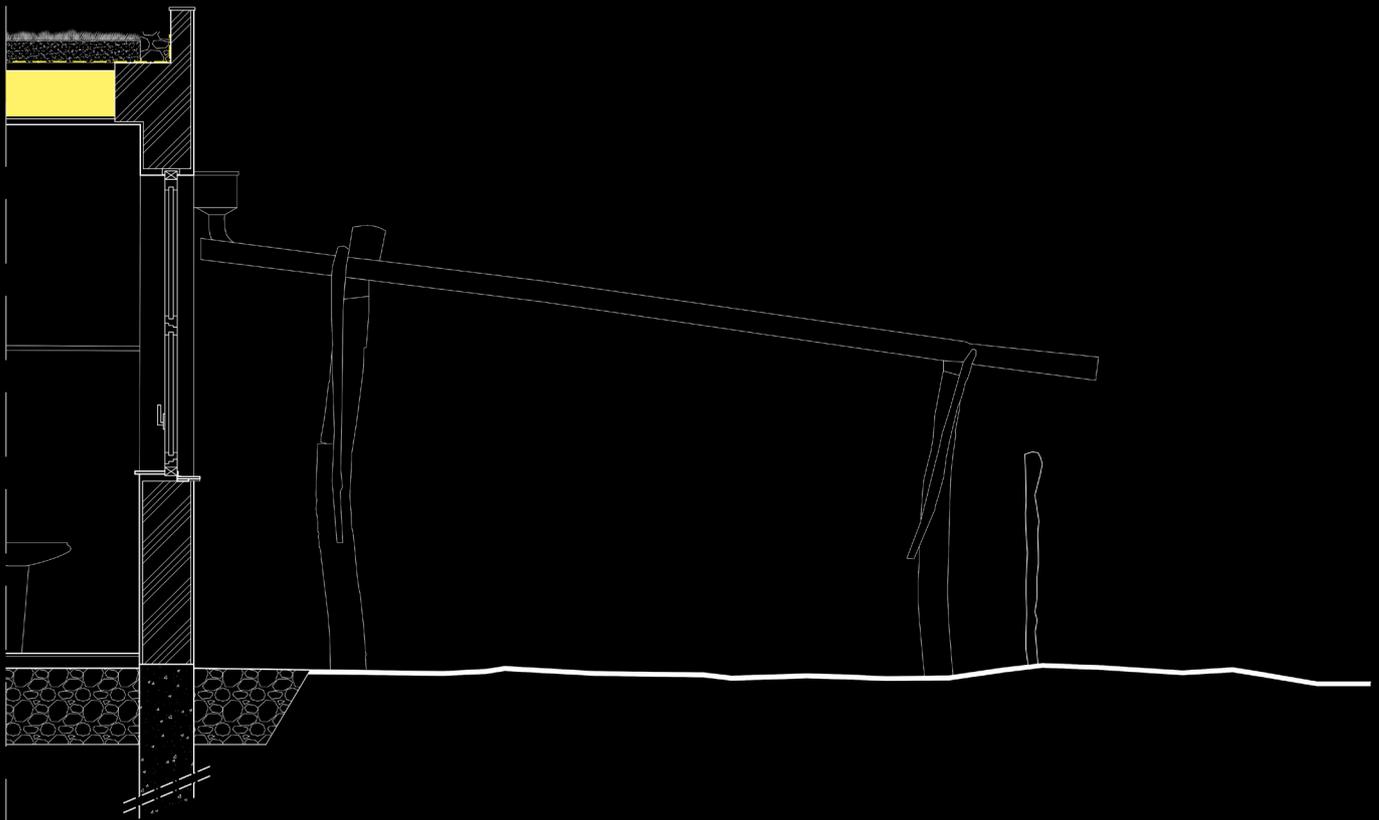
E3 Gästehaus, pianta
scala 1:50



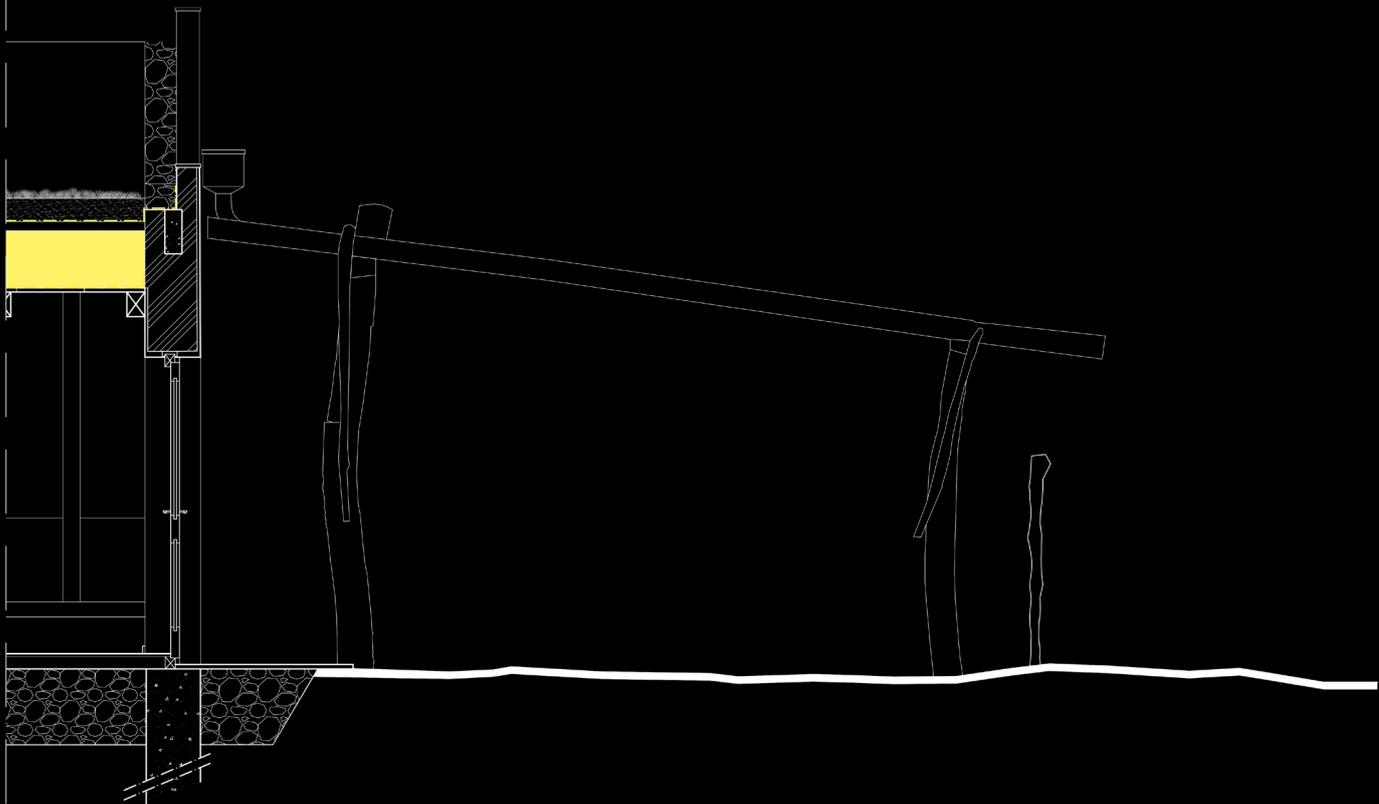


E4 Gästehaus, sezione longitudinale A-A
scala 1:50



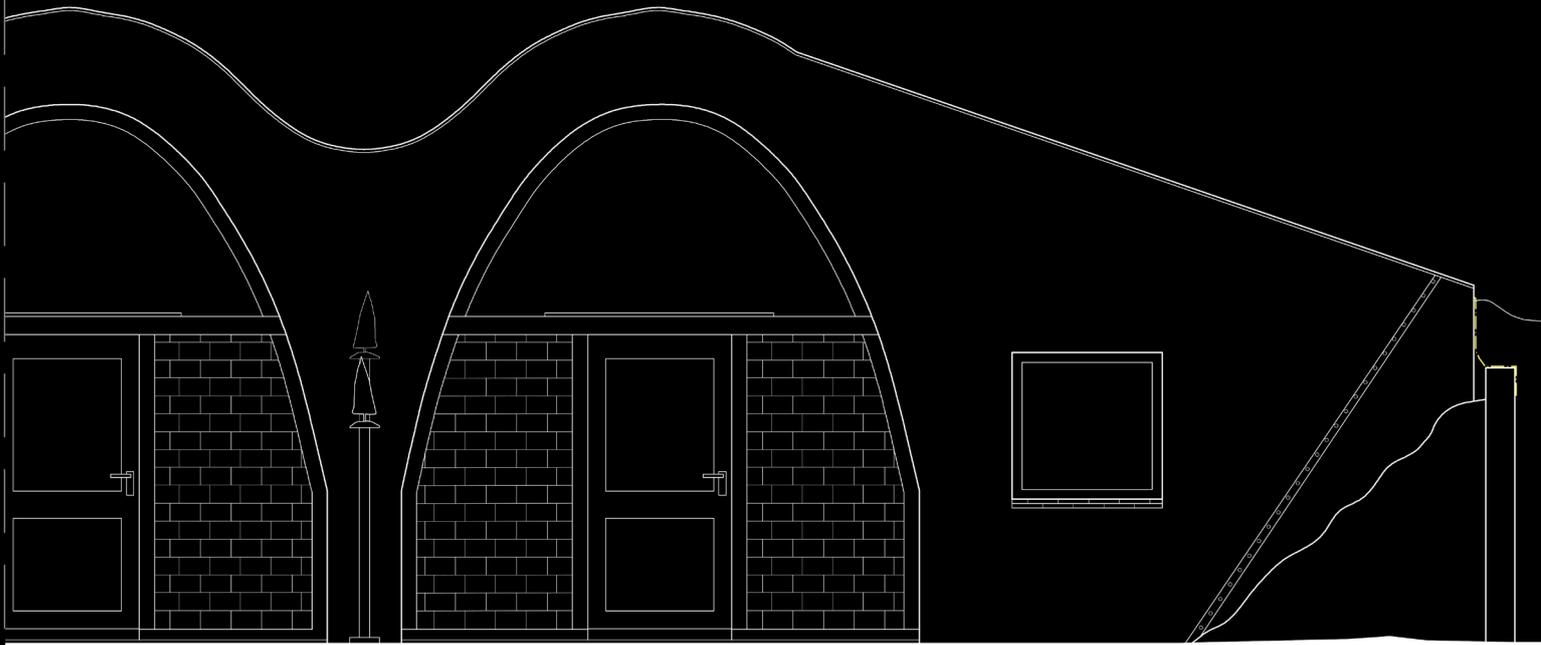


E5 *Gästehaus*, sezione trasversale B-B'
scala 1:50

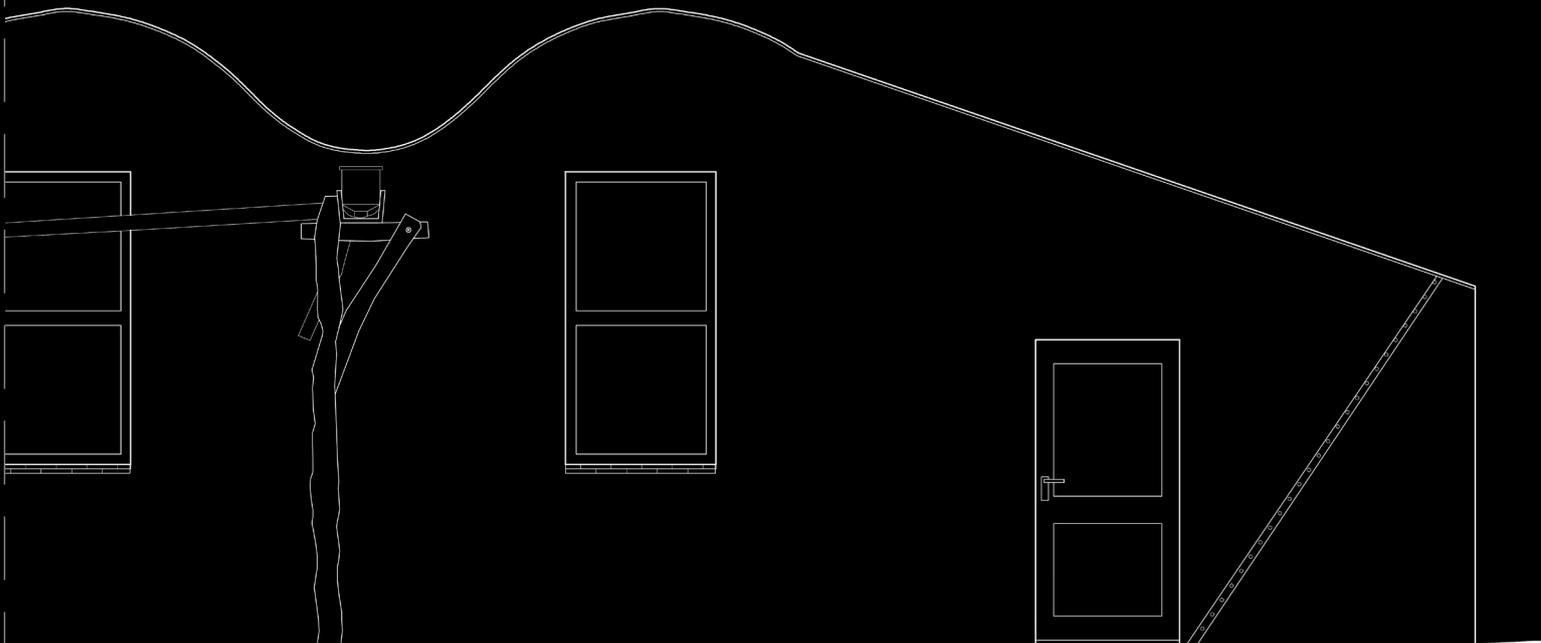


E6 *Gästehaus*, sezione trasversale C-C'
scala 1:50





E7 *Gästehaus*, prospetto sud
scala 1:50



E8 *Gästehaus*, prospetto nord
scala 1:50



35 Gästehaus, posa blocchi Ytong
© Uta Herz 2011



36 Gästehaus, rivestimento blocchi Ytong
© Federica Rossetto 2018

4.3 componenti dell'edificio

La Gästehaus è nata nell'ambito dei movimenti di auto-costruzione "verde", come manifesto di un'architettura innovativa fondata sul concetto di costruzione sostenibile. Uno degli obiettivi dell'associazione FAV e.V. è ridefinire la cultura edilizia tradizionale con soluzioni che rispettino la natura e siano semplici da realizzare: la filosofia, adottata in tutto il *Wangeliner Garten*, è derivata dalla necessità di trovare soluzioni che riducano l'impatto ambientale e innescino un ciclo virtuoso, che consenta di dare una specie di seconda vita a qualsiasi ogget-

to. Tutti i componenti dell'edificio, strutturali e non, sono stati scelti secondo alcuni criteri specifici. Si sono preferiti materiali naturali e non lavorati con soluzioni chimiche, di facile reperibilità, ad alte prestazioni energetiche, economici e, quando è stato possibile di riuso.

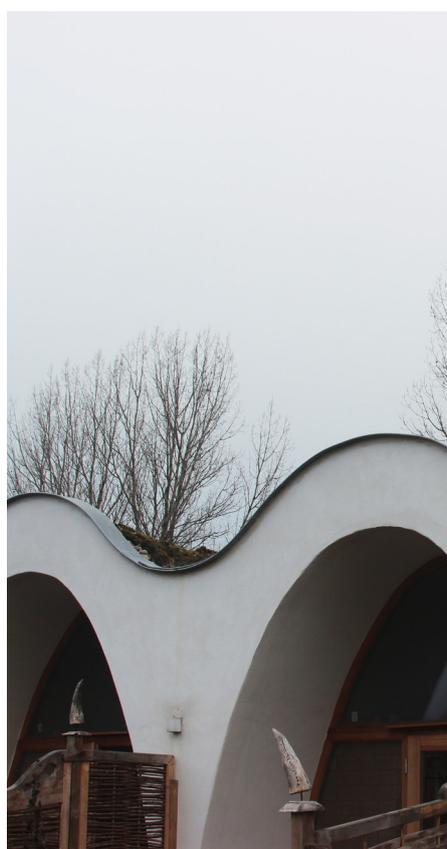
L'edificio è una sequenza di 5 volte di paglia affiancate, unite a due ambienti laterali dalla copertura a singola falda che contengono le spinte, il tutto rivestito da una copertura verde.

Uno scavo iniziale ha permesso la realizzazione delle fondazioni in calcestruzzo della struttura, che in assenza di dati certi si ipotizzano essere profonde 50 cm e in corrispondenza delle sole pareti perimetrali, e la posa di un vespaio areato in ghiaia di vetro cellulare di 50 cm. È stato inoltre realizzato un drenaggio in ghiaia di vetro cellulare lungo tutto il perimetro esterno che si estende per 20 cm, allo scopo di proteggere la base delle pareti da fenomeni di ristagno e risalita di acqua.

Mentre durante le fasi di



37 *Gästehaus*, costruzione volte in paglia
© Uta Herz 2011



38 *Gästehaus*, rivestimento volte
© Federica Rossetto 2018

realizzazione delle volte ci si è avvalsi di tappeti e teli posti sopra lo stato di ghiaia cellulare, completata la struttura principale dell'edificio negli ambienti principali al di sotto delle volte, è stato posato uno strato di terra battuta di 7 cm come base per la pavimentazione: una miscela di 3 cm di terra, sabbia, paglia sminuzzata e olio di lino, che ha funzione protettiva e di legante.

Nei restanti ambienti, dopo uno strato di spianamento del livello di posa, è stata realizzata una pavimentazione in piastrelle ceramiche: qua-

drate (15x15 cm) e con posa lineare nelle due stanze laterali, rettangolari (15x10 cm) a cassero nei servizi igienici e negli ambienti d'ingresso al di sotto delle volte, terminanti con una finitura esterna in pietra.

Per quanto riguarda la struttura in elevato dell'edificio, l'intera facciata a nord, le basi di appoggio delle volte e delle due pareti laterali, le volte al di sopra degli ingressi a sud e gli spazi di chiusura tra di esse, sono realizzati in blocchi di AAC (Autoclaved Aerated Concrete), della mar-

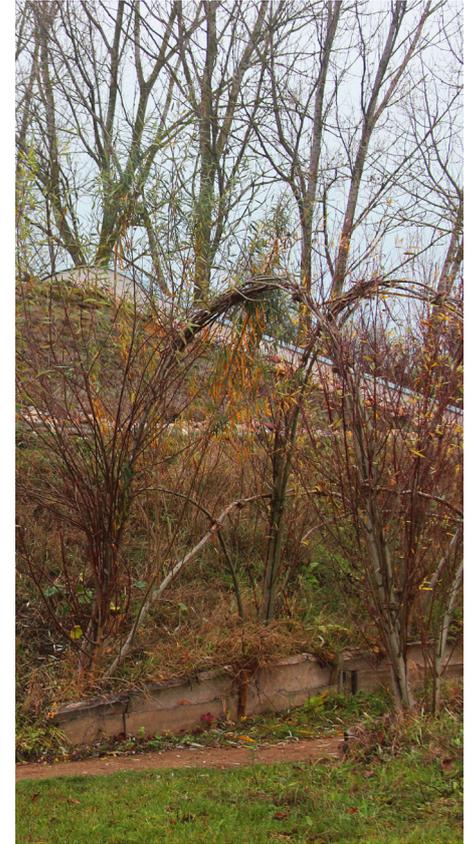
ca Ytong (35).

I componenti principali sono sabbia silicea, cemento Portland, ossido di calcio e acqua; a differenza dei calcestruzzi tradizionali non contengono inerti di dimensioni superiori alla sabbia. Blocchi di grandezza 8x62,5x25 cm (o tagliati secondo le specifiche esigenze), sono posati con uno strato di malta collante nelle pareti verticali, con una malta di calce nelle parti a volta; successivamente è stato applicato sopra un intonaco in terra.

La struttura principale dell'edificio, poggiante sui cordoli



39 *Gästehaus*, posa facciata est
© Uta Herz 2011



40 *Gästehaus*, rivestimento facciata est
© Federica Rossetto 2018

di blocchi in AAC, è realizzata in balle di paglia, originariamente di 45x35x90 cm e successivamente tagliate in conci. Queste sono autoportanti nel caso delle volte (37), mentre fungono da riempimento del telaio in legno di travi, pilastri e controventi delle pareti delle stanze laterali, e della copertura inclinata, posate su un tavolato in legno con giunture maschio-femmina (39).

La copertura (36) segue l'andamento morbido delle volte e delle due falde laterali, unendosi alla collina che

è stata ricreata nel lato ovest, separata di 4 cm dalla parete grazie a un muro di contenimento in calcestruzzo dello spessore di 10 cm.

La guaina impermeabilizzante (43) di 0.4 cm, che nei lati est e ovest scende fino al suolo, protegge le pareti in paglia, rivestita da 20 cm di terra, su cui è stato fatto crescere il manto erboso. Questo strato è delimitato lungo le pareti longitudinali da un muretto di contenimento alto 40 cm in calcestruzzo, protetto da un rivestimento plastico di 2 mm di spessore; in corrispondenza della parte

inferiore delle falde sono stati invece posizionati tronchi in legno del diametro di 15 cm, soluzione, già adottata in altre coperture verdi presenti nel *Wangeliner Garden*, che consente di mantenere in posizione la guaina e allo stesso tempo trattenere lo strato di terra (40).

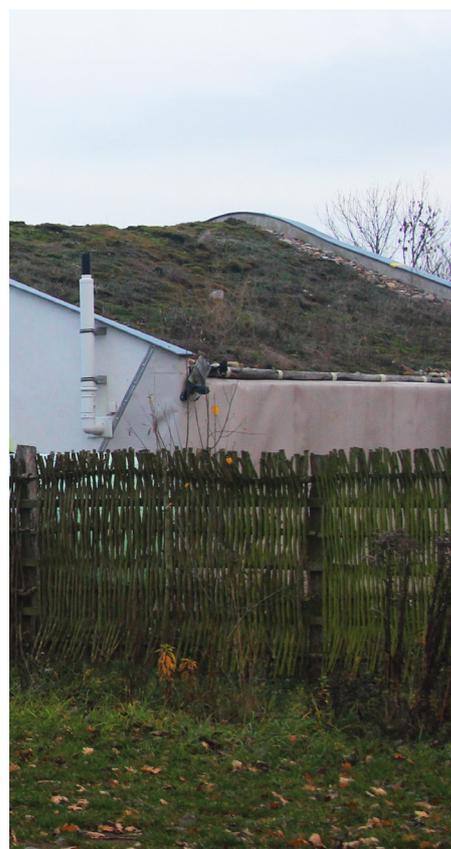
L'acqua piovana che cade sulla copertura è in parte assorbita dal manto erboso e dallo strato di terra, mentre la parte in eccesso, che non riesce a essere trattenuta, si deposita sul telo impermeabile nelle conche tra le volte e convogliata, grazie a una leggera



41 *Gästehaus*, interno delle volte
© Uta Herz 2011



42 *Gästehaus*, interno arredata
© Thomas Gluschke 2016



43 *Gästehaus*, interno arredata
© Thomas Gluschke 2016

pendenza, verso la facciata nord (41). Qui un sistema di canali di raccolta permette di allontanarla dall'edificio, evitando ristagni lungo la base: gli sbocchi dei tubi all'esterno sono connessi a due a due e canaline lunghe fino a 6m, sorrette da elementi in legno che creano una sorta di porticato, si staccano perpendicolarmente dall'edificio fino a superare di circa mezzo metro la recinzione.

Per quanto riguarda le finiture (44), alle balle di paglia è stato applicato un primo strato di intonaco a spruz-

zo con una miscela di terra, sabbia e calce, fino a raggiungere uno spessore di 2.5 cm permettendo di uniformare la superficie e allinearsi ai blocchi Ytong.

