Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale
in Architettura per il Progetto Sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

Un modello di produzione nelle aree rurali montane in periodo di crisi

Relatore
Prof. Antonio De Rossi

Candidato
Christophe Bovet

Anno Accademico 2019/2020

Ringraziamenti

Un particolare e sincero ringraziamento al professore Antonio De Rossi del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino per avermi consentito di sviluppare un'idea maturata nel momento in cui, terminati gli esami nel mese di febbraio 2020, è scoppiata la pandemia che mi ha costretto a interrompere un dialogo diretto con il Politecnico e con i miei amici.
Una tesi pensata per dare un segnale positivo di fronte alle criticità generate dalla crisi con una proposta, che come futuro architetto, spero di poter offrire al territorio in cui vivo.
Un sentito ringraziamento va anche alla professoressa Anna Pellegrino del Dipartimento energia del Politecnico di Torino per la sua competente assistenza che mi ha consentito di perfezionare gli aspetti tecnici della mia proposta.

Indice

1 Abstract - IT 12

2 Abstract - EN 14

3 Prefazione 16

3.0.1 Immaginare una tesi di laurea post Coronavirus 17

4 Agricoltura in montagna: esperienze architettoniche contemporanee 20

4.1 La cantina vinicola 23

4.1.1 Cantina Manincor 24
4.1.2 Cantina Tramin 27
4.1.3 Distilleria Puni 30
4.1.4 Cantina vinicola Les Crêtes 33

4.2 Il caseificio 36

4.2.1 Kaslab'n Nockberge 37
4.2.2 Latteria sociale della valtellina 40
4.2.3 La casa dello yogurt 42

4.3 I ricoveri per gli animali 44

4.3.1 Cow shed 45

4.3.2 Piccola stalla per sei mucche 48
4.3.3 Cowshed wildenstein 51
4.3.4 Ziegenstall 54

5 L'ambiente protetto: la serra 56

5.1 Breve storia dell'evoluzione della serra 59

5.1.1 Chi ha costruito la prima serra? 59
5.1.2 L'invenzione della pressa per vetro 60
5.1.3 La diffusione della serra 62

5.2 Una nuova Tendenza 64

5.2.1 Dome of visions 3.0 64
5.2.2 Bombay sapphire distillery 67

5.3 Le serre in città: due esempi 69

5.3.1 Serra integrata sul tetto 70
5.3.2 Serra per la ricerca sul tetto 72

6 Progettare una serra 74

6.1 Classificazione delle serre 75

6.1.1 Norma europea - Classe di conseguenza 79
6.1.2 Norma europea - Tipo di serra 80

6.2 Indicazioni per la scelta del sito 81

6.2.1 Topografia 81

6.2.2 Clima e microclima 81
6.2.3 Irrigazione e drenaggio 81
6.2.4 Disponibilità di spazio e orientamento 82
6.2.5 Disponibilità di manodopera e infrastrutture 82
6.2.6 Inquinamento 82

6.3 Indicazioni per le scelte progettuali 83

6.3.1 Orientamento della linea di colmo 83
6.3.2 Inclinazione delle falde 84

6.4 Indicazioni per la scelta dei materiali 85

6.4.1 Vetro 88
6.4.2 Fogli plastici 88
6.4.3 Pellicole plastiche 88
6.4.4 Materiale a cambiamento di fase (PCM) 89

6.5 Influenza del microclima sulla crescita delle piante 90

6.5.1 La temperatura dell'aria 90
6.5.2 L'umidità relativa 90
6.5.3 La composizione dell'aria 91
6.5.4 Il movimento dell'aria 91

6.6 Riferimenti progettuali 92

6.6.1 La nuova serra dei giardini di castel Trauttmansdorff 92

7 Progetto di una serra in alta Valle d'Aosta 94

7.1 Area di progetto 96

7.2 Scelta del sito **98**

7.2.1 Topografia 98
7.2.2 Foto aerea del 2012 99
7.2.3 Modello digitale del terreno 100
7.2.4 Carta geologica 101
7.2.5 Modello altimetrico 102
7.2.6 Carta tecnica regionale del 2005 103
7.2.7 Catasto 104
7.2.8 Ambiti inedificabili 105
7.2.9 Ambiti inedificabili: frane 106
7.2.10 Sistema idrico integrato 107
7.2.11 Pianificazione territoriale: piano regolatore generale comunale 108
7.2.12 Piano Regolatore Generale Comunale 109
7.2.13 Clima e microclima 110
7.2.14 Carta della radiazione solare 111
7.2.15 Carta dell'esposizione 112
7.2.16 Irrigazione e drenaggio 113
7.2.17 Disponibilità di spazio e orientamento 113
7.2.18 Disponibilità di manodopera e infrastrutture 113
7.2.19 Inquinamento 113