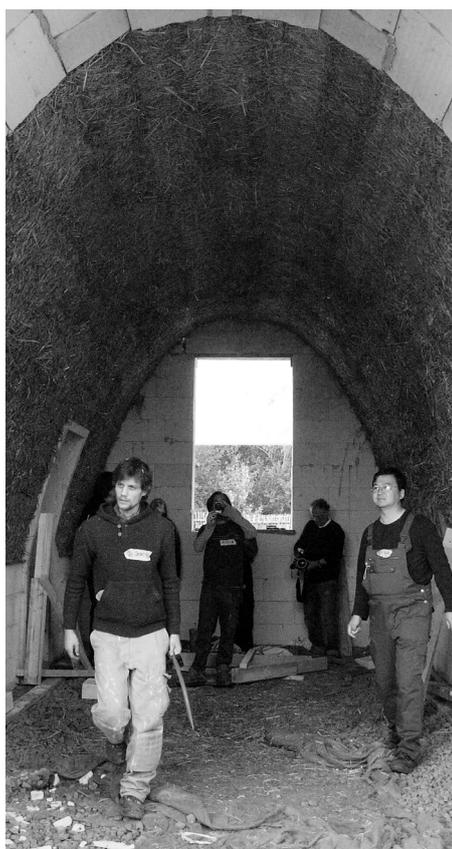
Un successivo strato di intonaco a base di terra è stato steso sulla totalità delle pareti interne, incluse quelle in Ytong, rendendole omogenee e ammorbidendone gli spigoli.

Nelle pareti laterali, il telaio in legno è stato parzialmente inglobato in questo strato di intonaco.

Ogni camera è stata progetta-

ta in modo unico e particolare, caratterizzata dall'utilizzo di colore caldi, sui toni del color sabbia e del bianco (45). Le pareti delle stanze laterali presentano nella parte inferiore più chiara dei disegni dipinti a mano.

La rifinitura delle pareti dei servizi igienici ha invece previsto l'utilizzo di un intonaco in tadelakt¹, realizzato con l'aiuto della specialista francese Solène Delahousse. Una miscela a base di calce è trattata, una volta stesa, con il sapone nero e l'olio d'oliva, utilizzando ciottoli di fiume per uniformare, levigare e



44 Gästehaus, interno delle volte
© Uta Herz 2011



45 Gästehaus, interno arredata
© Thomas Gluschke 2016

rendere impermeabile l'intonaco.

Negli ambienti al di sotto delle volte sono state realizzate pareti in mattoni di terra cruda alte 220cm: due, di spessore 10 cm, fungono da pareti divisorie tra le camere da letto e i bagni, unite da una trave in legno e separate da una porta, altre due fungono da pareti di Trombe, di spessore 20 cm, posizionate a ridosso della vetrata ai lati degli ingressi del lato sud e anch'esse sormontate da una trave in legno. La parete di Trombe garantisce un sistema di riscaldamento solare

passivo: grazie al colore scuro della terra, alla sua elevata inerzia termica e all'orientamento favorevole, assorbe e accumula il calore dei raggi solari che filtrano attraverso la finestra, evitando il surriscaldamento nelle ore diurne, rimettendolo nell'ambiente durante le ore notturne più fredde, sfruttando i moti convettivi dello scambio termico. Questo meccanismo contribuisce a mantenere in condizioni stabili il clima interno.

Queste pareti non sono state intonacate, ma è stato utilizzato un collante naturale

unito a piccoli frammenti di paglia per le rifiniture e per gli strati di separazione tra i mattoni e gli altri materiali (48).

L'edificio risulta quasi completamente trasparente nel lato sud, con grandi vetrate semicircolari non apribili che seguono l'andamento delle volte, e una porta centrale, affiancata da due porzioni laterali fisse (38).

Lungo la parete nord si aprono invece grandi finestre, una per ogni ambiente voltato, che permettono l'illuminazione dei bagni.



46 *Gästehaus*, dettaglio nicchia nella volta
© Uta Herz 2011



47 *Gästehaus*, dettaglio apertura
© Thomas Gluschke 2016



48 *Gästehaus*, dettaglio mattoni/legno
© Thomas Gluschke 2016

In ognuno dei due ambienti laterali sono poi presenti rispettivamente una porta e una finestra.

I telai sono in legno e sostengono tripli vetri nelle aperture della parete sud e doppi vetri in quelle a nord.

Una porta in legno permette infine il passaggio dall'ultimo ambiente voltato a ovest alla stanza laterale, mentre a est l'apertura originaria è stata in un secondo momento chiusa e trasformata in un armadio a muro (47).

La progettazione degli arredi delle stanze centrali ha dovuto adattarsi alla particolare

forma della copertura voltata: sono state posizionate due travi in legno in ogni stanza, sostenute dalle travi che sormontano le pareti in terra, per garantire un punto di appoggio agli elementi di arredo curvi, per sospendere i travetti dei letti a baldacchino e come sostegno dei corpi illuminanti.

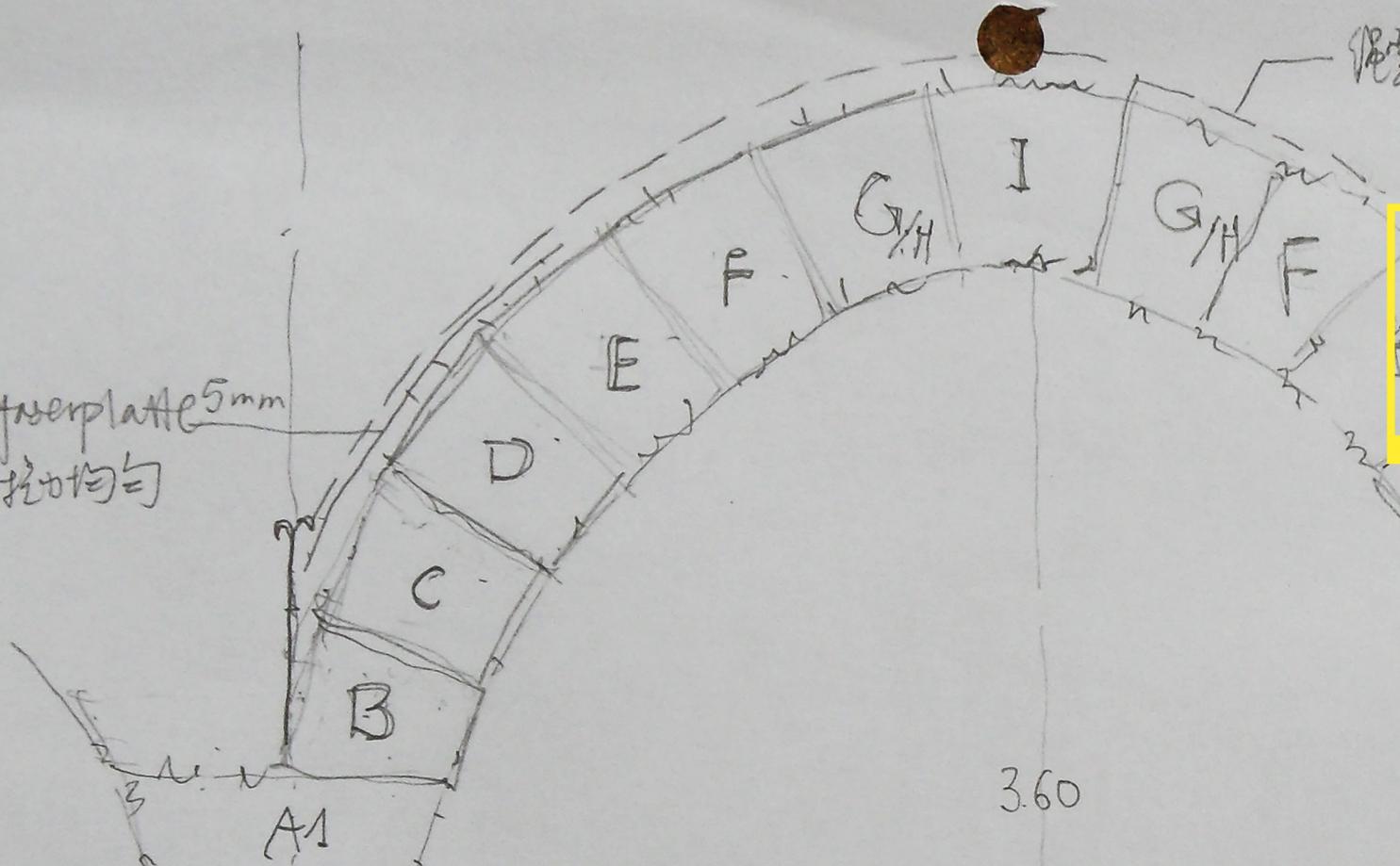
Gli arredi, letti, piani cottura e tavoli, sono realizzati a mano e su misura da un artigiano locale, Peter Bethke, con materiale di recupero (i letti sono ad esempio stati costruiti a partire da vecchi telai per la tessitura, ritrovati

nella soffitta di una casa di un villaggio vicino), e rendono ogni ambiente unico e caratteristico.

Inoltre durante i workshop e i seminari vengono aggiunti ogni anno nuovi componenti di arredo.

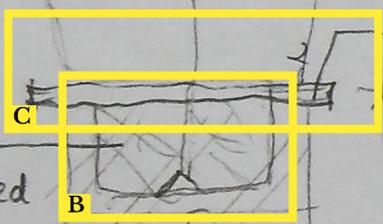
Nella volta a est, la porta che permetteva l'ingresso nell'ambiente laterale è stata chiusa, ricavandone una nicchia con mensole (46).

Hartwerplatte 5mm
使反拉均匀



砖中, 纵向设预埋件

cement
iron burried



1.05

Schaumglassgranulate 50cm

0.49

3.51

max 4.5

Ballen gut geschnitten

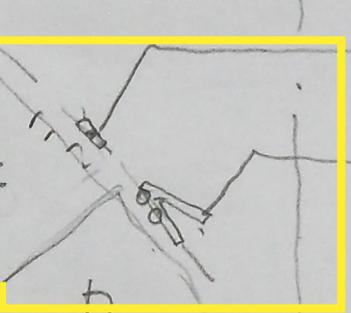
秸秆(小) 35x50

A

E

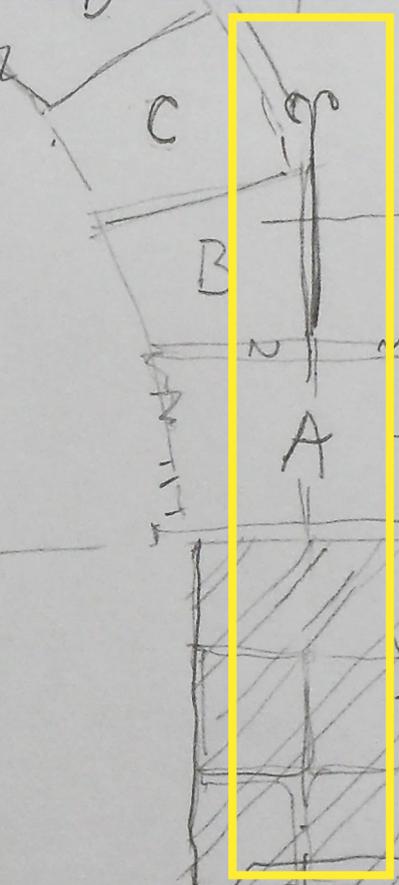
Spanngurte or Zugfestigkeit 450 KN (4.5T)

17/22mm Breite



断面, 套铁丝爪 Metallschlauf

拧紧 Spamer Gurtspanner



异形 Addy 提出应在每隔一个楼用一个标准型楼, 而唯克把每个楼都设计成异形楼, 每层楼 2.000 pin.

A 楼间使用 Holzfaserplatte (wegen iron)

加气混凝土砌块 (单位长度 25x36x62.5)

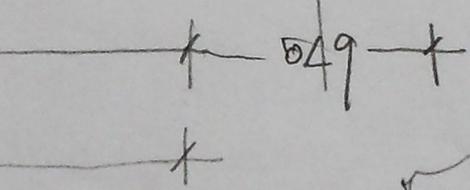
Leichtbeton Porenbeton (mit wasserstoff)
 $\lambda = \text{ca. } 0.1 \sim 0.2$

稻草砌块 (10cm) Stroh = 1/2 Porenbeton

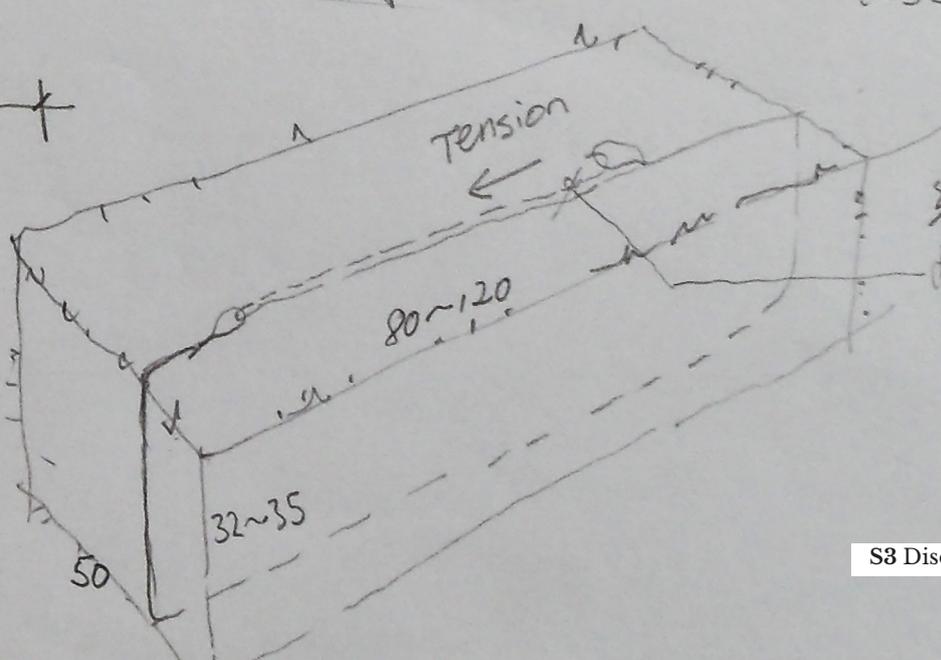
回收玻璃砖厚层 (50cm) Beton: 0.09

Stroh: 0.052 w/m²

±000



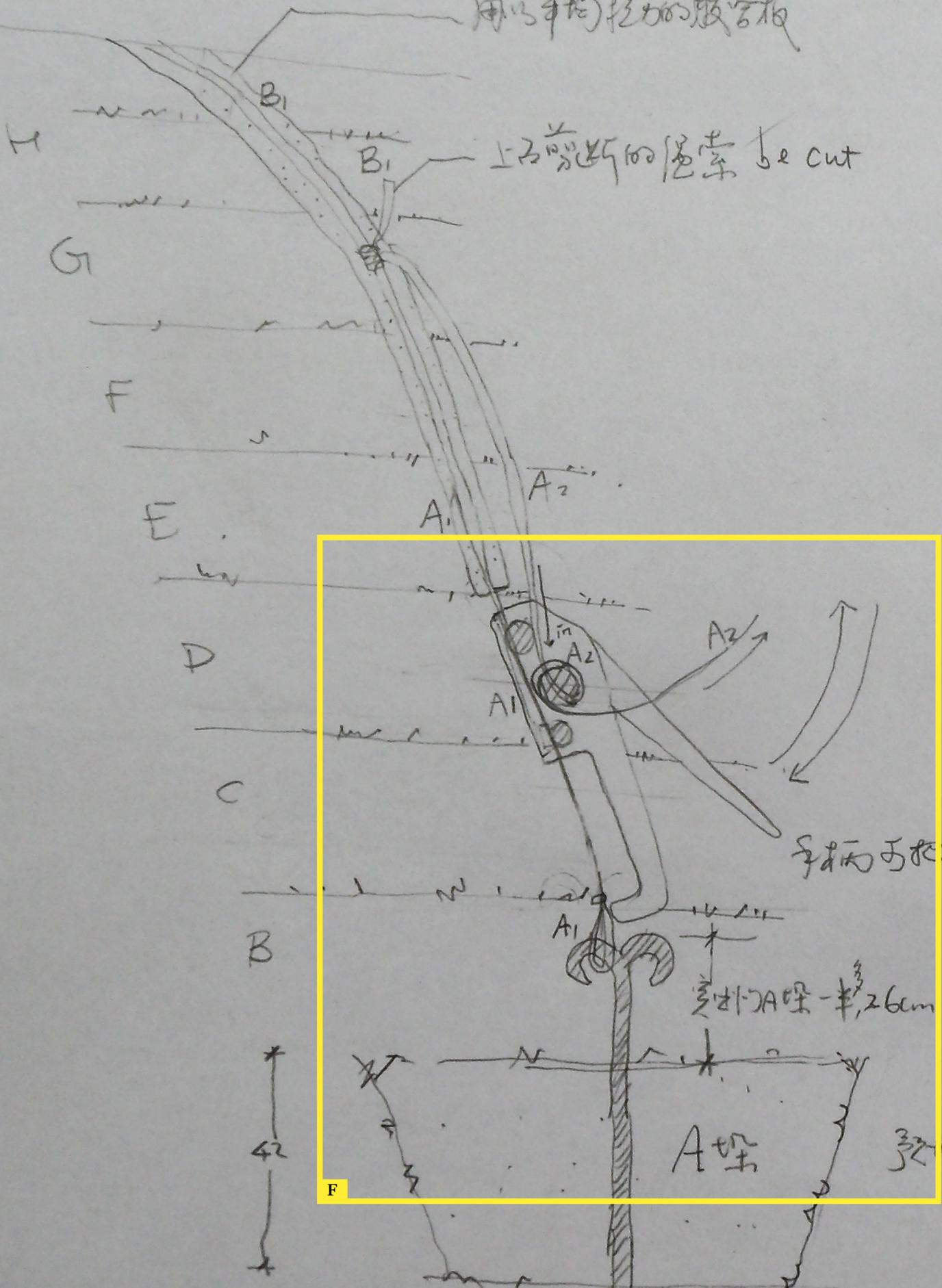
x (50-120) cm



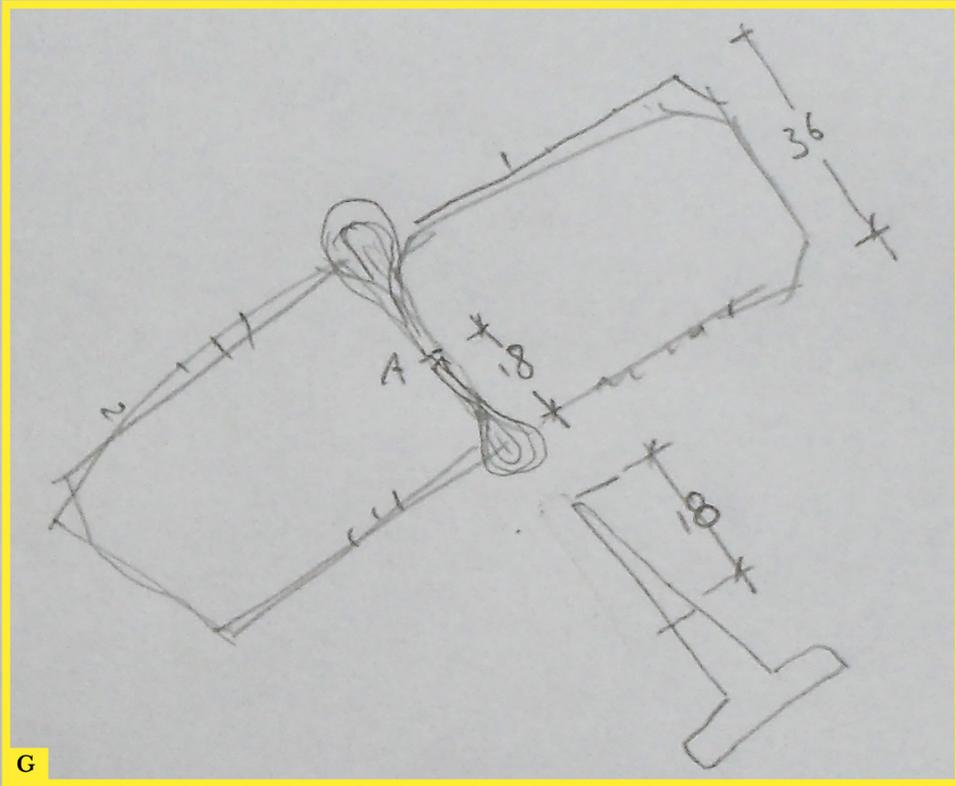
总拉紧 两次车拉

用以平均拉力的散索板

上吊斷的纜索 be cut



左右
27 里許



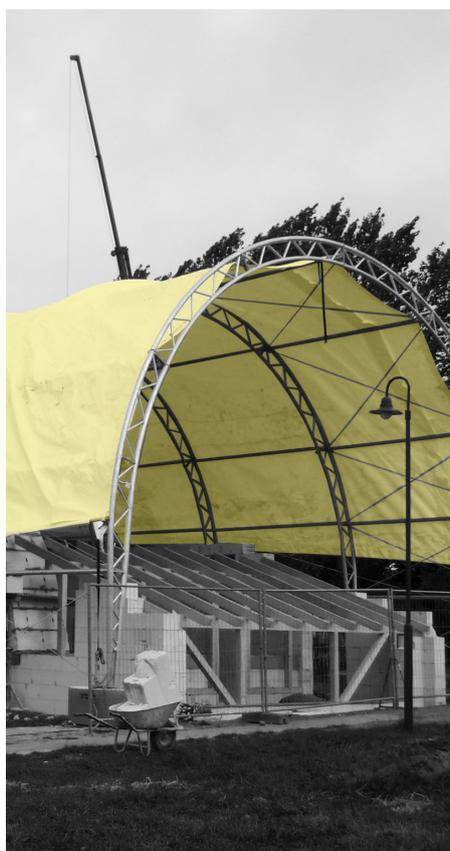
填充缝隙时不可超越中心点 A, 应在 2 处设置

以上去

由两个垂直梯形保温板保护, 前后也加 □ 形保温板盖住



49 Cantiere, vetro cellulare
© Uta Herz 2011



50 Cantiere, montaggio capannone
© Uta Herz 2011



51 Cantiere, struttura portante in legno
© Uta Herz 2011

4.4 fasi di realizzazione

Come detto in precedenza il processo di costruzione della *Gästehaus* ebbe inizio nel 2011 e terminò nel 2015.

Una volta che il comune approvò il progetto, e successivamente alla costruzione delle fondazioni, il Centro Europeo di Educazione per la Costruzione in Terra promosse un workshop di 2 settimane.

L'evoluzione delle fasi di realizzazione è stata ricostruita tramite le foto e gli schizzi (S3;S4), elaborati durante il workshop, forniti da Uta Herz.

Dopo l'allestimento del cantiere (preparazione dei macchinari e dei materiali), lo scavo, il livellamento e alla posa delle fondazioni, un gruppo di 23 volontari, insieme agli architetti e ingegneri (tra i quali Minke, Tobias Weyhe, Burkard Rüger e Klaus Hirrich), costruirono le parti strutturali dell'edificio.

Nell'arco degli altri quattro anni, lavorando per lo più solo d'estate, sono state messe in opera le rifiniture, interne ed esterne, le parti trasparenti, la copertura verde e, infine gli arredi.

A protezione dell'edificio, è stato eretto un grande telo di plastica sorretto da tubi innocenti. Come tutti i materiali fibrosi, il legno e la paglia tendono a degradarsi in condizioni sfavorevoli (50).

Nel momento in cui si posizionano le balle paglia, queste devono restare al riparo da ogni intemperie: sono, infatti le balle di paglia sono inutilizzabili bagnate, poiché, una volta intonacate, il processo di asciugatura sarebbe ulteriormente rallentato, e questo non gioverebbe alla durabilità dell'intero edificio.



52 Cantiere, supporto in legno
© Uta Herz 2011



53 Cantiere, posa dei blocchi di AAC
© Uta Herz 2011



54 Cantiere, blocchi Ytong rinforzati
© Uta Herz 2011

L'edificio poggia su delle fondazioni, profonde 50 cm, in calcestruzzo riempito con vetro cellulare espanso, una tecnica spesso utilizzata nei progetti di Minke (49).

Successivamente si è passati alla costruzione della parete nord e del cordolo, (1 m di altezza) perpendicolare ad essa, in blocchi di AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*).

I blocchi, forniti dall'azienda tedesca Ytong, sono stati assemblati in situ e legati tramite una malta collante² stesa uniformemente su tutta la larghezza del blocco.

Una malta di calce di colore grigio è stata poi utilizzata per correggere gli errori di posa.

Gli ultimi due corsi di blocchi Ytong sia dei cordoli sia del tetto, sono stati rinforzati con cemento, dato che devono sostenere il peso dell'intera volta (B).

Nei cordoli su cui appoggiano le volte, fra i blocchi Ytong e le balle di paglia, sono state posate delle tavole rosse in cotto, sporgenti rispetto al muro (C).

I cordoli, svolgono diverse funzioni: fungono da basamento per le volte in paglia,

evitando il loro contatto con il suolo; e contengono l'impianto di riscaldamento, erogato tramite passaggio di acqua calda all'interno di tubi.

Durante la loro costruzione sono stati anche inserite per una profondità di 60 cm delle barre filettate: ovvero un blocco Ytong e arrivano a metà del terzo concio (D).

Le barre filettate hanno una forma arricciata: questo consente di mettere in trazione l'intera volta (con l'aiuto dei pretensionatori) e di legare la corda (F) (56).



55 Cantiere, posa pareti est e ovest
© Uta Herz 2011



56 Cantiere, pali per fissaggio delle balle
© Uta Herz 2011



57 Cantiere, compressione balle di paglia
© Uta Herz 2011

Durante la posa dei blocchi Ytong sono state create le aperture, interne ed esterne. L'infisso della finestra in legno non appoggia direttamente sui blocchi Ytong ma una trave di legno, in secondo momento inglobata nell'intonacatura.

Mentre la struttura lignea dell'apertura interna funge da scatola in grado di sostenere la spinta della struttura (52).

In parallelo, si è montata sia la struttura in legno massiccio nelle due estremità dell'edificio (51), che una struttura in legno da supporto per la re-

alizzazione delle arcate a sud in blocchi Ytong e successivamente delle volte in balle di paglia.

La struttura portante è formata da 8 pilastri che sorreggono 2 travi di 25 cm su cui si appoggiano 10 le travi del tetto.

La struttura di sostegno è formata da tre archi con la funzione di facilitare la posa della testata sud. Esse sono tuttavia ancora imbullonate perpendicolarmente tramite listelli in legno a cui si appoggiano dei fogli di cartoni, creando una superficie piana.

In tutto ne sono state realiz-

zate tre: una volta completata la messa in opera di una volta, la struttura veniva sfilata e riutilizzata.

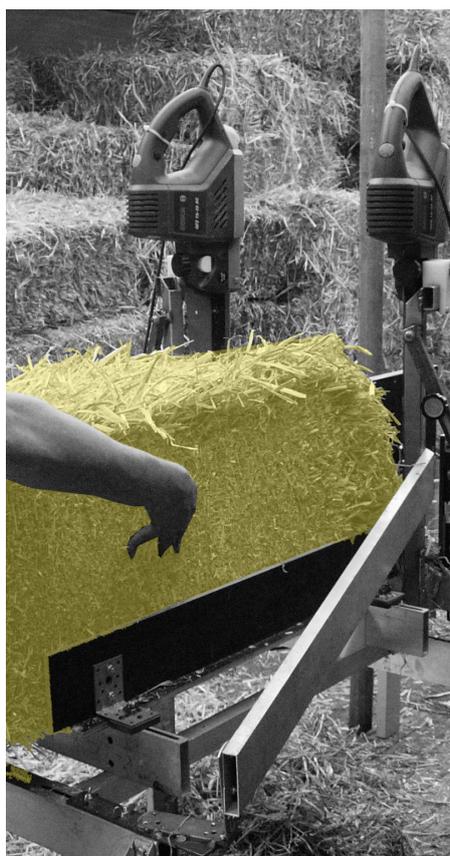
Gli archi sono costituiti da due file di blocchi Ytong, posati a giunti sfalsati di circa 10/15 cm (53).

Per ultimo è stata tamponata parte inferiore degli archi di testata come base per il successivo strato della copertura verde.

Creata la struttura in legno alle due estremità si è passati a tamponare le pareti est-o-



58 Cantiere, posa del tetto a falda
© Uta Herz 2011



59 Cantiere, taglio delle balle di paglia
© Uta Herz 2011



60 Cantiere, pannelli in fibra di legno
© Uta Herz 2011

vest con 5 corsi le balle di paglia di dimensioni 45x35x190 cm, per arrivare ad un'altezza di 2.5 m (55).

Per tamponare tutta la parete, essendo questa lunga 7,5 m, sono state impiegate 6 balle di paglia per ogni corso, per un totale di 30 balle per ogni parete.

Terminate le pareti si è tamponato il tetto a falda: le balle di paglia poggiano su tavolato in legno ad incastro maschio/femmina (58).

Non essendoci la necessità di legarle con cinghie per compprimerle, si è proseguito con

il taglio manuale di paletti di legno, che sono stati poi inseriti, due per ogni balla, perpendicolarmente al terreno (56-57).

Se nelle pareti est e ovest le balle sono state erette seguendo il metodo più comune, per le volte si è dovuta misurare in ogni punto di curvatura dell'arco e tagliare le balle parallelepipedo, in modo da dar loro una forma tronco-conica, come i conci di una volta.

Come spiegato a pagina 51, l'angolo del taglio, avvenuto tramite una macchina appo-

sita, è stato eseguito preventivamente dagli ingegneri (59).

In un secondo momento le balle di paglia tagliate sono state perfezionate a mano dai partecipanti del seminario, eliminando il superfluo e adattando ogni singola balla: essendo ogni volta formata da 128 balle di paglia, il lavoro è stato ripetuto 640 volte. Il metodo di posa di questa tecnica costruttiva risulta molto semplice, non richiede né manodopera specializzata né una forza fisica speciale (una balla di paglia pesa circa 15-20 kg): è stato dunque po-



61 Cantiere, pannelli in fibra di legno
© Uta Herz 2011



62 Cantiere, fine riempimento volte
© Uta Herz 2011



63 Cantiere, legatura balle di paglia
© Uta Herz 2011

sizionato un primo un primo corso di balle di paglia al di sopra le tavelle appoggiate a loro volta sopra il cordolo in blocchi di AAC, incastrata tra le barre filettate che servono in un secondo momento per la legatura (E) tirate tramite tensionatori (63).

Al fine di creare una linea guida per il posizionamento dei corsi successivi, si è ulteriormente posizionato, un pannello di fibra di legno tra ogni balla di paglia (60-61). Inoltre tre pannelli di fibra di legno sono stati aggiunti in prossimità del muro Ytong

e della prima barra filetta, in quanto sarebbe stato difficile inserire una forma compatta in paglia.

Dopo la legatura, lo smantellamento delle strutture di supporto, sia all'interno che all'esterno, manualmente, tramite un piccolo attrezzo affilato di 18 cm, si è aggiunta paglia sfusa arrotolata, al fine di riempire le parti meno compatte (G) (62).

Inseriti tutti i corsi, la volta risulta stabile: sono state così sfilate le strutture lignee che funzionavano da supporto.

Per maggior sicurezza strutturale sono stati compressi con cinghie e corde, così da evitare successivi abbassamenti dovuti a carichi (64).

La porzione tra le volte, prima di essere intonaca è stata riempita di terra. Si è proseguito nel posare i primi strati di intonaco in modo da indurire e rendere omogenea la superficie della volta: è stata usata una miscela di terra, sabbia e acqua. Con una macchina apposita è stato spruzzato il mix, sia nella faccia interna che nella faccia esterna della volta, fino



64 Cantiere, interno parte strutturale
© Uta Herz 2011



65 Cantiere, preparazione rivestimento
© Uta Herz 2011



66 Cantiere, posa terra cruda
© Uta Herz 2011

ad arrivare ad uno spessore di 3 cm per parte. Per uniformare le pareti perimetrali dell'edificio, così come le volte, lo stesso trattamento è stato eseguito nelle pareti di blocchi di AAC.

A seguito, con uno strato di 10 cm, si crea la base per la posa del pavimento: 3 cm di mix di terra cruda, sabbia, paglia e olio di lino (65).

Si è dunque passati alla costruzione delle partizioni interne in adobe.

Per concludere si è stesa la

mano di finitura di intonaco all'interno e all'esterno della struttura (66).

Si è posata la guaina impermeabile di spessore 4mm, sia sulla copertura sia ai lati est ed ovest bloccata da una trave di legno.

Al fine di sorreggere il peso della collina si è poi costruito un muretto in calcestruzzo.

Una volta posate la ghiaia e la terra per il tetto verde si è potuto smontare il capannone di protezione e si è passati all'inserimento degli elemen-

ti trasparenti, come porte e finestre, e i canali di reflusso delle acque meteoriche.

4.5 uso e costi della *Gästehaus*

Gli alloggi, predisposti per essere utilizzati tutto l'anno, in quanto forniti di riscaldamento a muro, vengono però occasionalmente affittati durante l'inverno.

Thomas Gluschke, colui che si occupa della manutenzione e della prenotazione delle camere, è comunque sempre disponibile nell'accettare turisti in qualsiasi mese dell'anno. Questo perché, come già detto in precedenza, non c'è turismo né si organizzano workshop.

La struttura nei mesi estivi è sfruttata per il 90%: i fruitori,

per la maggior parte partecipanti di seminari, preferiscono affittare la *Garrinnerhaus*, anche se sprovvista di servizi igienici privati, o usufruire altre opzioni come i vagoni o il campeggio.

I motivi sono principalmente due: le case-alloggi risultano essere troppo piccole per ospitare una famiglia intera (solamente l'ultimo modulo contiene un letto matrimoniale e un divano letto) e troppo costosi per i ragazzi.

La stanza matrimoniale nella *Gästehaus* costa 40 euro a notte, 53 euro la tripla; 27 euro

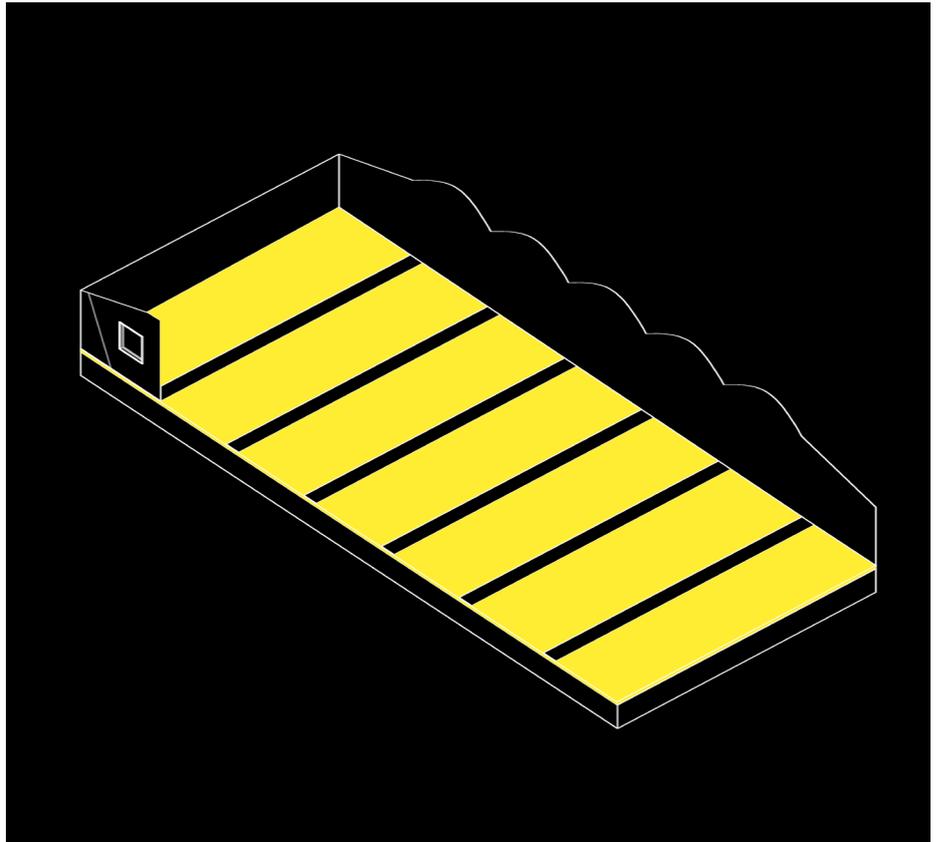
nella *Garrinnerhaus*, 20 euro nei vagoni o nelle stanze che si possono affittare appena fuori il giardino.

Tutte le strutture sono dotate di Wi-fi e vengono fornite gratuitamente bici a noleggio per esplorare la zona circostante.

E' ovvio però, che oltre all'uso effettivo, la *Gästehaus*, richiama molti appassionati di architettura e curiosi di scoprire tecniche costruttive innovative che quindi aumentano ancora di più l'afflusso al *Wangeliner Garten*.



67 Gästehaus, dettaglio pavimento
© Andrea Bocco 2018



S5 Spaccato della Gästehaus,
punti di degrado del pavimento

4.6 degradi: il pavimento

L'edificio, terminato nel 2015, conserva tutti i suoi elementi costruttivi originali: non ha presentato degradi di tipo strutturale.

Nonostante ciò, alla domanda se e quali degradi si fossero presentati durante gli anni, l'ingegnere Burkard Rüger, il quale mi ha accompagnato lungo il sopralluogo, ha risposto che l'edificio riscontrava diversi problemi, e non facilmente risolvibili.

In generale essi sono tutti derivati da differenti cause: fattori antropici, alterazioni

fisiche e alterazione biologica.

Il danno provocato durante la messa in opera del pavimento (67) è considerato un errore umano: infatti, premesso che l'edificio, pur essendo costruito con tecniche innovative, è stato realizzato, per la maggior parte, da manodopera non specializzata.

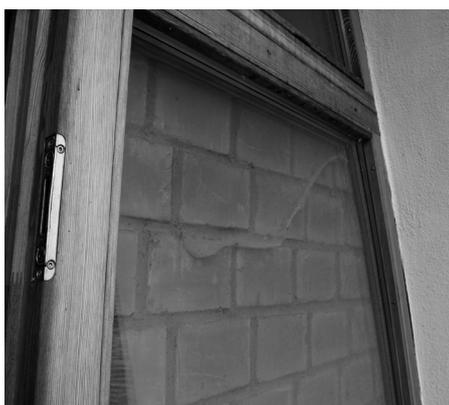
In particolare è utilizzato un quantitativo maggiore al sufficiente di olio di lino, mescolato con la sabbia, terra cruda e paglia.

Questo provoca nelle stanze

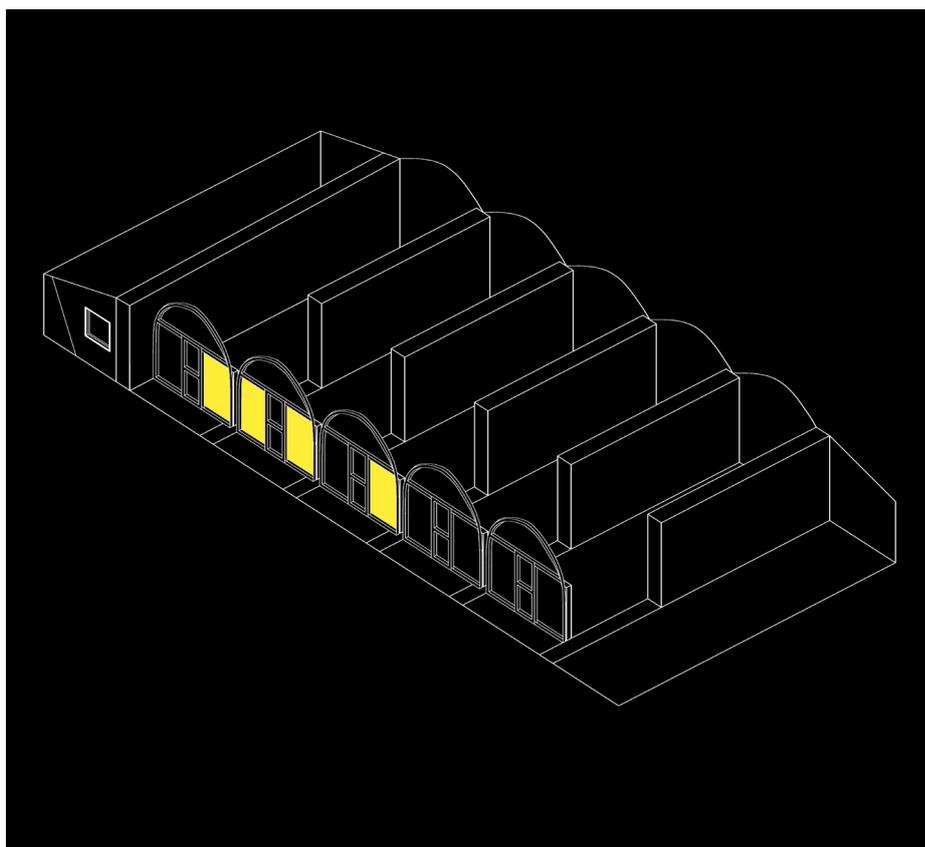
un odore stantio e non gradevole (S5).

L'unica soluzione possibile è quella di creare maggior circolazione d'aria negli appartamenti: infatti solo la finestra a nord e la porta d'ingresso a sud sono costituite da telai mobili, mentre la grande vetrata a sud (non considerano la porta) è fissa.

In un futuro si ipotizza perciò sostituire il telaio del lucernario circolare in modo da creare un'ulteriore ventilazione.



68 *Gästehaus*, dettaglio triplo vetro
© Federica Rossetto 2018



S6 Spaccato della *Gästehaus*
punti di degrado delle vetrate

4.6.1 le vetrate

L'alterazione di tipo fisico deriva dalla rottura di alcuni vetri intermedi dell'arcata a sud.

Come si può notare nella sezione tecnologica, essa, concepita come muro Trombe è costituita da un telaio con triplo vetro e chiusa da un muro di 20 cm di spessore in terra cruda (E9).

L'edificio è formato in totale da 5 arcate, ognuna delle quali è suddivisa in 4 parti: la porta di ingresso al centro, il lucernario circolare in alto e 2 vetrate per ogni lato (dove c'è la parete Trombe).

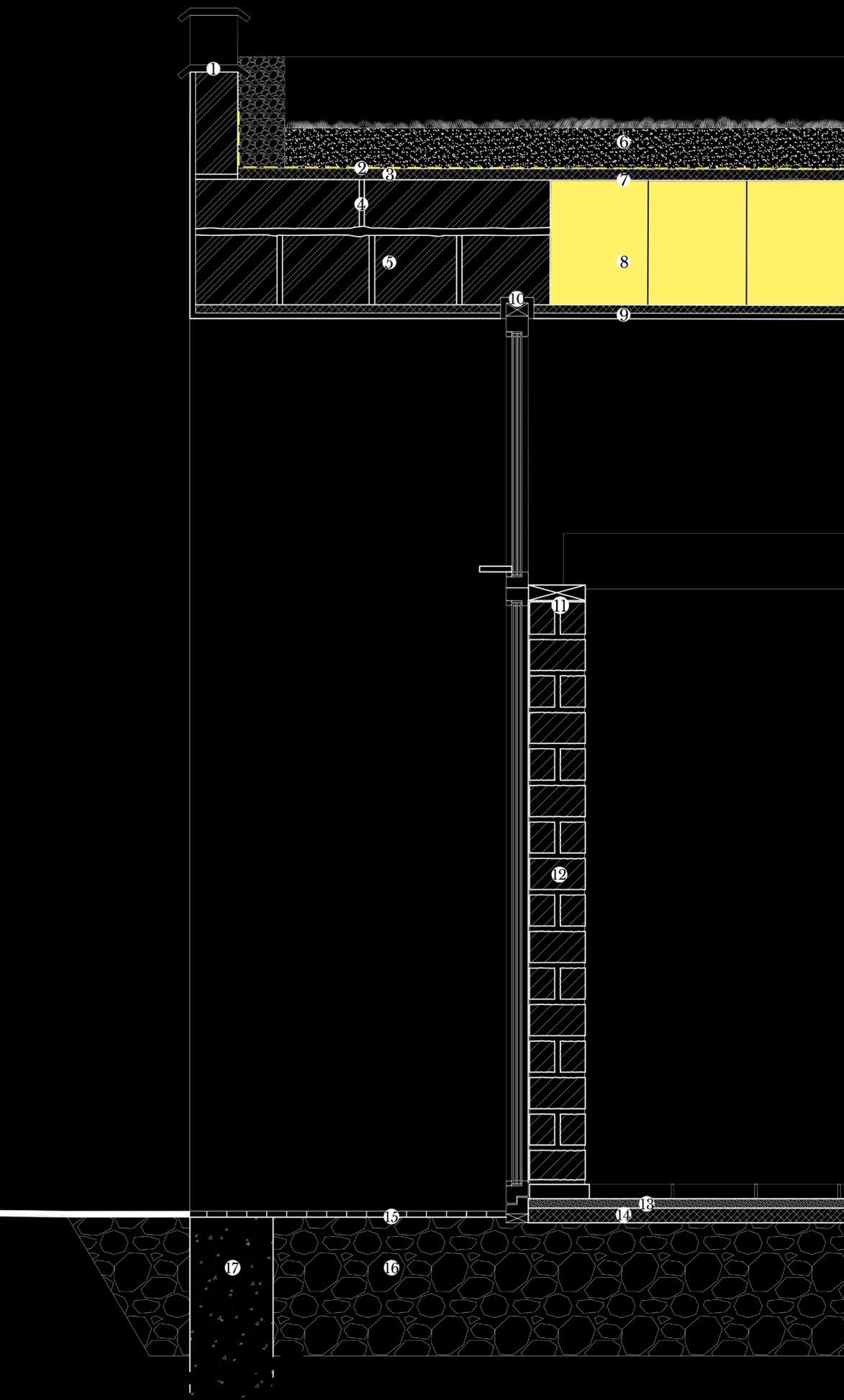
La spaccatura si è verificata nella lastra intermedia in 4 delle 10 vetrate chiuse dalla parete Trombe (S6).

Il motivo del degrado non è stato tuttavia compreso e quindi riparato.

Questo perché la sostituzione dei vetri risulterebbe eccessivamente costosa e inutile finché non si chiarisce la causa.

In aggiunta, il sistema solare passivo del muro Trombe non dà apporti energetici molto rilevanti, e, anche se bilanciata da costi di realizzazione contenuti, richiede una manutenzione costante: puli-

zia esterna e pulizia all'interno dell'intercapedine, che in questo caso risulta tralasciata: si possono infatti notare polvere e ragnatele (68).

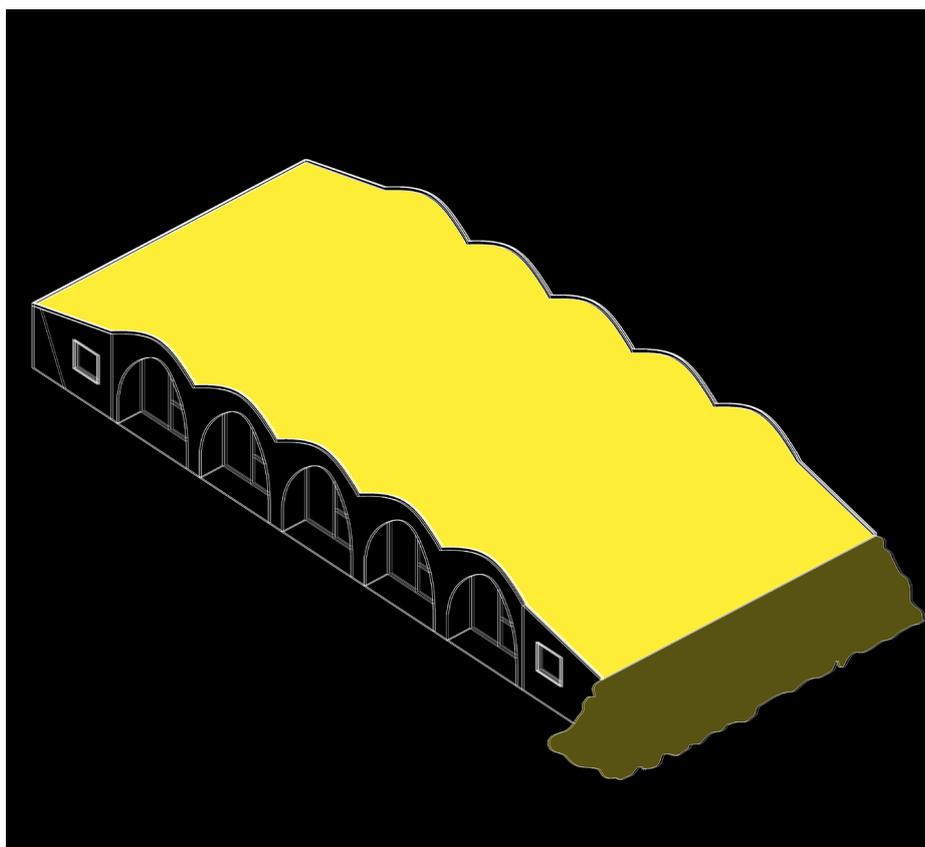


legenda

- ❶ lamiera in plastica dura
- ❷ guaina impermeabile
- ❸ terra cruda, sabbia
- ❹ malta collante
- ❺ blocchi in AAC
- ❻ substrato del tetto verde
- ❼ palla di paglia
- ❽ cintura per balle di paglia
- ❾ intonaco
- ❿ travetto di supporto
- ⓫ silicone naturale
- ⓬ adobe
- ⓭ finitura del pavimento
- ⓮ argilla
- ⓯ blocchi di cls alleggerito
- ⓰ vetro cellulare
- ⓱ calcestruzzo



69 *Gästehaus*, dettaglio copertura verde
© Federica Rossetto 2018



S7 Spaccato della *Gästehaus*
degrado copertura verde

4.6.2 la copertura

Nell'intradosso delle volte si stanno riscontrando forme di degrado biologico causate da umidità (69).

Come da progetto, è stata inserita la guaina impermeabile direttamente a contatto con l'intonaco di terra cruda delle volte.

Questo provoca ristagno di vapore acque, che dunque non riesce a risalire e si "blocca" nell'estradosso (S7).

Considerando la struttura portante dell'edificio in balle di paglia, questo tipo di degrado, nel corso degli anni, porterebbe danni strutturali

alle volte.

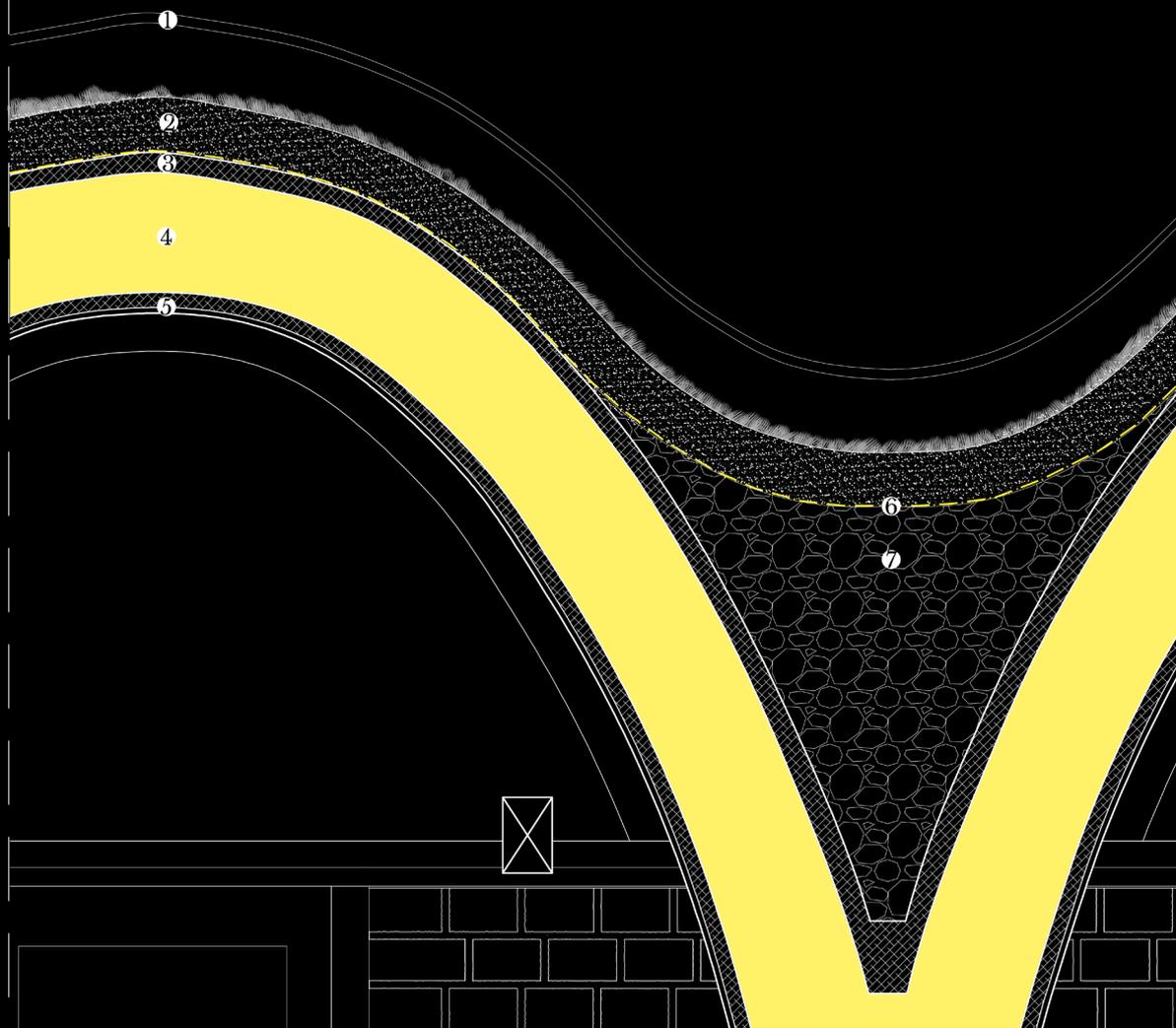
Al fine di evitarlo hanno pianificato nel mese di aprile 2019 una modifica della stratigrafia della copertura.

Come si nota nella seconda sezione tecnologica, la soluzione consiste nel rimuovere la guaina odierna, inserendo dei listelli di legno subito dopo l'estradosso delle volte, riposizionare una nuova guaina impermeabile e la copertura verde (E10).

L'espedito permetterebbe di creare un'intercapedine ventilata in modo da far re-

spirare l'intera zona, ed eviti il ristagno di umidità.

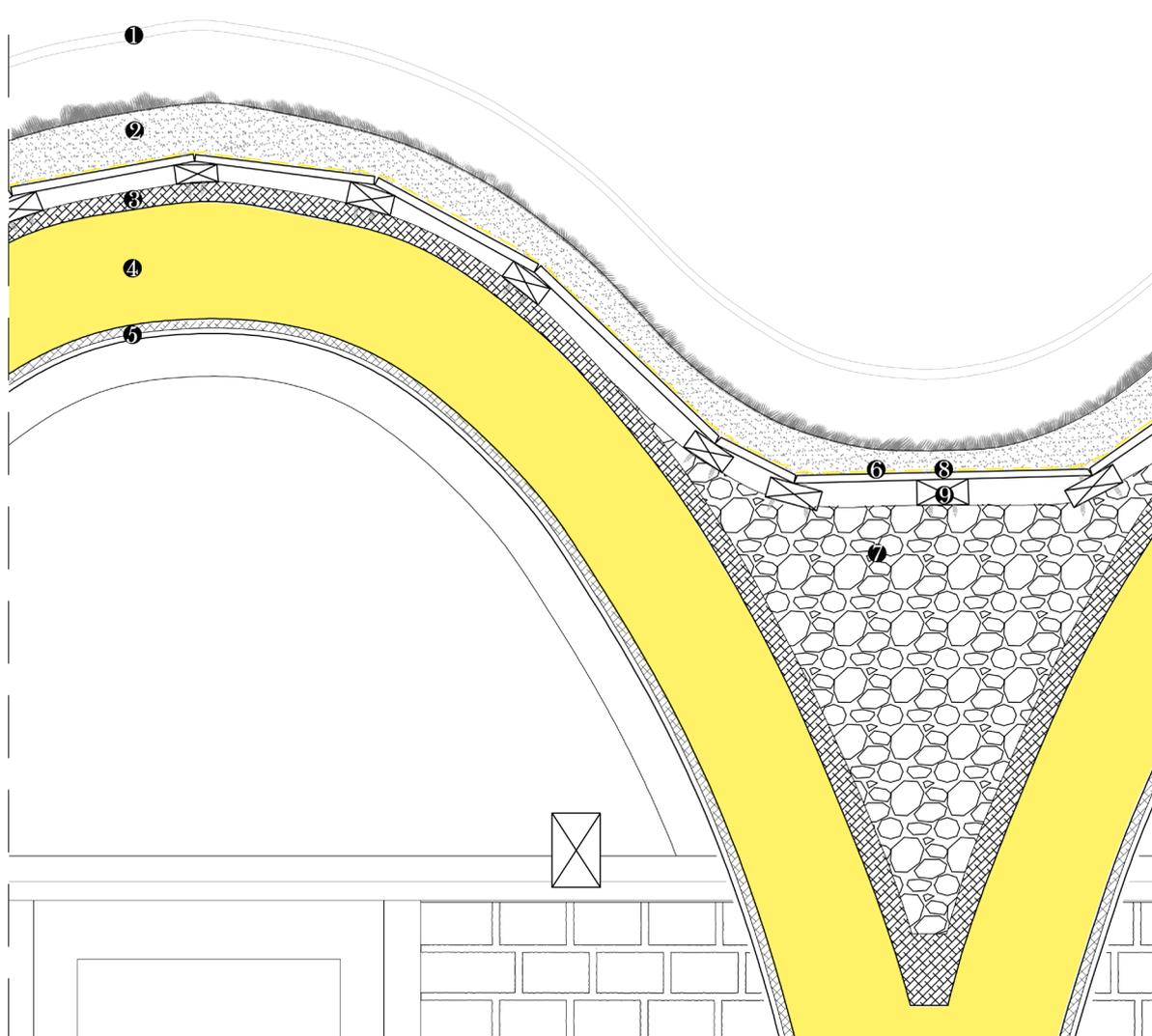
E10 *Gästehaus*, dettaglio
copertura
scala 1:20



legenda

- ① lamiera in plastica dura
- ② substrato
- ③ terra cruda, sabbia
- ④ balle di paglia
- ⑤ intonaco
- ⑥ guaina impermeabile
- ⑦ ghiaia

- ⑧ travetto in legno
- ⑨ tavolato



E11 *Gästehaus*, ipotesi di
intervento
scala 1:20

nord

	spessore [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Rsupest			0.04	
intonaco	0.03	0.70	0.04	
AAC	0.30	0.10	3.00	
intonaco	0.03	0.70	0.04	
Rsupint			0.13	
<hr/>				0.30

	area [m ²]	perimetro [m]	U [W/m ² K]
vetro	1.40	5.10	2.80
telaio	0.60		2.00
<hr/>			1.79

est/ovest

	spessore [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Rsupest			0.04	
intonaco	0.02	0.70	0.03	
terra cruda	0.02	0.25	0.08	
paglia	0.40	0.09	4.44	
terra cruda	0.02	0.25	0.08	
intonaco	0.02	0.70	0.03	
Rsupint			0.13	
<hr/>				0.20

sud

	spessore [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Rsupest			0.04	
vetrata				2.30
adobe	0.20	0.25	0.80	
Rsupint			0.13	
<hr/>				3.33

	area [m ²]	perimetro [m]	U [W/m ² K]
vetro	6.90	23.6	2.30
telaio	2.80		2.00
<hr/>			2.30

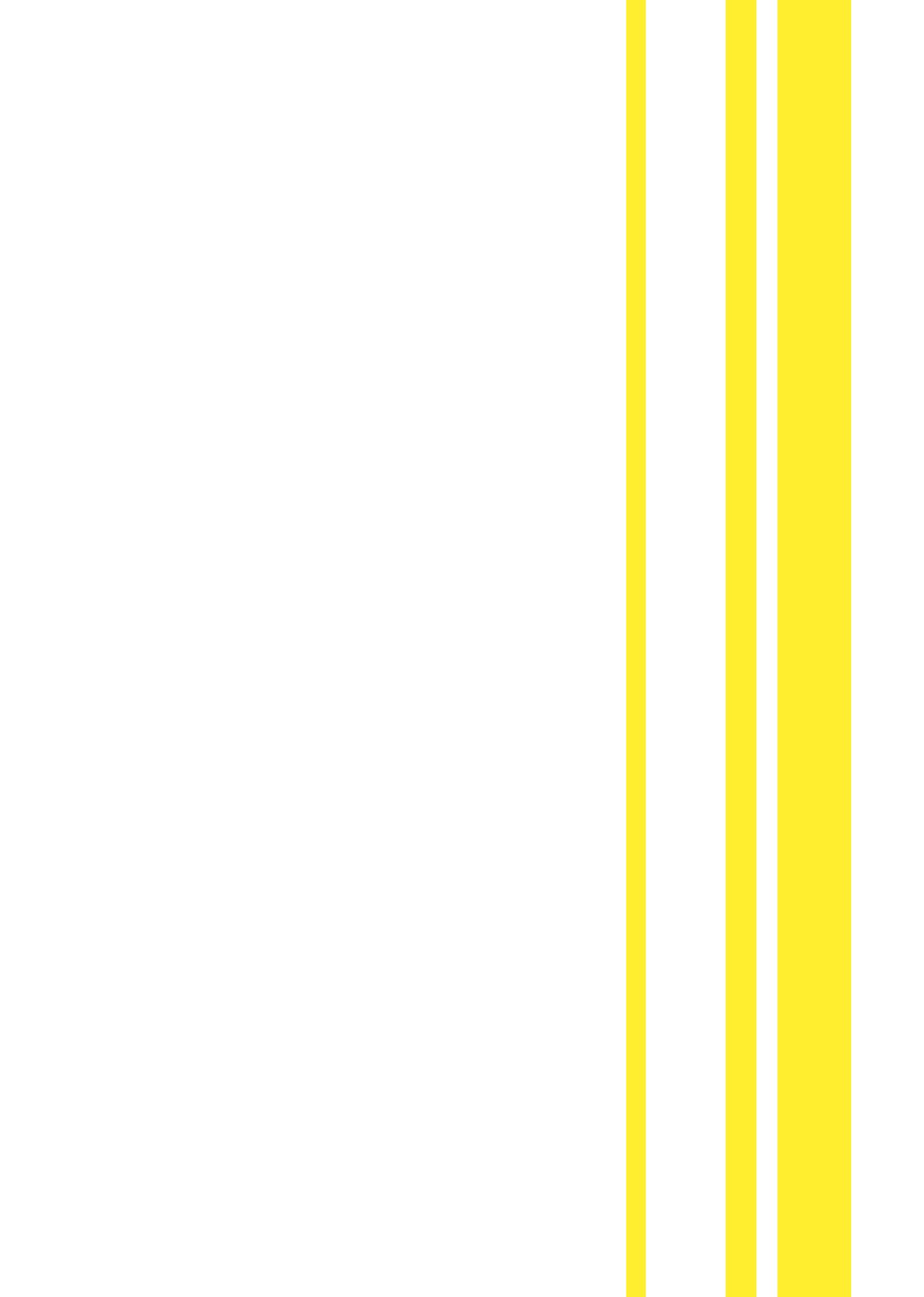
copertura

	spessore [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
Rsupest			0.04	
substrato	0.13	0.32	0.40	
terra cruda	0.05	0.25	0.20	
paglia	0.40	0.09	4.44	
terra cruda	0.03	0.25	0.12	
intonaco	0.02	0.70	0.03	
Rsupint			0.13	
<hr/>				0.19

4.7 note

1 tecnica tipico degli hammâm del Marocco. Per le sue caratteristiche fisiche, si presta ad essere utilizzata sia per gli interni, che per gli esterni.

2 www.ytong.it/it/docs/Consigli-Posa-YTONG.pdf



05

Computo energetico della Gästehaus

5.1 premessa

5.2 *Primary Energy Intensity* e
Global Warming Potential

5.3 metodo di calcolo: Ökob-
audat

5.4 calcolo: quantità

5.4.1 PEI e GWP

5.5 metodo di calcolo: ICE

5.6 note



S8 Materie prime presenti sulla terra che si possono utilizzare nell'edilizia

5.1 premessa

I seminari durano da due a tre ore. Ogni materiale estratto, raffinato e trasportato consuma energia e rilascia emissioni inquinanti nella biosfera (S8).

Nel corso degli ultimi vent'anni la consapevolezza, da parte dell'ambiente, della difficoltà di smaltire le emissioni emanate nel corso della vita di un prodotto, un processo, un'attività è aumentata considerevolmente e, a partire dalla conferenza patrocinata dall'Università di Tokyo nell' 1988, è stata introdotta la nozione di "metabolismo industriale".

Si è iniziato, così, a parlare della necessità di ricostruire la "storia naturale" delle merci, ovvero la quantità di materie prime, acqua, energia, scarti, materiali ed emissioni che ognuna porta con sé.

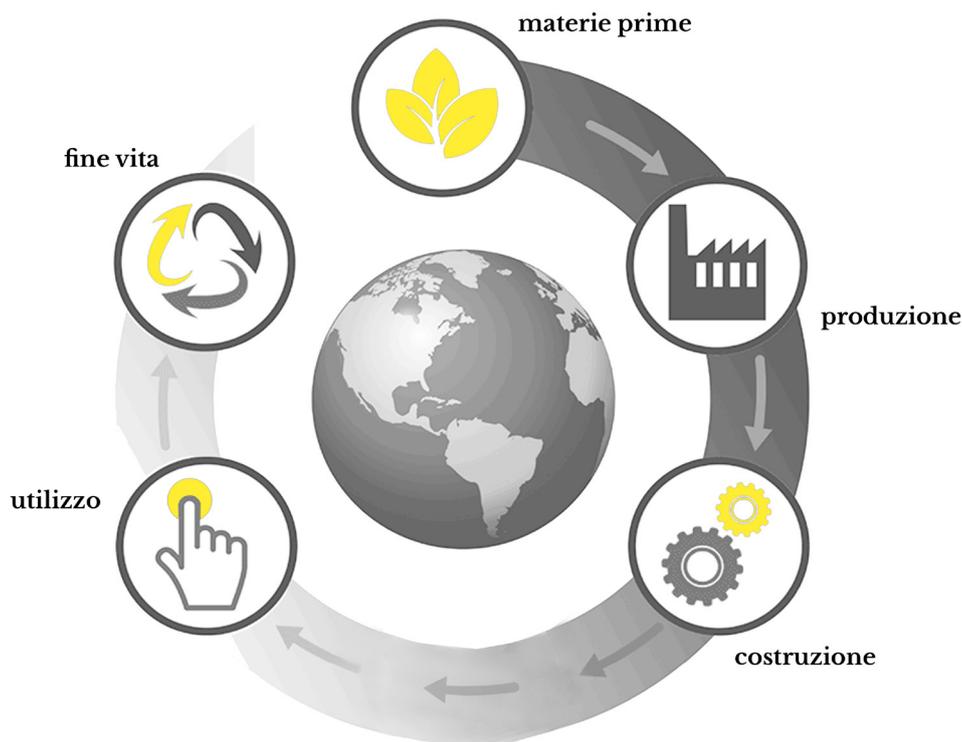
(*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*), è lo strumento principale della contabilità ambientale analitica.

"A life cycle assessment (also known as life cycle analysis ecobalance) is a technique to assess environmental impacts. LCA assesses each and every impact associated with all stages

of a process from cradle to grave (i.e., from raw materials through materials processing, manufacture, distribution, use, repair, maintenance, and disposal or recycling".

Attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente si valutano gli impatti ambientali relativi a un prodotto, un processo, un'attività.

L'analisi include l'intero ciclo di vita (S9), dall'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione,



S9 LCA - *Life Cycle Assessment* di un prodotto dall'estrazione allo smaltimento

l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale.

Secondo la norma ISO 14040, l'LCA è composto da quattro fasi: la definizione degli obiettivi (*goal definition and scoping*); la creazione dell'inventario (*inventory*) che mira a ricostruire i flussi di energia e di materiali che permettono tutti i processi del sistema produttivo preso in esame (materie prime, combustibili primari, feedstock, rifiuti solidi, emissioni gassose, emissioni liquide); la valutazione degli impatti sull'ambiente (*classification and evaluation*)

attraverso parametri rappresentativi degli impatti dei consumi di risorse e delle emissioni; le proposte di miglioramento (*improvement*) al fine di ridurre gli impatti ambientali.

Dallo studio dell'impatto di un edificio dovrebbero derivare scelte progettuali in grado di minimizzare alterazioni sul territorio, di definire le necessarie opere di mitigazione dell'ambiente, offrendo anche l'opportunità di riciclo di materiali.

Il presente lavoro analizza

e quantifica l'impatto ambientale di materiali e risorse della *Gästehaus* durante il suo processo costruttivo (T1). La valutazione si basa su due indicatori di sostenibilità: *embodied energy* o "energia grigia" (MJ), e *global warming potential* o potenziale di riscaldamento globale (kgCO₂eq).



TI LCA - *Life Cycle Assessment*.
PEI e GWP calcolati sulla fase di produzione

5.2 Primary Energy Intensity e Global Warming Potential

L' "energia grigia" (*PEI-Primary Energy Intensity* o *EE-Embodied Energy*), si definisce come l'energia necessaria al prodotto durante tutto il suo ciclo di vita, dall'estrazione della materia prima e la lavorazione, al trasporto e allo smaltimento. Si esprime in Megajoule (MJ), generalmente riferita all'unità di peso (kg). In base al metodo di calcolo utilizzato può essere divisa in energia grigia iniziale ed energia grigia periodica. L'energia iniziale è suddivisa a sua volta in energia indiretta, ovvero per l'estrazione le

materie prime e per produrre i macchinari da lavoro e, energia diretta, cioè l'energia utilizzata per il trasporto in cantiere dei prodotti edili e per la costruzione dell'edificio. A differenza dell'LCA, non esiste una guida per il calcolo dell' *embodied energy*. Il valore dell'energia grigia di un prodotto, o di un processo, non dipende solo dal processo di produzione, ma anche da altri fattori, quali la distanza dal luogo di estrazione delle materie prime, le modalità di trasporto usate, le fonti di energia adottate,

l'efficienza energetica dei macchinari utilizzati e il mix energetico specifico di ogni area.

Il potenziale di riscaldamento globale* (*GWP-Global Warming Potential*), ovvero la quantità di anidride carbonica e gas a effetto serra liberati dalla produzione di un'unità di prodotto, è un altro dato fondamentale per classificare l'impatto. È misurato in kgCO_2eq . È noto che il settore edile è responsabile per un 30-40% delle emissioni di gas a effetto serra.

5.3 metodo di calcolo: Ökobaudat

Al fine di conoscere l'impatto ambientale dell'edificio in questione, bisogna associare a ogni materiale i valori di PEI e GWP.

I valori si individuano nelle banche dati disponibili: nel caso studio qui affrontato, in un primo momento si è fatto riferimento a Ökobaudat', una piattaforma fornita dal Ministero Federale Tedesco degli Interni e dell'Edilizia (BMI-*Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat*).

Ci siamo limitati al calcolo dell'energia grigia e delle

emissioni di gas a effetto serra prodotto in fase di produzione/costruzione A1-A2-A3 dell'edificio, non considerando l'energia utilizzata per il trasporto del materiale, l'energia impiegata nel cantiere e l'energia necessaria per l'uso dell'edificio.

Il calcolo quindi non ha incluso i consumi elettrici e il riscaldamento dell'edificio durante la sua vita utile.

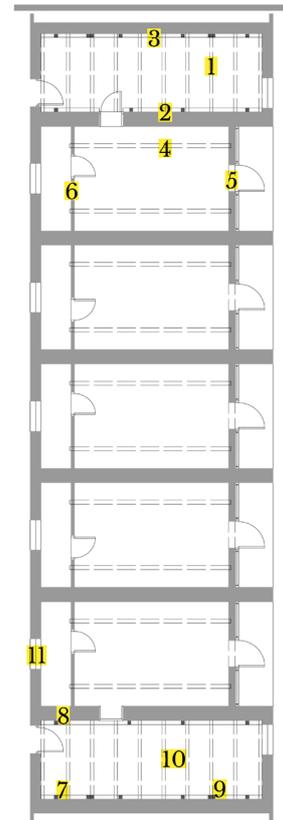
La scelta dei confini è avvenuta in base ai dati disponibili: la maggior parte dei dati riguardo alle fasi di cantiere

sono basati su fonti iconografiche; inoltre, considerando che quasi tutti i materiali utilizzati sono locali, le emissioni legate al trasporto erano quasi del tutto annullate.

Nonostante i dati riguardo le fasi di cantiere risultino approssimativi, in quanto non registrati durante la costruzione, Uta Herz ci ha fornito un grande repertorio fotografico che, insieme alle piante e sezioni tecniche, ci hanno aiutato nell'individuazione dei singoli componenti della *Gästehaus* (T2).

materiale	[m²]	quantità [m³]	peso [t]	PEI [GJ]	GWP [tCO_{2eq}]
acciaio	-	0.03	0.24	7.62	0.65
polietilene, polipropi- lene	-	0.97	1.16	0.14	0.01
intonaco	-	2.06	1.85	2.44	0.26
triplo vetro	37.35	-	1.17	28.64	2.18
doppio vetro	10.24	-	0.21	4.89	0.38
vetro cellu- lare	-	132.00	17.17	123.79	2.55
ghiaia, sabbia	-	36.56	7.31	0.37	0.00
cls allegge- rito	-	0.22	0.27	0.08	0.01
cls	-	27.20	65.28	24.98	5.19
AAC	-	70.46	26.77	105.97	12.89
malta adesi- va	-	0.13	0.23	0.00	0.00
terra cotta	-	0.97	1.75	8.34	0.52
terra cruda	-	35.62	21.37	31.42	7.48
adobe	-	7.74	9.29	12.40	0.74
paglia	-	106.78	10.68	141.59	-13.69
fibra di legno	-	1.41	0.07	31.21	-0.98
legno lamel- lare	-	8.64	4.25	83.29	-6.52
totale	47.59	430.87	169.08	607.15	11.67
totale per m ² di GIA	[160 m ²]		1.06	3.79	0.07
totale per persona	[10 persone]		16,91	60.72	1.17

		n.	lunghezza [m]	altezza [m]	spessore [m]	[m ³]
1	trave	20	3.35	0.15	0.07	0.70
2	trave	4	7.00	0.12	0.10	0.34
3	trave	4	7.00	0.25	0.10	0.70
4	trave	10	5.00	0.20	0.12	1.20
5	trave	5	3.38	0.06	0.20	0.20
6	trave	5	3.38	0.06	0.10	0.10
7	pilastro	8	0.10	1.90	0.07	0.11
8	pilastro	8	0.10	1.00	0.07	0.06
9	contro-vento	4	2.10	0.10	0.05	0.04
10	tavolato	2	7.00	3.84	0.03	1.61
11	infissi	(porte interne; finestre e porte esterne)				3.58
totale						8.64



S10 esempio di calcolo della quantità di m³ del legname

5.4 calcolo: quantità

Al fine di associare un valore di PEI e GWP è necessario moltiplicare i valori per il peso totale (kg) di ogni materiale dell'edificio.

Per alcuni prodotti, come le balle di paglia, o i blocchi in Ytong, il lavoro è stato semplice: conoscere le dimensioni dei blocchi/balle di paglia, e calcolare la grandezza delle pareti è stato sufficiente per calcolare le quantità.

La malta collante che unisce i blocchi Ytong è stata ipotizzata dalla scheda tecnica del prodotto.

I materiali lignei sono stati suddivisi in due categorie: legname generico per pilastri, travi del tetto, travi interne, telai e aperture interne (S10); fibra di legno per i pannelli che dividono le balle di paglia.

Nel calcolo non si è tenuto conto delle strutture in legno costruite come supporto durante il cantiere e successivamente smantellate.

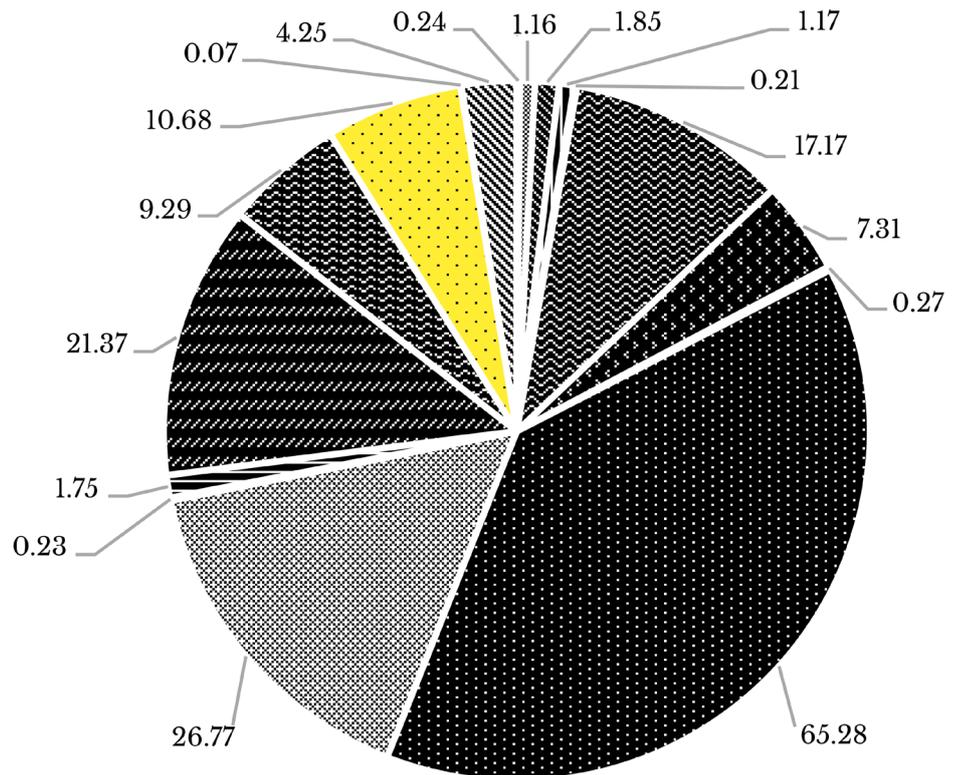
Le parti trasparenti sono state calcolate separatamente rispetto alla stratificazione del vetro: triplo per le vetrate semicircolari a sud e doppio

vetro per le finestre a nord. Per elementi come la guaina impermeabile o le staffe che legano le volte, non avendo dimensioni specifiche, si è cercato dai cataloghi modelli simili in modo da riportare i dati mancanti. Il conteggio delle staffe è avvenuto tramite repertorio fotografico.

Sono state considerate due categorie di calcestruzzo: quello armato per le fondazioni, riempito da vetro cellulare e quello alleggerito per il pavimento d'entrata di ogni stanza.

Per le volte si è considerato

acciaio	0.14%
pvc	0.69%
intonaco	1.10%
triplo vetro	0.69%
doppio vetro	0.12%
vetro cellulare	10.16%
ghiaia, sabbia	4.32%
cls alleggerito	0.16%
cls	38.61%
AAC	15.84%
malta collante	0.14%
terra cotta	1.03%
t. cruda, sabbia	12.64%
adobe	5.49%
paglia	6.32%
fibra legno	0.04%
legname	2.51%



DI peso [t] della *Gästehaus*
(valori assoluti e percentuali)

un rivestimento di terra cruda di spessore 3 cm per ogni lato della volta al quale si sono aggiunti 2 cm di intonaco a base di calce.

Al pavimento delle due aree laterali e dei servizi igienici è stato aggiunto il conteggio di piastrelle in cotto.

La ghiaia e la sabbia (per la copertura verde) sono stati calcolati assieme, in quanto i valori del PEI e GWP sono gli stessi.

Con un'area interna lorda di 160 m² e circa 431 m³ di materiale del sistema tec-

nologico, il peso totale della *Gästehaus* è di 169.08 tonnellate, ovvero 1.06 tonnellate per metro quadrato.

Considerando che l'edificio contiene 10 posti letto, il peso totale per persona equivale a 16.91 t/persona.

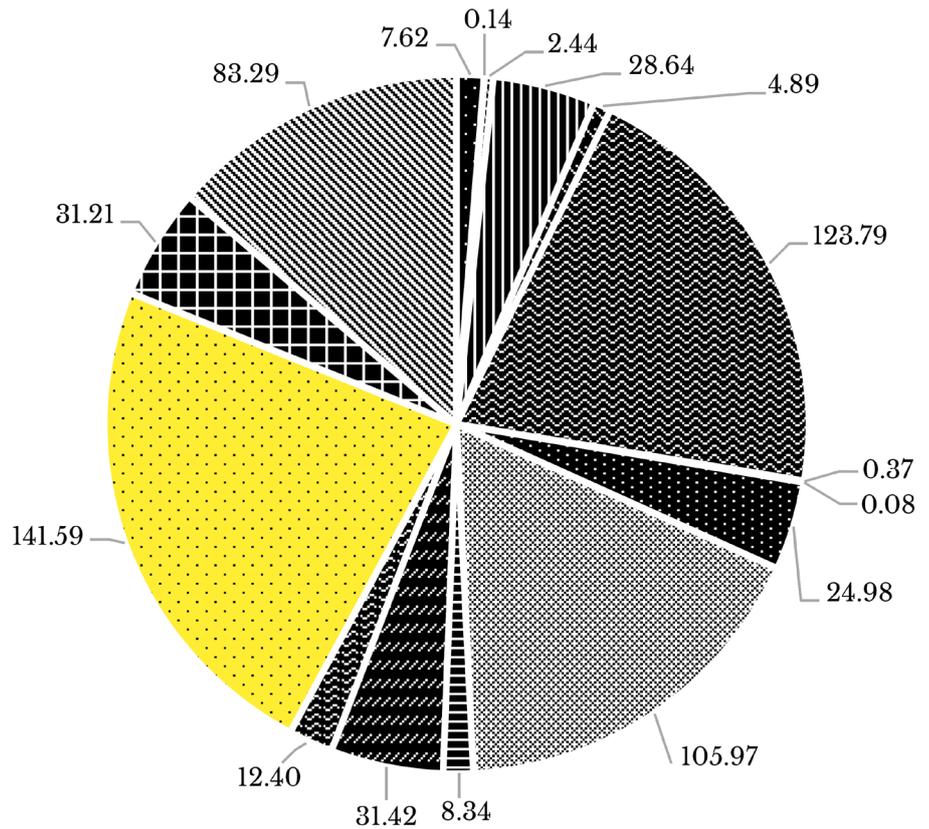
Il 49% del peso totale dell'edificio è costituito dalle fondazioni: il 39% dal calcestruzzo e il 10% dal vetro cellulare.

La somma del peso dei materiali/fibre naturali costituisce il 31,04% del totale. La terra cruda, utilizzata per 43.36 m³, occupa il 18% (30.66 t); la pa-

glia il 6% (10.68 t) per 106.78 m³; la ghiaia fine e sabbia il 4% (7.31 t) per 36.56 m³; il legno il 3% (4.25 t) per 8.64 m³; ed infine la fibra di legno con lo 0.04% (0.07 t) per 1.41 m³. Di questi materiali il peso dei materiali/fibre di origine vegetale è l'9%: paglia, legname e fibra di legno.

Come scelta progettuale, seguendo la filosofia dell'Associazione, la preferenza di materiali rispetto che altri si è basata sulla facilità di reperibilità a livello locale. Il peso di materiali di origine locale costituisce il 49% del peso

acciaio	1.26%
pvc	0.02%
intonaco	0.40%
triplo vetro	4.72%
doppio vetro	0.81%
vetro cellulare	20.39%
ghiaia, sabbia	0.06%
cls alleggerito	0.01%
cls	4.11%
AAC	17.45%
malta collante	0.00%
terra cotta	1.37%
t. cruda, sabbia	5.17%
adobe	2.04%
paglia	23.32%
fibra legno	5.14%
legname	13.72%



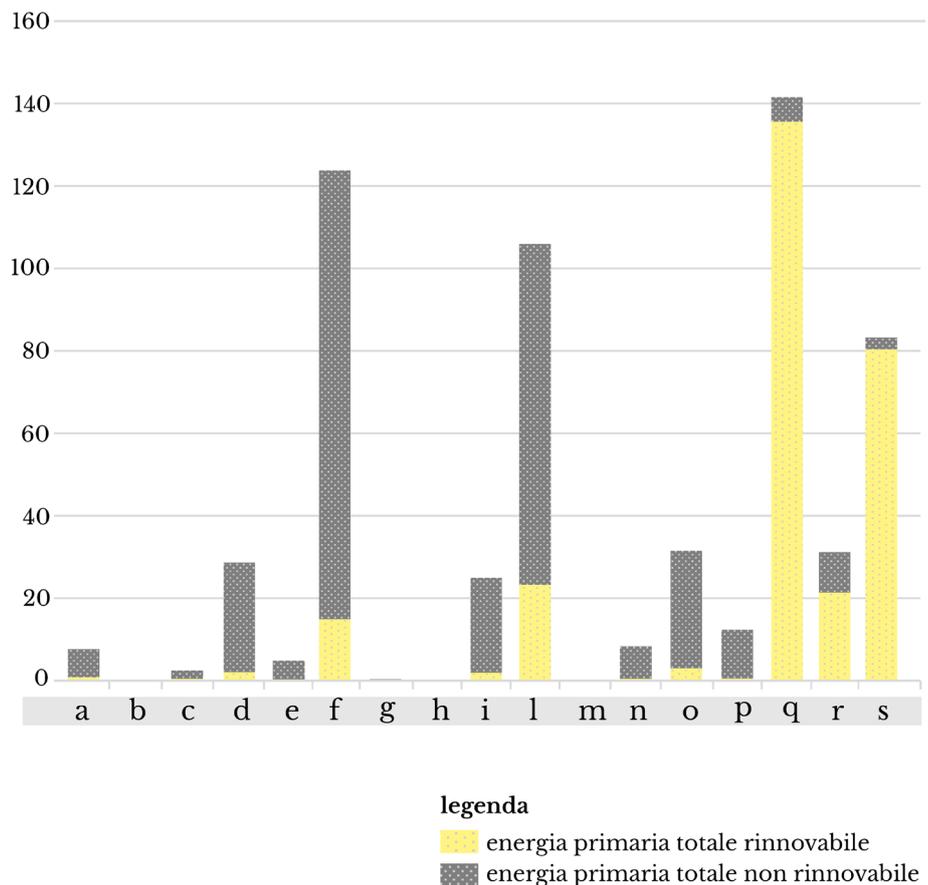
D2 PEI - Primary Energy Intensity [GJ] della Gästehaus
calcolo Ökobaudat

totale: sono stati considera-
ti, oltre che i materiali/fibre
naturali (31%) anche l'intonaco
a base di argilla (1%; 1.85 t),
le piastrelle di terra cotta (1%;
1.75 t) e i blocchi di AAC della
marca Ytong prodotti nell'a-
zienda limitrofa (16%; 26.77 t).

Ancora è interessante notare
come il peso di alcuni mate-
riali, pur comprendo grandi
volumi, non influisca par-
ticolamente nel conteggio
finale, grazie alla loro bassa
densità come la paglia (densi-
tà 100 kg/m³) e il vetro cellu-
lare (densità 130 kg/m³).
L'acciaio, il pvc, il vetro, la

malta adesiva, la terra cotta,
la fibra di legno, l'intonaco, il
calcestruzzo alleggerito non
intaccano il peso dell'edificio
(si aggirano tra 0.07t a 1.85 t)
essendocene in quantità limi-
tata (D1).

		R	non-R
a	acciaio	0.31%	2.09%
b	pvc	0.00%	0.04%
c	intonaco	0.16%	0.61%
d	triplo vetro	0.73%	8.25%
e	doppio vetro	0.12%	1.42%
f	vetro cellulare	5.22%	33.84%
g	ghiaia, sabbia	0.03%	0.09%
h	cls alleggerito	0.00%	0.02%
i	cls	0.69%	7.15%
l	AAC	8.15%	25.71%
m	malta collante	0.00%	0.00%
n	terra cotta	0.17%	2.44%
o	t. cruda, sabbia	1.05%	8.86%
p	adobe	0.19%	3.69%
q	paglia	47.51%	1.85%
r	fibra legno	7.49%	3.05%
s	legname	28.17%	0.89%



D3 energia primaria rinnovabile e non [GJ] rispetto ai materiali della Gästehaus.

5.4.1 PEI e GWP

Una volta individuato il peso di ogni componente dell'edificio si associa il corrispondente valore di *Primary Energy Intensity* o *Embodied Energy* (MJ) trovato in Ökobaudat.

I valori assunti per i materiali in cui non si sapeva l'esatta provenienza sono stati scelti in base a due criteri: si è ipotizzato che fossero di origine locale e i più economici possibili.

Il valore considerato per il PEI è la somma dei valori dell'Energia primaria rin-

novabile (*Primary Energy renewable*) e non rinnovabile (*Primary Energy non-renewable*).

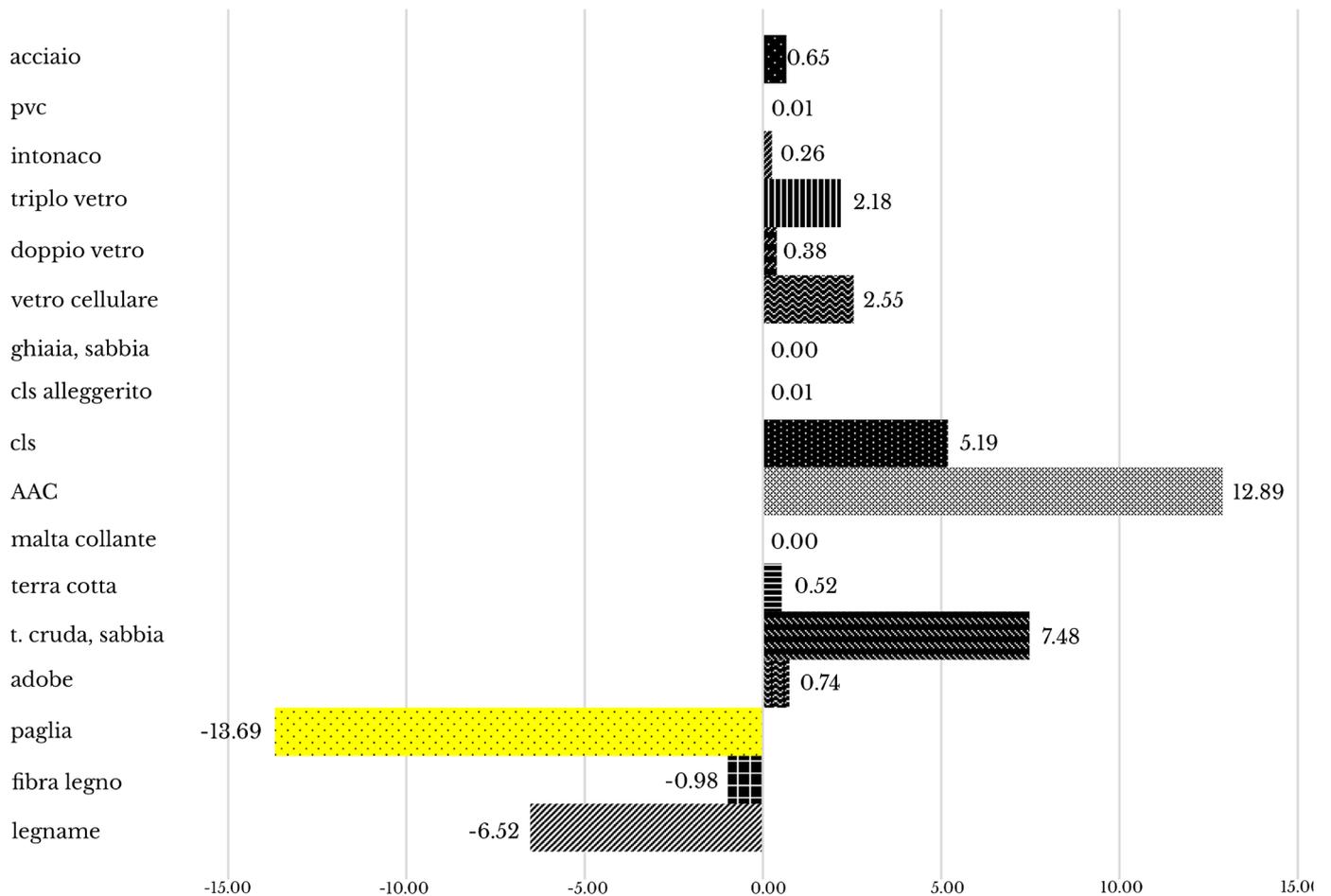
Nel calcolo del PEI e GWP è stato considerato il peso totale della struttura: non sono stati infatti utilizzati materiali di recupero (se non nell'arredo) che, nel caso, sarebbero stati esonerati nel calcolo.

Il valore totale del PEI è di 607154 MJ, quindi 607.15 GJ; il PEI per la superficie interna lorda è di 3.79 GJ/m², mentre, considerando 10 inquilini, il totale per persona è di 60.72

GJ/p.

Gli elementi che incombono maggiormente nel calcolo del PEI sono rispettivamente la paglia (141.59 GJ) con il 23%, il vetro cellulare (132.79 GJ) con il 20%, i blocchi di AAC (105.97 GJ) con il 17% e il legname (83.29 GJ) con il 14%. Elementi lavorati come acciaio, pvc, vetro, cls alleggerito, malta collante e calcestruzzo per le fondazioni hanno invece valori molto moderati (D2).

Nel digramma (D3) sono stati studiati i valori specifici



D4 GWP - Global Warming Potential [tCO₂eq] della Gästehaus calcolo Ökobaudat

dell'energia primaria rinnovabile e non, rapportati alla quantità di ciascun materiale presente nel *Gästehaus*.

Elementi molto pesanti come il calcestruzzo, il quale nel calcolo delle quantità costituiva il 39% del peso totale, in questo calcolo ha valori molto contenuti, se non nulli. Materiali di origine vegetale, così come il vetro cellulare e i blocchi di AAC, presentano un altissimo valore di "energia grigia". La grande differenza sta nella percentuale dell'energia primaria rinnovabile e non

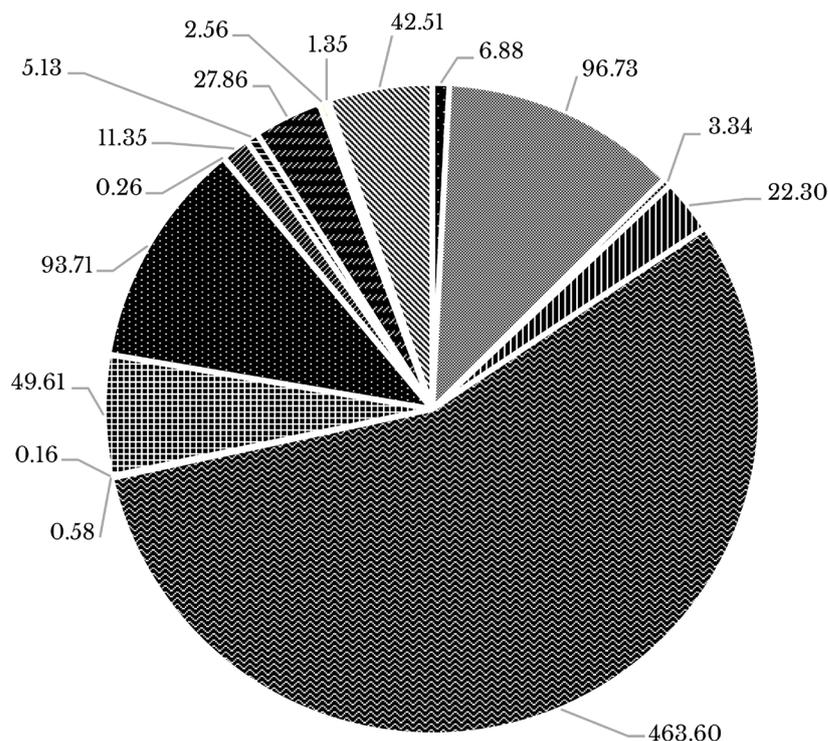
rinnovabile, attribuita ai materiali vegetali e a quella attribuita agli elementi artificiali. (Energia non-R: paglia 96%; legno 89%; fibra di legno 69%; vetro cellulare 12%; blocchi di AAC 22%).

Infine, ipotizzando di porzionare tutti gli elementi in terra sulla stessa quantità, è interessante notare come cambi il rapporto fra l'energia primaria rinnovabile e non. La terra cruda, essendo meno lavorata, ha una percentuale maggiore di energia primaria non rinnovabile rispetto alla terracotta e all'adobe.

Per il calcolo del *Global Warming Potential (D4)* sono presenti anche i valori negativi, di quei materiali vegetali che, durante la loro vita come piante, assorbono i gas effetto serra. La paglia e i legnami presentati, appunto, valori negativi, mentre componenti minerali non lavorati (ghiaia, sabbia) sono praticamente nulli.

Il GWP totale è di 11.67 tCO₂eq. Interessante notare è il valore che assume per metro quadrato e per persona: rispettivamente di 0.07 tCO₂eq/m² di 1.17 tCO₂eq/p.

acciaio	0.83%
pvc	11.68%
intonaco	0.40%
vetro	2.69%
vetro cellulare	56.00%
ghiaia, sabbia	0.07%
cls alleggerito	0.02%
cls	5.99%
AAC	11.32%
malta collante	0.03%
terra cotta	1.37%
t. cruda, sabbia	0.62%
adobe	3.37%
paglia	0.31%
fibra legno	0.16%
legname	5.13%



D5 PEI - Primary Energy Intensity [GJ] della Gästehaus calcolo ICE

5.5 metodo di calcolo: ICE

I valori del PEI e del GWP variano molto a seconda delle banche dati utilizzate.

Dopo aver confrontato i valori presi dei diversi materiali tramite l'uso del database di Ökobaudat, si è optato per rifare il calcolo utilizzando lo stesso database degli edifici successivamente presi in causa, al fine di avere un confronto oggettivo.

Il secondo database utilizzato è ICE (*The Inventory of Carbon and Energy*) messa a punto dal Sustainable Energy Research Team (SERT) dell'Università

di Bath.

Rispetto a Ökobaudat risulta meno preciso e sofisticato, perciò per i dati mancanti (dell'argilla, calcestruzzo alleggerito e vetro cellulare) sono stati ottenuti dalle banche dati di Berge (2009).

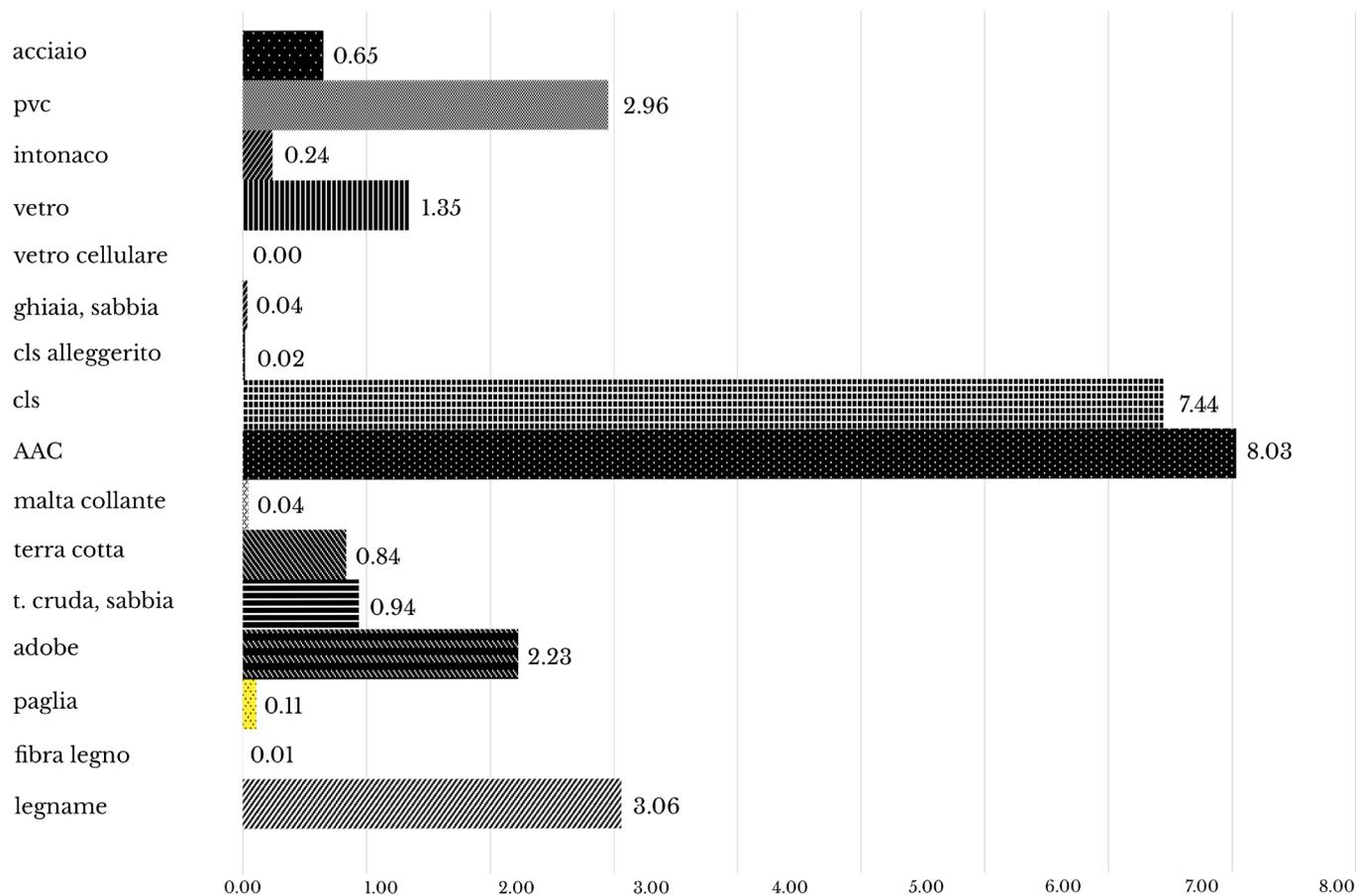
I valori del GWP sono stati ricavati dall'ufficio di statistica tedesco DESTATIS⁵ (2015) facendo riferimento alla tesi "*Valutazione della sostenibilità dell'ecovillaggio Sieben Linden. Impronta Ecologica, Embodied Energy, Embodied Carbon*", in quanto, i coefficienti ICE sono correlati al mix energetico

britannico e non tedesco.

I risultati ottenuti (T3) del consumo di energia primaria (PEI) sono considerevolmente peggiori rispetto a quelli di Ökobaudat.

Il valore totale del PEI è di 827.93 GJ; il PEI per la superficie interna lorda è di 5.17 GJ/m², mentre, il totale per persona è di 82.79 GJ/p.

Oltre ad aumentare il valore, viene modificato sostanzialmente le percentuali sul totale: elementi vegetali risultano avere valori molto bassi, quasi nulli: la paglia 2.56GJ;



D6 GWP - Global Warming Potential [tCO₂eq] della Gästehaus calcolo ICE

la fibra di legno 1.35 GJ; il legname 42.51 GJ, al contrario di altri materiali. come il vetro cellulare che occupa il 56% del valore PEI totale con 463.60 GJ.

La quantità del vetro cellulare utilizzata (50 cm di profondità) sbilancia il calcolo: un accorgimento possibile poteva essere quello di utilizzare, insieme al vetro cellulare, la ghiaia, che presenta coefficienti notevolmente minori.

È interessante notare come alcuni materiali, in proporzione alla quantità abbiano valori molto alti, come il pvc

(pesa 1.16 t, e ha un PEI del 96.73 GJ che costituisce il 12% del totale), mentre elementi molto pesanti, come il calcestruzzo per le fondazioni (49.61 GJ; 6%) e i blocchi di AAC (93.71GJ; 11.32%), abbiano un valore comunque un valore contenuto (D5).

I coefficienti per il calcolo del GWP hanno valori positivi, non tengono in considerazione dell'assorbimento dei gas a effetto serra: a causa di questo, il totale risulta più del doppio rispetto a quello calcolato da Ökobaudat, anche se gli altri coefficienti hanno

in proporzione valori minori. Le emissioni di CO₂ sono da attribuire ai blocchi di AAC e al calcestruzzo di fondazione (D6).

Il GWP totale è di 27.96 tCO₂eq; per metro quadrato e per persona: rispettivamente di 0.17 tCO₂eq/m² di 12.80 tCO₂eq/p.

materiale	[m²]	quantità [m³]	peso [t]	PEI [GJ]	GWP [tCO_{2eq}]
acciaio	-	0.03	0.24	6.88	0.65
polietilene, polipropi- lene	-	0.97	1.16	96,73	2.96
intonaco	-	2.06	1.85	3.34	0.24
vetro	47,49	-	1.49	22.30	1.35
vetro cellu- lare	-	132.00	17.17	463.60	0.00
ghiaia, sabbia	-	36.56	7.31	0,58	0.04
cls allegge- rito	-	0.22	0.27	0.16	0.02
cls	-	27.20	65.28	49.61	7.44
AAC	-	70.46	26.77	93.71	8.03
malta adesi- va	-	0.13	0.23	0.26	0.04
terra cotta	-	0.97	1.75	11.35	0.84
terra cruda	-	35.62	21.37	5.13	0.94
adobe	-	7.74	9.29	27.86	2.23
paglia	-	106.78	10.68	2.56	0.11
fibra di legno	-	1.41	0.07	1.35	0.01
legno lamel- lare	-	8.64	4.25	42.51	3.06
totale	47.59	430.87	169.08	827.93	27.96
totale per m ² di GIA	[160 m ²]		1.06	5.17	0.17
totale per persona	[10 persone]		16,91	82.79	2.80

5.6 note

1 Definizione valutazione del ciclo di vita (LCA-*Life Cycle Assessment*), SETAC, 1993

2 Wiedmann T., Minx J., *A Definition of Carbon Footprint*, cit in: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends*, cap. 1, pp. 186-197,

3 Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente
www.unenvironment.org/

4 Software Ökobaudat
www.oekobaudat.de

5 www.destatis.de

6 Gerace M., Pollini S. *Valutazione della sostenibilità dell'ecovillaggio Sieben Linden. Impronta Ecologica, Embodied Energy, Embodied Carbon*, tesi magistrale. Politecnico di Torino, 2017

06

Confronto dell'impatto ambientale della *Gästehaus*

6.1 *Libelle, Villa Strohbunt e Casa Wegmann Gasser*

6.2 confronto con la *Gästehaus*

6.3 confronto tra la *Gästehaus* e generici sistemi costruttivi

6.4 note

		<i>Gästehaus</i>	<i>Libelle</i>	<i>Villa Strohbunt</i>	<i>Casa Wegmann Gasser</i>
peso [t]		169.08	391.14	104.00	239.32
PEI	[GJ]	827.93	1308.18	82.72	964.79
	[GJ/m ²]	5.17	3.45	0.79	5.33
	[GJ/p]	82.79	130.82	13.79	192.96
GWP valori negativi	[tCO _{2eq}]	11.67	47.05	-23.02	-27.03
	[tCO _{2eq} /m ²]	0.07	0.12	-0.22	-0.15
	[tCO _{2eq} /p]	1.17	4.71	-3.84	-5.41
GWP	[tCO _{2eq}]	27.96	104.57	6.27	65.59
	[tCO _{2eq} /m ²]	0.17	0.28	0.06	0.36
	[tCO _{2eq} /p]	2.80	10.46	1.04	13.12

T4 calcolo peso, PEI, GWP fra *Gästehaus*, *Libelle*, *Villa Strohbunt*, *Casa Wegmann Gasser*

6.1 *Libelle*, *Villa Strohbunt* e *Casa Wegmann Gasser*

Una volta calcolati i valori del nostro edificio sono stati confrontati i risultati con altre tipologie di edificio.

Gli edifici presi in considerazione sono quelli studiati nel libro *The Environmental Impact of Sieben Linden Ecovillage*¹.

Questi edifici che possono essere considerati simili alla *Gästehaus* per le loro tecniche costruttive.

Libelle e *Villa Strohbunt* sono due degli edifici costruiti nell'eco villaggio Sieben Linden, in Germania.

Libelle, progettato dall'architetto Dirk Scharmer e concluso nel 2012, è un edificio residenziale su due piani di 379 m².

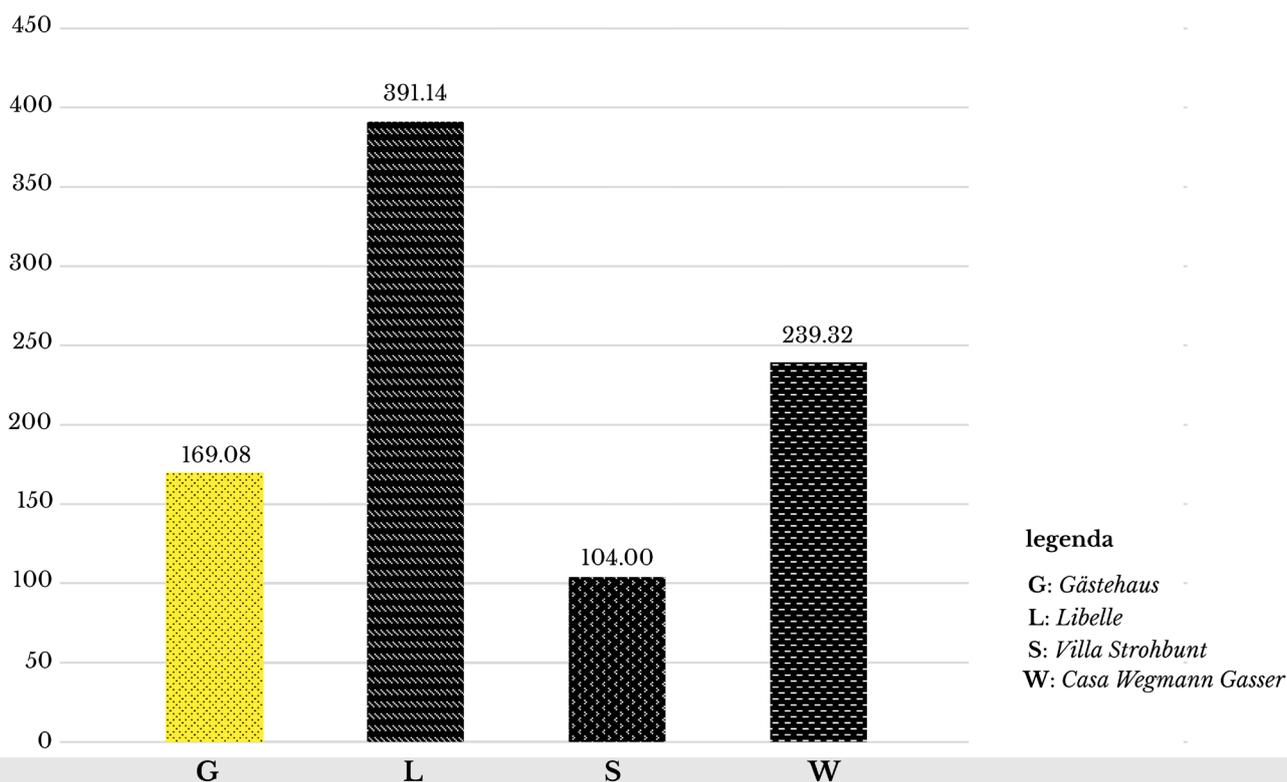
Presenta fondazioni in cemento armato, con ghiaia e massetto di cemento. La struttura portante, di legno, è riempita con balle di paglia intonacate esternamente con calce e internamente con argilla.

Le pareti interne sono realizzate in blocchi di silicato di calcio (175 mm di larghezza), intonacato con argilla (15mm). Il tetto a falda è composto da travi di legno

6x36 cm e balle di paglia.

Villa Strohbunt è un edificio di 100m² progettato e auto-costruito tra il 2001 e il 2004 da Björn Meenen, Martin Stengel e Silke Hagmaier del "Club99" con l'aiuto di centinaia di volontari, attratti dall'interesse per la costruzione di balle di paglia e il lavoro manuale.

Il processo di costruzione è stato radicalmente basato sul risparmio delle risorse: si è rinunciato all'uso delle macchine e a materiali di produzione mentre hanno privilegiato materiali di riciclo.



D7 confronto peso [t] fra Gästehaus, Libelle, Villa Strohbunt, Casa Wegmann Gasser

Le fondazioni, costituite ventiquattro conci di granito riutilizzati, sorreggono le travi portanti del solaio inferiore, sopraelevato rispetto al terreno di 40 cm.

Le pareti divisorie sono di adobe e intonacate. Il legname utilizzato proviene dalla foresta dell'eco villaggio, tagliato e lavorato a mano. Altri prodotti da costruzione come pietre, coppi e finestre sono stati o recuperati o forniti a livello locale.

Casa Wegmann Gasser, a Glarus in Svizzera, è stata progettata dall'architetto Werner

Schmidt. La struttura, con una superficie calpestabile di 181 m², si regge su 21 pali di cemento, che reggono a loro volta da tre cordoli di fondazione.

Le pareti perimetrali portanti, con uno spessore di circa 120 cm sono costituite da balle di paglia.

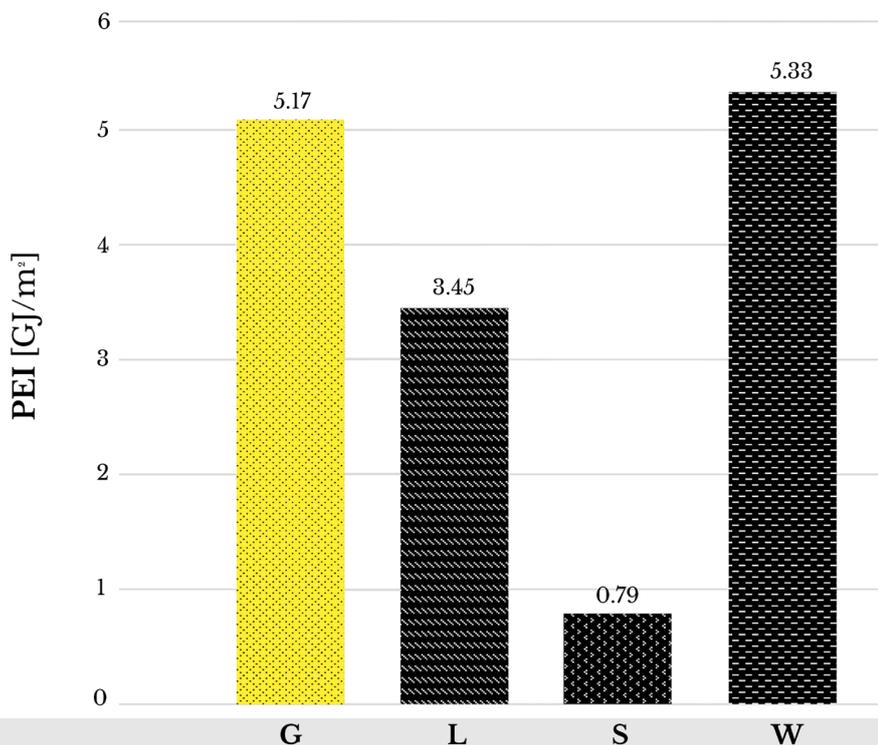
In paglia è anche l'isolamento del solaio contro terra e della copertura (75 cm di spessore).

Le pareti interne sono in terra cruda a riempimento di una struttura a telaio, intonacate con argilla.

Presenta una copertura verde a sud (con 35 m² di pannelli

fotovoltaici e un impianto solare termico con accumulatore per l'acqua calda sanitaria). Insieme con i tripli vetri, l'isolamento di balle di paglia crea una casa quasi energeticamente autosufficiente.

I valori di partenza di *Libelle* e *Villa Strohbunt* e *Casa Wegmann Gasser* sono ricavati da ICE e normalizzati dal mix tedesco.



D8 confronto PEI [GJ/m²] fra *Gästehaus*, *Libelle*, *Villa Strohbunt*, *Casa Wegmann Gasser*

6.2 confronto con la *Gästehaus*

Non esistono valori standard a livello internazionale su cui definire le basi per un'analisi oggettiva dell'impatto ambientale degli edifici durante il processo di costruzione.

Risulta quindi interessante paragonare i valori di edifici simili e non, per confrontare i diversi consumi e emissioni. Nel confronto sono stati utilizzati i coefficienti di ICE per il calcolo del PEI e GWP nei valori positivi; per i valori negativi si è fatto riferimento a Ökobaudat (T4).

La *Gästehaus* ha una superficie di 160 m² per circa 200 t

di materiale; *Libelle*, 379 m² per circa 400 t di materiale; *Villa Strohbunt*, 100 m² per 100 t; *Casa Wegmann Gasser* 181 m² per 250 t (D7).

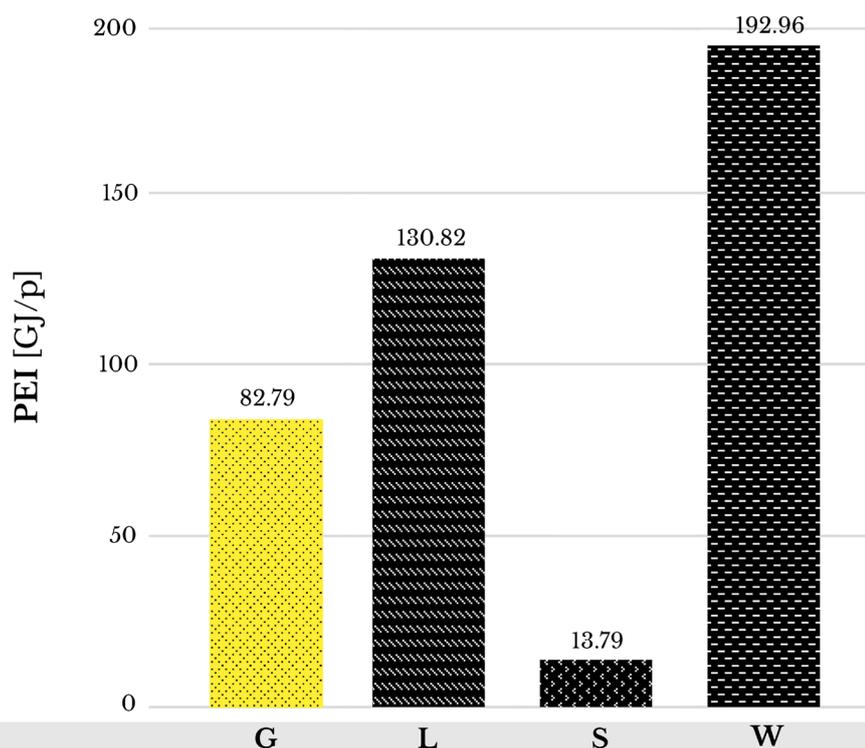
Se si considerano gli impatti PEI al metro quadro, è immediatamente evidente che in *Villa Strohbunt*, grazie alle scelte costruttive (in particolare il riutilizzo e uso quasi esclusivo di materiali non lavorati con macchine), i valori del consumo dell'energia primaria (PEI) e del riscaldamento globale (GWP) ha i valori più bassi, che sono circa 4 volte in meno rispetto

al Caso Studio.

Libelle, pur essendo il doppio, sia in grandezza che in quantità di materiali, ha consumato 1.5 volte in meno del PEI rispetto alla *Gästehaus*.

Casa Wegmann Gasser risulta avere circa lo stesso nostro valore, nonostante la quantità assoluta di risorse ed energia impiegate è la metà di *Libelle*.

Questo perché il rapporto tra risorse o energia su superficie, sia nella *Gästehaus* che in *Casa Wegmann Gasser*, è maggiore di *Libelle* che distribuisce i suoi valori su una superficie più ampia (D8).



D9 confronto PEI [GJ/persona] fra *Gästehaus*, *Libelle*, *Villa Strohbunt*, *Casa Wegmann Gasser*

La *Gästehaus* e *Libelle* sono abitate da 10 inquilini; *Villa Strohbunt* da 6 persone; *Casa Wegmann Gasser* da 5 abitanti.

Per quanto riguarda il consumo di energia primaria per persona la *Gästehaus* ha un valore 0.5 volte minore di *Libelle*, 2 volte minore di *Casa Wegmann-Gasser* e 2.5 volte maggiore rispetto a *Villa Strohbunt*.

Rispetto a *Villa Strohbunt* e *Casa Wegmann-Gasser*, il rapporto rispettivamente si dimezza e raddoppia: questo è dovuto al fatto che la *Gästehaus* conta il doppio degli

inquilini.

Libelle, pur avendo lo stesso numero di persone, ha il doppio della superficie e del materiale utilizzato (D9).

Considerando i valori positivi sia per i GWP/m² che GWP/p la *Gästehaus* diminuisce la differenza fra *Villa Strohbunt* e aumenta la distanza fra *Libelle* e *Casa Wegmann-Gasser*.

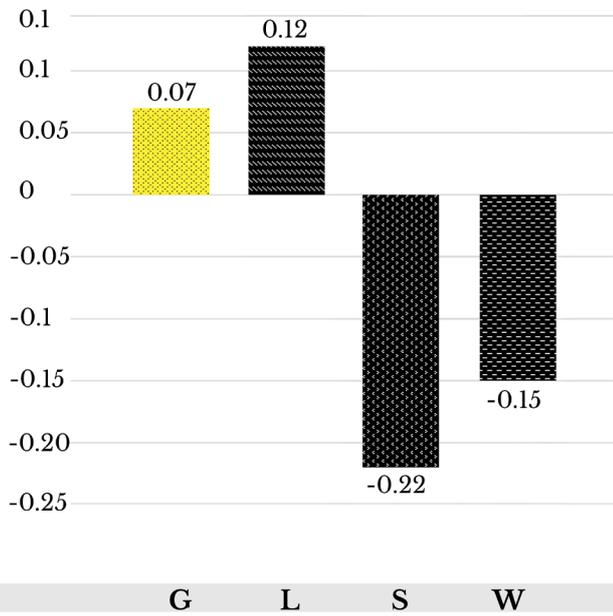
Interessante, però, è notare come, considerando i valori negativi, cresca la distanza a favore di *Villa Strohbunt*, ma soprattutto di *Casa Wegmann-Gasser*.

Nonostante anche la *Gäs-*

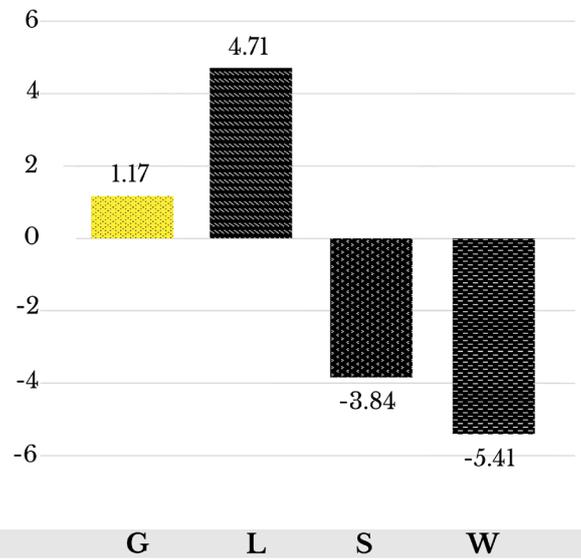
tehaus contenga elementi che limitano le emissioni di gas serra, e produca valori negativi (paglia -13.69 tCO_{2eq}; fibra di legno -0.98 tCO_{2eq}; legname -6.52 tCO_{2eq}), mantiene un valore totale positivo (da 0.17 tCO_{2eq}/m²; 0.07 tCO_{2eq}/m²), mentre *Casa Wegmann-Gasser* passa da 0.36 tCO_{2eq}/m² a -0.15 tCO_{2eq}/m². Tuttavia il materiale utilizzato in *Casa Wegmann-Gasser* è il 40%, appena superiore a quello della *Gästehaus* (31%). Questo significa che i materiali artificiali scelti per quest'ultima sono molto più inquinanti (D10).

valori negativi ammessi

GWP [tCO_{2eq}/m²]

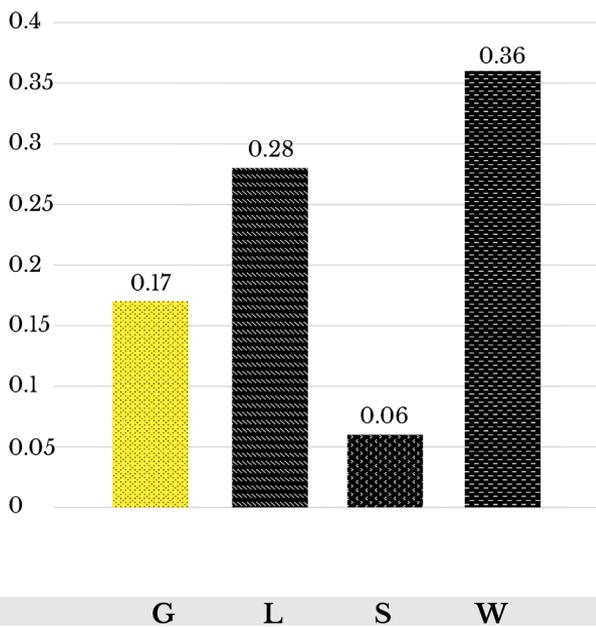


GWP [tCO_{2eq}/p]

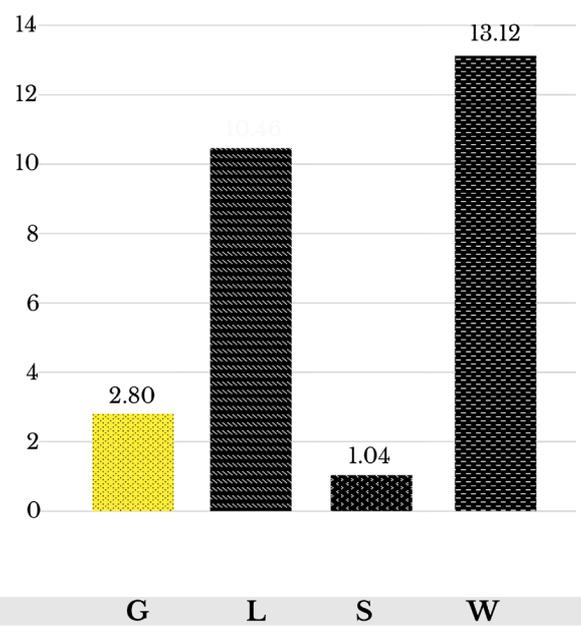


valori positivi

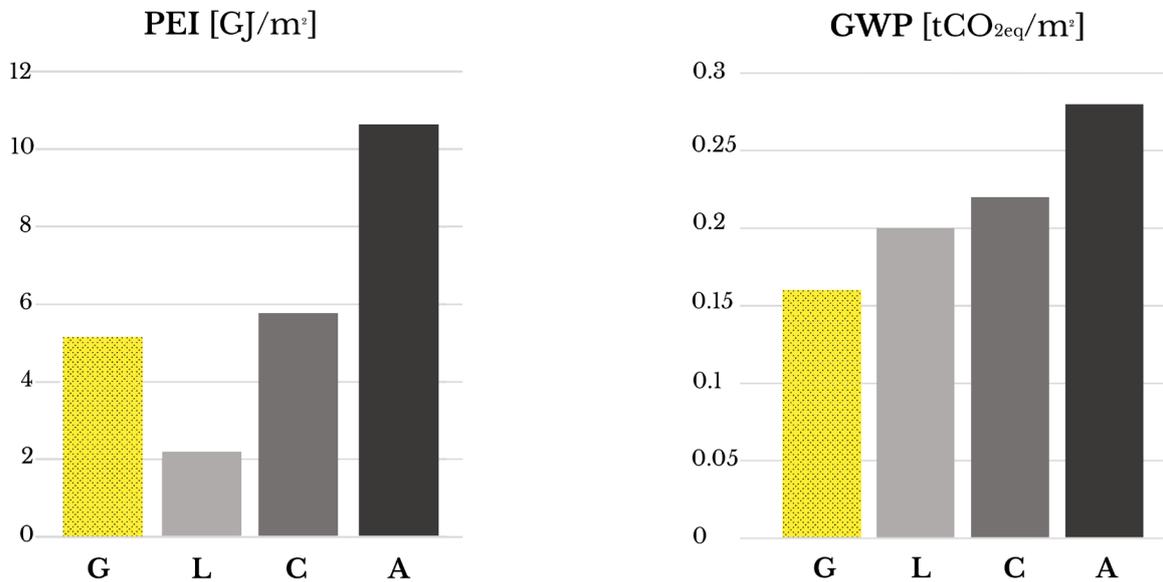
GWP [tCO_{2eq}/m²]



GWP [tCO_{2eq}/p]



	<i>Gästehaus</i>	struttura in legno	struttura in cls	struttura in acciaio
PEI [GJ/m ²]	5.17	2.20	5.77	10.64
GWP [tCO _{2eq} /m ²]	0.17	0.20	0.22	0.28



G: *Gästehaus* L: legno C: calcestruzzo A: acciaio

DII confronto PEI [GJ], GWP [tCO_{2eq}/m²] fra *Gästehaus* e generici sistemi costruttivi

6.3 confronto tra la *Gästehaus* e generici sistemi costruttivi

Un altro interessante confronto può essere fatto fra la *Gästehaus* e generici edifici residenziali costruiti in Germania.

I valori di questi edifici sono stati presi da due studi: Dixit (2017) che mostra i valori per gli edifici residenziali per diversi sistemi di costruzione-strutture portanti a telaio in legno, strutture in cemento armato e strutture in acciaio; Birgisdóttir (2017), dal quale si sono selezionati i casi rilevanti e si è ricavato il valore medio di GWP².

A causa dell'assenza di alcuni dati sono stati messi a para-

gone solamente i valori del PEI e GWP per la superficie. Questo può portare ad approssimazioni nelle analisi, che potrebbero portare a risultati non attendibili.

Come mostrano i diagrammi (DII) il valore del PEI della *Gästehaus* è paragonabile a quello delle strutture in calcestruzzo (5.17 GJ; 5.77 GJ). Risulta 2.5 volte il valore delle strutture in legno, e 5 volte in meno rispetto alle costruzioni in acciaio.

Le strutture in acciaio e in calcestruzzo, richiedono normalmente un più alto

dispendio di energia nel processo di produzione: la *Gästehaus* è invece penalizzata dal grande utilizzo di vetro cellulare costituisce il 56% del totale.

Rispetto al PEI, il grafico del *Global Warming* mostra come la *Gästehaus* abbia prodotto meno emissioni di CO₂, rispetto al legno.

Questo è dovuto dal fatto che è una semplice autocostruzione in balle di paglie, mentre la struttura di legno, pur assorbendo le emissioni, richiede l'utilizzo di altri materiali per completare l'abitazione.

6.4 note

1 Dal libro *The Enviromental Impact of Sieben Linden Ecovillage*. Andrea Bocco, Martina Gerace, Susanna Pollini. 2019

2 Informazioni prese dalla tesi magistrale *Valutazione della sostenibilità dell'ecovillaggio Sieben Linden. Impronta Ecologica, Embodied Energy, Embodied Carbon*, Gerace M., Pollini S. Politecnico di Torino, 2017

Conclusioni

È la *Gästehaus* un edificio sostenibile?

Negli ultimi due capitoli è stato studiato l'impatto ambientale della *Gästehaus*, e, comparato con edifici di diverse caratteristiche. Fin dal principio la metodologia usata ha evidenziato alcune limitazioni; non esistendo valori di riferimento a livello internazionale che definiscano standard, si incontrano difficoltà nella restituzione di un risultato confrontabile. Per questo motivo nel confronto, al fine di adeguarsi al metodo di calcolo utilizzato nei Casi Studio da noi presi in considerazione, si è scelto di ricalcolare l'impatto ambientale secondo i coefficienti di ICE.

Questo tipo di analisi sono maggiormente valide se previste fin dalla fase iniziale della progettazione; o tuttavia se forniti di un computo metrico preciso dei materiali utilizzati, aggiornato in corso d'opera. Questo perché, per ottenere dei parametri relativamente rappresentativi di PEI e GWP bisognerebbe scendere molto nel dettaglio, come ad esempio quantificare i piccoli componenti metallici.

Ökobaudat, rispetto a ICE, ha una banca dati notevolmente maggiore, soprattutto nella scelta dei materiali naturali, quali la terra e la paglia. ICE è più approssimativo in quanto database statico, mentre Ökobaudat viene costantemente aggiornato (è sempre presente la data

dell'ultima modifica).

Per il calcolo del *Global Warming Potential*, Ökobaudat "sconta" ai materiali vegetali (le piante) la quantità di CO₂ assorbita in vita: quindi è possibile avere valori negativi che diminuiscono il risultato finale.

Per questi motivi è sconsigliato utilizzare diversi database in un calcolo, poiché i vari coefficienti si discostano molto fra di loro. Ad esempio il valore della paglia (6.32% del peso totale), risulta quasi nulla nel calcolo PEI con ICE (0.31% del totale del PEI), mentre ha un grosso impatto in Ökobaudat con il 23.32% del totale.

Questo potrebbe essere dato dal fatto che in ICE si consideri la paglia come materiale sfuso e non compatto in balle di paglia.

In generale sarebbe quindi utile un aggiornamento unico dei database a livello europeo, con fattori di conversione specifici per ogni Paese.

Tenendo conto delle criticità evidenziate, dai valori ottenuti dallo studio dell'impatto ambientale, emerge, che la *Gästehaus*, costruita come "manifesto" di sostenibilità, non abbia valori di EE e EC sufficienti per essere considerata un edificio a impatto quasi zero.

Il valore ottenuto dal calcolo del PEI in ICE e in Ökobaudat sono rispettivamente 5.17

GJ e 3.79 GJ.

Il risultato estratto da Ökobaudat risulta comunque alto: è quasi pari al valore di Libelle (379 m²), che ha 1 volta in più della superficie e 2 volte in più dei materiali.

La scelta di realizzare di un edificio in balle di paglia e terra risulta aver avuto un basso impatto sul consumo di energia primaria in fase di produzione/costruzione, mentre la scelta dell'utilizzo del vetro cellulare per le fondazioni ha condizionato i risultati finali: in Ökobaudat è 123.79 GJ (20% del totale), in ICE è 463.60 GJ (56%).

Infatti, nonostante il materiale base sia il vetro da discarica, la produzione del vetro cellulare è molto più energivora della produzione del vetro stesso: questo minimizza il fatto di stare riutilizzando un materiale da discarica, la facilità di posa a favore dell'autocostruzione, e le alte prestazioni energetiche che ne porta.

Una caratteristica che avrebbe potuto diminuire l'impatto ambientale dell'edificio poteva essere l'utilizzo di materiali riciclati per la struttura dell'edificio. Questo non è avvenuto, ma si è comunque scelto di utilizzare legno riciclato per la realizzazione degli arredi, componente che, ai fini del calcolo, non è stata presa in considerazione. Infatti, l'uso di materiali riciclati, come in *Villa Strohbunt*, permette di ottenere valori

finali minori nel *Embodied Enenergy*, mentre nel *Global Warming Potential* viene attribuito al loro primo uso e non all'edificio nei quali vengono riutilizzati.

I risultati finali della *Gästehaus*, rispetto agli abitanti, appaiono minori: il numero di persone che occupano un determinato edificio è un coefficiente variabile che, nel nostro Caso Studio incide in maniera positiva: l'area dell'edificio è di dimensioni ridotte (160 m²), nella quale possono convivere 10 persone.

Inoltre, l'alta componente negativa dei materiali vegetali porta quasi a zero il valore totale del *Global Warming Potential* (0.07 tCO₂eq/m²).

Nonostante l'edificio non risulti avere un ottimo valore d'impatto ambientale, le scelte costruttive permettono di considerarlo ad alte prestazioni energetiche: ampie superfici vetrate con tripli vetri e muri Trombe, spesso strato di paglia come isolante, vetro cellulare e intonaci in terra portano a trasmittanze molto basse.

Inoltre, l'utilizzo di materiali "semplici" e locali, e il processo di autocostruzione, con conseguente sensibilizzazione di molte persone, ha portato alla diminuzione dei costi di costruzione.

Infine, anche se ha deluso sotto qualche risultato, la

Gästehaus è un ottimo esempio di edilizia verde. Risulta un edificio unico nel suo genere, un enorme passo avanti nell'impiego in architettura della paglia.

Lo scopo fondamentale di FAL e.V. è quello di far conoscere modelli di vita ambientalmente ed economicamente sostenibili, seppur in una piccola realtà come può essere il *Wangeliner Garten*, a un gran numero di persone, tramite promozione di prodotti locali, riqualificazione di aree verdi, workshop, eventi. La *Gästehaus*, come modello di soluzione costruttiva alternativa, autocostruita, rispetta a pieno le aspettative.

Bibliografia

01| inquadramento geografico ed economico

- FAL e.V., *Jahre verwegene ideen*. Wangelin, 2007
- FAL e.V., *Lehmarkitektur*. Wangelin, 2017

02| il villaggio Wangelin

- Mahlke F., *Schwerelos erdverbunden. Vom Leichtbau zum Lehmbau. Das Werk des Architekten Gernot Minke*, Freiburg. Ökobuch, 2007
- Minke G., *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*, Birkhäuser. Bassel, 2006
- Minke G., *Cúpulas y bóvedas: para vivir, trabajar, crear y meditar. Obras del Arquitecto Gernot Minke desde el año 1975 hasta 2015*, Icaria. Barcellona 2015
- Minke G., *Building with earth a traditional building material with new applications in modern architecture*, EdicomEdizioni, p. 97-100. Novi Ligure, 2005

03| introduzione al Caso Studio

- Bainbridge D., Swentzell A., Steen B. con Eisemberg D., *The Straw Bale House*, Chelsea Green Publishing. Inghilterra 1995
- Bocci M., *Una visuale sull'architettura di terra tra Europa e Brasile*, tesi magistrale. Politecnico di Torino, 2018
- Correia M., Dipasquale L., Mecca S., *Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture*, Versus. Università di Firenze, 2014
- Emmanuelli L., *Costruire con la paglia : casi di studio internazionali e l'esperienza italiana*, tesi magistrale. Politecni-

co di Torino, 2010

- Ferraris P., *tra BIM e progettazione sostenibile: il caso studio del ex ospedale di Biella*, tesi magistrale. Politecnico Torino, 2016
- Jones B., *Costruire con le balle di paglia. Manuale pratico per la progettazione e la costruzione*, Terra Nuova edizioni, 2005
- Macrì M., Mancuso S., *Costruzioni in balle di paglia : chiusure esterne alternative per edilizia a basso costo*, tesi magistrale. Politecnico di Torino, 2004
- Minke G. Mahlke F., *Building with straw: Design and Technology of a Sustainable Architecture*, Birkhäuser. Bassel, 2005
- Miotto C., *Kay Zerwo : un prototipo abitativo in paglia portante per Haiti*, tesi magistrale. Politecnico di Torino 2014
- Pagliari M.M., *Gli impieghi della paglia in edilizia : esperienze dirette in cantieri di autocostruzione*, tesi magistrale. Politecnico di Torino 2016
- Pucci G., *Bioarchitettura n.73-74*, Bolzano 2011
- Restagno M., Ricci G.N., *Ri-partire dalla paglia : la paglia di riso tra l'Italia e Haiti*, tesi magistrale. Politecnico di Torino 2012

04| il progetto: la Gästehaus

- Messinas E., Price D., *The Book #1: Voices for Sustainability*, Ecoweek. pp. 286-289, 2016

05| l'impatto ambientale della Gästehaus

- Baldo G.L., Marino M., Rossi S., *Analisi del ciclo di vita LCA*, Edizioni Ambiente. Milano

2008

- Baldo G.L., Badino V., *LCA: Life Cycle Assessment, uno strumento di analisi energetica e ambientale*, Ipaservizi editore. Milano, 2000
 - Berners-Lee M., *La tua impronta. Scopri l'impatto ambientale di ogni cosa: da una pinta di birra a un viaggio nello spazio*, Terre di Mezzo. Milano, 2014
 - Bocco A., *Werner Schmidt architect: ecology craft invention*, Ambra Verlag. Vienna, 2013
 - Contu S., *Tecniche e principi ecologici dell'abitare : l'Impronta Ecologica nella valutazione degli impatti dell'edilizia residenziale*, Regione Piemonte. Torino, 2009
 - Falocco S., *La metodologia dell'analisi del ciclo di vita*, Ecosistemi srl. Roma, 2015
 - Lavagna M., *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Hoepli. Milano 2008
 - Rodríguez Serrano A.A., Porras Álvarez S., *Life Cycle Assessment in Building: A Case Study on the Energy and Emissions Impact Related to the Choice of Housing Typologies and Construction Process in Spain*. Spagna, 2016
 - Wackernagel M., Nicky Chambers N., Simmons C., *Manuale delle Impronte Ecologiche. Principi, applicazioni, esempi*, Edizioni Ambiente. Milano 2002
 - Wackernagel M., *Ecological Footprint Atlas 2010*, Global Footprint Network. Oakland, 2010
 - Wiedmann T., Minx J., *A Definition of Carbon Footprint*, cit in: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends*, cap. 1, pp. 186-197, Nova Science Publishers. Hauppauge NY, 2008
- 06| confronto dell'impatto ambientale**
- Bastianoni S., Galli A., Pulselli R.M., Niccolucci V., *Environmental and economic evaluation of natural capital appropriation through building construction: practical case study in the Italian context*, vol. 36, 7, pP. 559-565. *Ambio*, 2007
 - Bocco A., Gerace M., Pollini S., *The Environmental Impact of Sieben Linden Ecovillage*, Routledge, pp. 55-73, 2019
 - Guerrero A.F., Marrero M., Muñoz Martín J., *Incorporación de huella de carbono y huella ecológica en las bases de costes de construcción. Estudio de caso de un proyecto de urbanización en Écija*, *Habitat Sustentable*, vol. 6, 1, pp. 6-17. Spagna, 2016
 - Gerace M., Pollini S. *Valutazione della sostenibilità dell'ecovillaggio Sieben Linden. Impronta Ecologica, Embodied Energy, Embodied Carbon*, tesi magistrale. Politecnico di Torino, 2017

01| inquadramento geografico ed economico

- www.engage-ment-macht-stark.de [consultato il 10/09/2018]
- www.fal-ev.de [consultato il 06/09/2018]
- www.googlemaps.com [consultato il 07/09/2018]
- <http://www.iuav.it> [consultato il 16/10/2018]
- www.landsichten.de/gastgeber/urlaub-im-wangeliner-garten-ganzlin-ot-wangelin-mecklenburg-vorpommern-22592 [consultato il 19/09/2018]
- www.lehmmuseum.de [consultato il 20/10/2018]
- www.treccani.it/enciclopedia/meclenburgo [consultato il 14/10/2018]
- www.viaggio-in-germania.de/meclenburgo-pomerania-anteriore.html www.sapere.it/enciclopedia/Meclenburgo-Pomerania+Anteriore.html [consultato il 15/10/2018]
- www.wangeliner-workcamp.de [consultato il 06/10/2018]
- www.wikipedia.org/wiki/Meclenburgo [consultato il 06/10/2018]

02| il villaggio Wangelin

- www.dachverband-lehm.de/bauwerke/infozentrum-wangeliner-garten [consultato il 08/10/2018]
- www.motherearthliving.com/green-homes/mud-master [consultato il 06/11/2018]
- www.svz.de [consultato il 10/11/2018]
- www.wangeliner-garten.de/ [consultato il 22/11/2018]

03| introduzione al Caso Studio

- www.baubiologie.at/strohballenbau/experiment-strohbruecke-testet-die-tragfaehigkeit-von-stroh [consultato il 10/09/2018]
- www.bioarchitettura-rivista.it/arretrati/n73-74/73_02_PagliaMinke.pdf [consultato il 12/10/2018]
- www.caseinpaglia.it/index.php/proprietà-e-vantaggi [consultato il 12/10/2018]
- www.documental4.de/en/artists/13548/gernot-minke [consultato il 18/09/2018]
- www.ecocosas.com/construccion/gernot-minke-el-profesor-de-la-construccion-natural [consultato il 15/11/2018]
- www.ecoweek.org [consultato il 12/11/2018]
- www.gernotminke.de/galerie/galerie.html [consultato il 20/09/2018]
- www.gernotminke.gernotminke.de/projects/
- <http://www.gernotminke.de> [consultato il 20/09/2018]
- www.minke-strawbaledome.blogspot.com [consultato il 21/09/2018]
- www.passivehouse-international.org [consultato il 28/09/2018]

04| il progetto: la Gästehaus

- www.ytong.it/it/docs/Consigli-Posa-YTONG.pdf [consultato il 10/12/2018]
- www.booking.com/hotel/de/gastehaus-am-wangeliner-garten.it.html [consultato il 26/01/2019]

05| l'impatto ambientale della *Gästehaus*

- www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/embodyed-energy-energia-risparmio-energetico-519 [consultato il 16/12/2018]
- www.carbontrust.com [consultato il 15/01/2018]
- www.circularecology.com/carbon-footprint-v-embodyed-carbon.html [consultato il 20/01/2018]
- www.footprintnetwork.org [consultato il 15/12/2018]
- www.mdpi.com/journal/sustainability [consultato il 018/01/2018]
- www.oekobaudat.de/ [consultato il 09/02/2019]
- www.ordineingegnerics.it/spaw2/uploads/files/bioedilizia/2_3.pdf [consultato il 29/01/2019]
- www.unenvironment.org

06| confronto dell'impatto ambientale

- [ICE-V2.0-Jan-2011.xls](#) [consultato il 04/02/2018]

 mappe		nord	
M1 Germania, inquadramento del Mecklenburg-Vorpommern.	22	scala 1:50	
Fonte: Google Earth		E9 <i>Gästehaus</i> , dettaglio muro Trombe	91
M2 Mecklenburg-Vorpommern, distanza tra le principali città	23	scala 1:20	
Fonte: Google Earth		E10 <i>Gästehaus</i> , dettaglio copertura	93
M3 Plau am See, area di lavoro di FAL e.V.	25	scala 1:20	
Fonte: Google Earth		 schemi	
M4 Plau am See, principali interventi di FAL e.V.	26	S1 Temperature estate/inverno tetto verde	48
Fonte: Google Earth		S2 Caratteristiche muro autoportante in balle di paglia	50
M5 Wangelin, mappatura principali distanze e attività	31	S3 Disegni di cantiere	78
Fonte: Google Earth		S4 Disegni di cantiere	80
M6 <i>Wangeliner Garten</i> , giardino botanico	33	S5 Spaccato della <i>Gästehaus</i> , punti di degrado del pavimento	89
Fonte: FAL. e.V.		S6 Spaccato della <i>Gästehaus</i> punti di degrado delle vetrate	90
M7 <i>Wangeliner Garten</i> , mappatura servizi	36	S7 Spaccato della <i>Gästehaus</i> degrado copertura verde	92
Fonte: FAL. e.V.		S8 Materie prime presenti sulla terra che si possono utilizzare nell'edilizia	99
M8 <i>Wangeliner Garten</i> , edificio Caso Studio	45	S9 LCA - <i>Life Cycle Assessment</i> di un prodotto dall'estrazione allo smaltimento	100
Fonte: FAL. e.V.		S10 esempio di calcolo della quantità di m ³ del legname	104
 elaborati		 tabelle	
E1 <i>Morgenland</i> , prima proposta	57	T1 LCA - <i>Life Cycle Assessment</i> . PEI e GWP calcolati sulla fase di produzione	101
Fonte: FAL. e.V.		T2 <i>Gästehaus</i> . calcolo del peso, PEI, GWP tramite Ökobaudat	103
E2 <i>Gästehaus</i> , progetto finale	58	T3 <i>Gästehaus</i> . calcolo del peso, PEI, GWP tramite ICE	111
Fonte: FAL. e.V.		T4 calcolo peso, PEI, GWP fra <i>Gästehaus</i> , <i>Libelle</i> , <i>Villa Strohbusch</i> , <i>Casa Wegmann Gasser</i>	117
E3 <i>Gästehaus</i> , pianta scala 1:150	64		
E4 <i>Gästehaus</i> , sezione longitudinale A-A' scala 1:50	66		
E5 <i>Gästehaus</i> , sezione trasversale B-B' scala 1:50	68		
E6 <i>Gästehaus</i> , sezione trasversale C-C' scala 1:50	69		
E7 <i>Gästehaus</i> , prospetto sud scala 1:50	70		
E8 <i>Gästehaus</i> , prospetto	71		

 diagrammi		2018
D1 peso [t] della <i>Gästehaus</i> (valori assoluti e percentuali)	105	04 Uta Herz © FAL e.V. 2017
D2 PEI - <i>Primary Energy Intensity</i> [GJ] della <i>Gästehaus</i> calcolo Ökobaudat	106	05 Burkard Rüger © FAL e.V. 2017
D3 energia primaria rinnovabile e non [GJ] rispetto ai materiali della <i>Gästehaus</i> .	107	06 Retzow, <i>Erenhaus</i> © FAL e.V. 2015 27
D4 GWP - <i>Global Warming Potential</i> [tCO ₂ eq] della <i>Gästehaus</i> calcolo Ökobaudat	108	07 Gnevsdorf, <i>Lehmmuseum</i> © Federica Rossetto 2018
D5 PEI - <i>Primary Energy Intensity</i> [GJ] della <i>Gästehaus</i> calcolo ICE	109	08 Wangelin, <i>Wunderfeld</i> © FAL e.V. 2015
D6 GWP - <i>Global Warming Potential</i> [tCO ₂ eq] della <i>Gästehaus</i> calcolo ICE	110	09 Wangelin, vista dalla strada principale © Federica Rossetto 2018 32
D7 confronto peso [t] fra <i>Gästehaus</i> , <i>Libelle</i> , <i>Villa Strohbunt</i> , <i>Casa Wegmann Gasser</i>	118	10 Giardino botanico, piante aromatiche © Andrea Bocco 2018 34
D8 confronto PEI [GJ/m ²] fra <i>Gästehaus</i> , <i>Libelle</i> , <i>Villa Strohbunt</i> , <i>Casa Wegmann Gasser</i>	119	11 Giardino botanico, piante aromatiche © Andrea Bocco 2018
D9 confronto PEI [GJ/persona] fra <i>Gästehaus</i> , <i>Libelle</i> , <i>Villa Strohbunt</i> , <i>Casa Wegmann Gasser</i>	120	12 Giardino botanico, orto © Andrea Bocco 2018
D10 confronto GWP [tCO ₂ eq] fra <i>Gästehaus</i> , <i>Libelle</i> , <i>Villa Strohbunt</i> , <i>Casa Wegmann Gasser</i>	121	13 Giardino botanico, colture storiche © Federica Rossetto 2018 35
D11 confronto PEI [GJ], GWP [tCO ₂ eq/m ²] fra <i>Gästehaus</i> e generici sistemi costruttivi	122	14 Giardino botanico, stagno © FAL e.V. 2014
 immagini		
01 Marienfließ, riserva naturale © Federica Rossetto 2018	23	15 Giardino botanico, nidificazione api © Andrea Bocco 2018
02 Consiglio di amministrazione ³ © FAL e.V. 2010	24	16 <i>Wangeliner Garten</i> , carovana © Federica Rossetto 2018 37
03 Klaus Hirrich © engagement macht stark		17 <i>Wangeliner Garten</i> , <i>Gartenrinnenhaus</i> © Federica Rossetto 2018
		18 <i>Wangeliner Garten</i> , <i>Gartencafé</i> © Andrea Bocco 2018 38
		19 <i>Wangeliner Garten</i> , interno <i>Gartencafé</i> © Andrea Bocco 2018
		20 <i>Wangeliner Garten</i> , <i>Lehmhaus</i> © Federica Rossetto 2018 39
		21 <i>Wangeliner Garten</i> , interno <i>Lehmhaus</i> © Andrea Bocco 2018

22 Tamera, Gernot Minke © Ecoweb 2016	46	volte in paglia © Uta Herz 2011	
23 Wangelin, workshop <i>Gästehaus</i> © Uta Herz 2011		38 <i>Gästehaus</i> , rivestimento volte © Federica Rossetto 2018	
24 Fotomontaggio: Kassel 1985, Kassel 1993, Colom- bia 2007, Slovacchia 2010, Wangelin 2014, Brasile 2016 ² Fonte: Gernot Minke projects	47	39 <i>Gästehaus</i> , posa facciata est © Uta Herz 2011	74
25 Fotomontaggio: trulli italiani, Indlu, Tolek Mu- sgum, Fate Tele, Hogan. Fonte: G. Minke, Cúpulas y bóvedas. Icaria 2017	49	40 <i>Gästehaus</i> , rivestimento facciata est © Federica Rossetto 2018	
26 Cantiere <i>Gästehaus</i> , Bo- sch GFZ 16-35 AC © Uta Herz 2011	51	41 <i>Gästehaus</i> , interno delle volte © Uta Herz 2011	75
27 Cantiere <i>Gästehaus</i> , taglio della paglia © Uta Herz 2011		42 <i>Gästehaus</i> , interno arre- data © Thomas Gluschke 2016	
28 Bad Schussenried, resi- dence © Gernot Minke projects 2006	52	43 <i>Gästehaus</i> , interno arre- data © Thomas Gluschke 2016	
29 Wangelin, <i>Gästehaus</i> © Gernot Minke projects 2015		44 <i>Gästehaus</i> , interno delle volte © Uta Herz 2011	76
30 Tamera, strawbale vaults © Gernot Minke projects 2007		45 <i>Gästehaus</i> , interno arre- data © Thomas Gluschke 2016	
31 <i>Gästehaus</i> , focus facciata sud © Federica Rossetto 2018	59	46 <i>Gästehaus</i> , dettaglio nic- chia nella volta © Uta Herz 2011	
32 <i>Gästehaus</i> , facciata sud © Federica Rossetto 2018	60	47 <i>Gästehaus</i> , dettaglio aper- tura © Thomas Gluschke 2016	77
33 <i>Gästehaus</i> , facciata nord © Federica Rossetto 2018	62	48 <i>Gästehaus</i> , dettaglio mat- toni/legno © Thomas Gluschke 2016	
34 <i>Gästehaus</i> , focus facciata nord © Federica Rossetto 2018	63	49 Cantiere, vetro cellulare © Uta Herz 2011	82
35 <i>Gästehaus</i> , posa blocchi Ytong © Uta Herz 2011	72	50 Cantiere, montaggio capannone © Uta Herz 2011	
36 <i>Gästehaus</i> , rivestimento blocchi Ytong © Federica Rossetto 2018		51 Cantiere, struttura por- tante in legno © Uta Herz 2011	
37 <i>Gästehaus</i> , costruzione	73	52 Cantiere, supporto in legno © Uta Herz 2011	83
		53 Cantiere, posa dei bloc- chi di AAC © Uta Herz 2011	
		54 Cantiere, blocchi Ytong	

rinforzati	
© Uta Herz 2011	
55 Cantiere, posa pareti est e ovest	84
© Uta Herz 2011	
56 Cantiere, pali per fissaggio delle balle	
© Uta Herz 2011	
57 Cantiere, compressione balle di paglia	
© Uta Herz 2011	
58 Cantiere, posa del tetto a falda	85
© Uta Herz 2011	
59 Cantiere, taglio delle balle di paglia	
© Uta Herz 2011	
60 Cantiere, pannelli in fibra di legno	86
© Uta Herz 2011	
61 Cantiere, pannelli in fibra di legno	
© Uta Herz 2011	
62 Cantiere, fine riempimento volte	
© Uta Herz 2011	
63 Cantiere, legatura balle di paglia	
© Uta Herz 2011	
64 Cantiere, interno parte strutturale	87
© Uta Herz 2011	
65 Cantiere, preparazione rivestimento	
© Uta Herz 2011	
66 Cantiere, posa terra cruda	
© Uta Herz 2011	
67 <i>Gästehaus</i> , dettaglio pavimento	89
© Andrea Bocco 2018	
68 <i>Gästehaus</i> , dettaglio triplo vetro	90
© Federica Rossetto 2018	
69 <i>Gästehaus</i> , dettaglio copertura verde	92
© Federica Rossetto 2018	



Ringraziamenti

Chi mi conosce sa che sono di poche parole; chi mi conosce bene sa che non è vero. Eppure, sarò breve.

Ringrazio sinceramente il mio relatore Andrea Bocco per avermi seguita in modo appassionato durante tutto il percorso di stesura della tesi; vorrei ringraziare Martina Bocci che con tenacia e pazienza mi ha accompagnato in quest'ultimo mese di nottate.

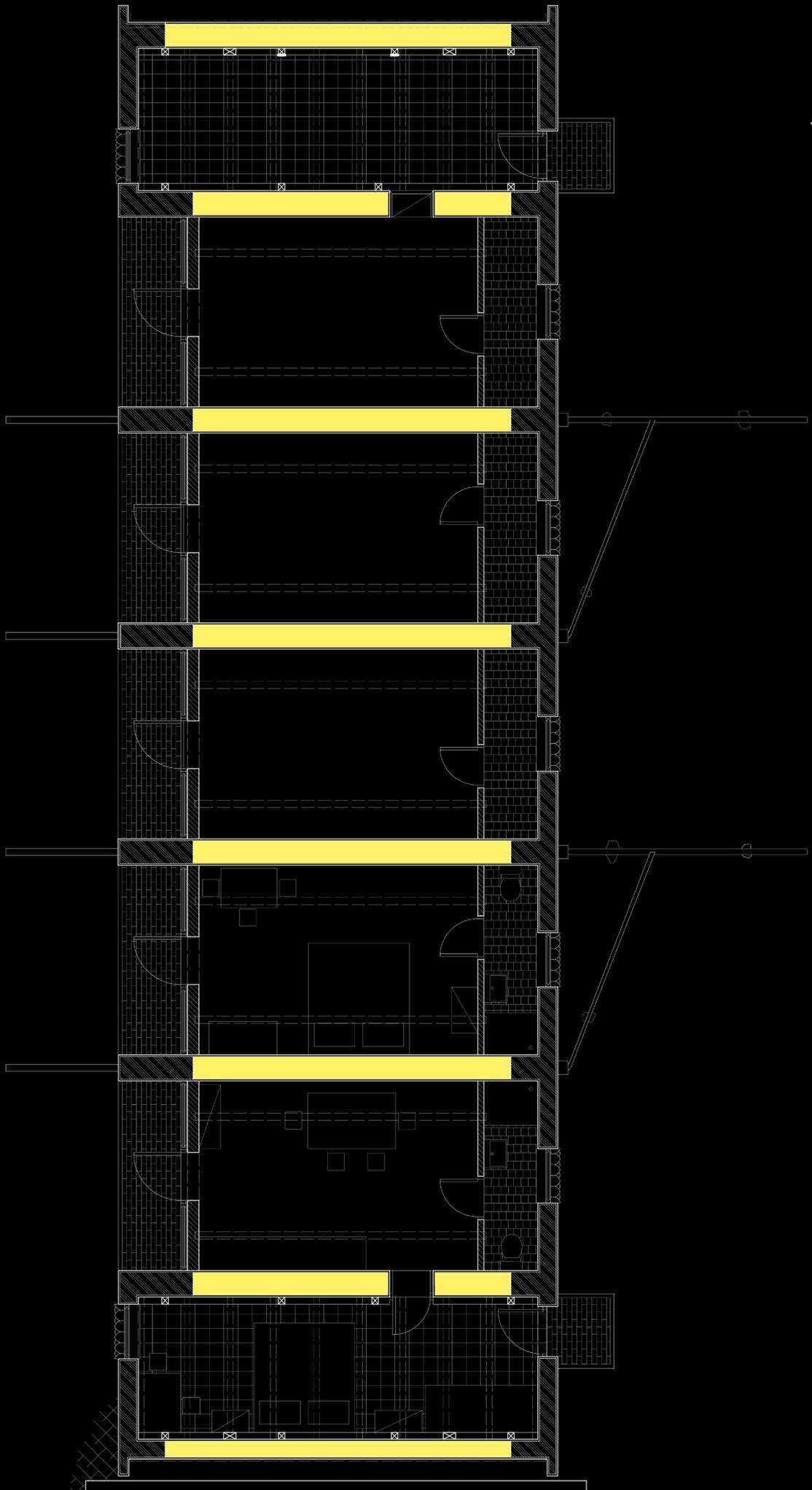
Grazie a mio papà, la mia roccia, e tutta la mia piccola grande famiglia per supportarmi incondizionatamente. Alla mia mamma, la mia ispirazione.

Agli amici di sempre, ai colleghi quasi architetti, ai compagni di viaggio, perché siete la mia seconda famiglia sparsa in tutto il mondo.

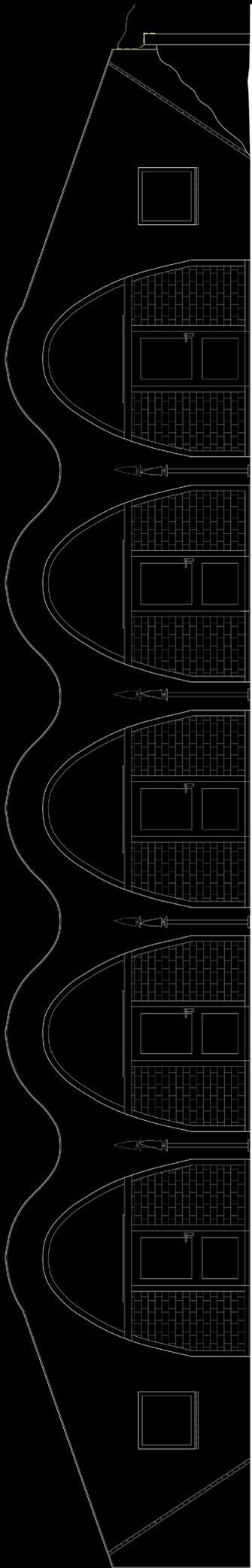
Alla ragazza dai capelli ricci e gli occhi verdi, per il silenzioso coraggio che mi infondi quotidianamente.

Federica

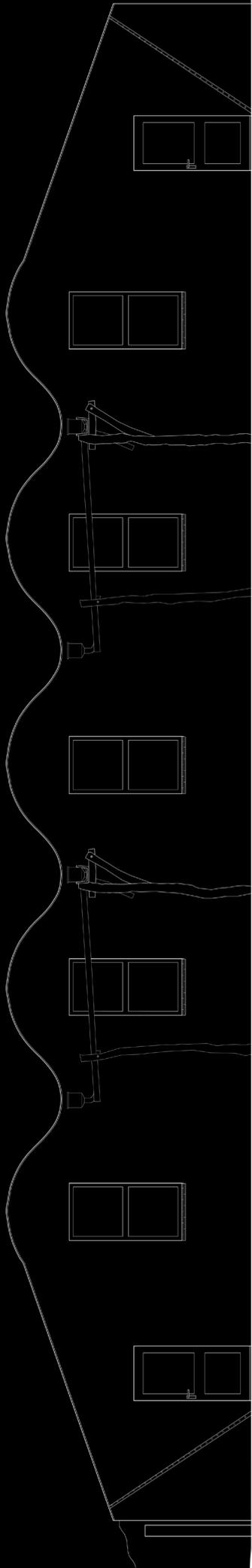
allegati



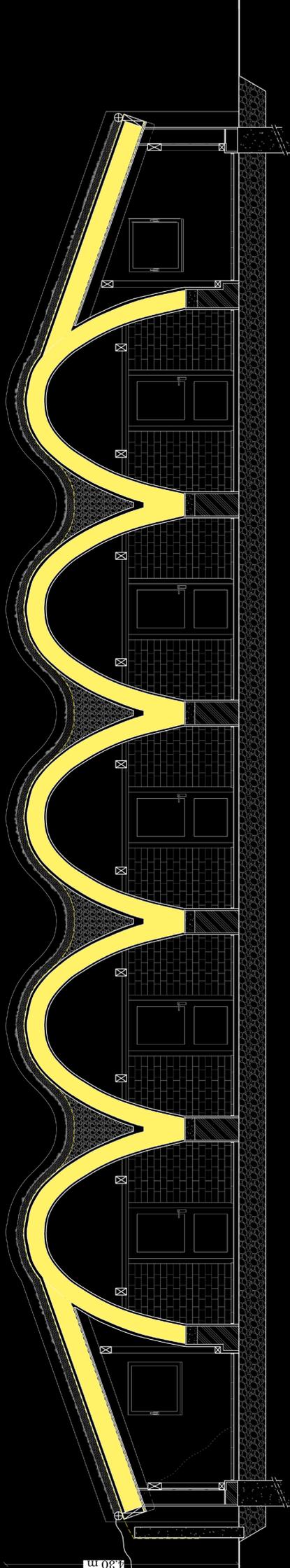
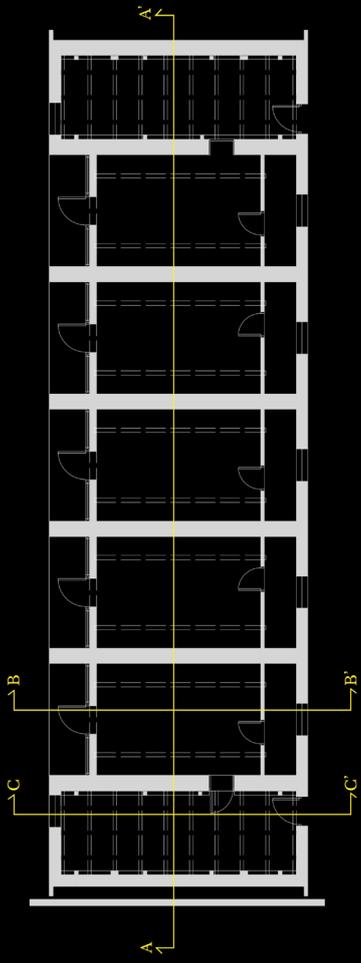
pianta
1:50
N



prospetto sud
scala 1:100



prospetto nord
scala 1:100

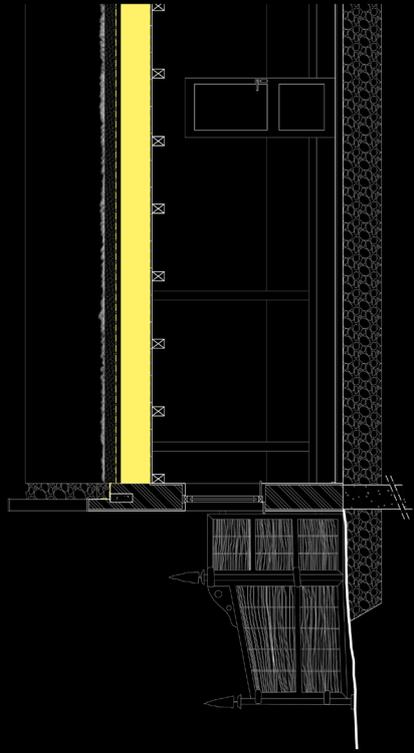


sezione longitudinale A-A'
scala 1:100

1:30 m



sezione trasversale B-B'
scala 1:100



sezione trasversale C-C'
scala 1:100