7.3 Scelte progettuali **114**

7.3.1 Orientamento della linea di colmo 114
7.3.2 Inclinazione delle falde 114

7.4 Scelta dei materiali **115**

7.4.1 Vetro 115
7.4.2 Telaio in lega di alluminio 116

7.4.3 Isolante in fibre di legno e in lana di legno 117
7.4.4 Materiale a cambiamento di fase (PCM) 117
7.4.5 Rivestimento in legno 118
7.4.6 Tetto in laminato in zinco-rame-titanio 118
7.4.7 Altre scelte tecnologiche 118
7.4.8 Scelta dei materiali quale strumento per l'inserimento paesaggistico 118

7.5 Cosa coltivare nella serra? 119

8 Progetto 120

8.1 Concept 121

8.1.1 Studio dell'irraggiamento globale e determinazione dell'inclinazione delle falde 121
8.1.2 Introduzione al progetto 126
8.1.3 Esploso assonometrico 127

8.2 Disegni 128

8.2.1 Pianta 128
8.2.2 Prospetto laterale est/ovest 129
8.2.3 Prospetto frontale sud 130
8.2.4 Prospetto frontale nord 130
8.2.5 Sezione trasversale 131
8.2.6 Pianta copertura 132
8.2.7 Assonometria vista retro 133
8.2.8 Assonometria vista fronte 134
8.2.9 Cinque particolari costruttivi 135

8.3 Render 139

8.3.1 Vista assonometrica 139
8.3.2 Vista dall'alto 140
8.3.3 Prospetto sud 141
8.3.4 Prospetto nord 142
8.3.5 Prospetto est 143
8.3.6 Prospetto ovest 144
8.3.7 Spaccato assonometrico 145

9 Studio dei fenomeni termoigrometrici dell'involucro edilizio 146

9.1 Caratterizzazione dell'involucro 147

9.1.1 Sezione longitudinale 148
9.1.2 Chiusura superiore - Copertura opaca 149
9.1.3 Chiusura superiore - Copertura opaca 150
9.1.4 Chiusura verticale - parete opaca a nord 152
9.1.5 Chiusura verticale - parete opaca a nord 153
9.1.6 Chiusura orizzontale - Solaio a terra 155
9.1.7 Chiusura orizzontale inferiore - Solaio a terra 156
9.1.8 Chiusura verticale - basamento 158
9.1.9 Chiusura verticale - basamento 159
9.1.10 Chiusura verticale trasparente* 161

10 Conclusioni e prospettive 162

10.1 Conclusioni 163

10.1.1 Contesto 163
10.1.2 Ricerca 164

10.1.3 Obbiettivi 164

10.2 Prospettive 166

10.2.1 Il Progetto 166
10.2.2 Modulo di serra familiare 167
10.2.3 Modulo serra di comunità 167
10.2.4 Modulo serra: attività commerciale 167

10.3 Esempi 169

10.3.1 1. Modulo serra di comunità 169
10.3.2 1. Modulo serra di comunità 170
10.3.3 2. Modulo serra familiare esistente 172
10.3.4 2. Modulo serra familiare 173

11 Bibliografia e sitografia 174

11.3.1 Prefazione 175
11.3.2 Agricoltura in montagna: esperienze architettoniche contemporanee 175
11.3.3 La cantina vinicola 175
11.3.4 Il caseificio 176
11.3.5 I ricoveri per gli animali 177
11.3.6 L'ambiente protetto: la serra 178
11.3.7 Breve storia dell'evoluzione della serra 178
11.3.8 Una nuova tendenza 180
11.3.9 Le serre in città: due esempi 180
11.3.10 Progettare una serra 181
11.3.11 Normativa 181
11.3.12 Indicazioni per le scelte progettuali 181
11.3.13 Riferimenti progettuali 182

11.3.14 Progetto di una serra in alta Valle d'Aosta 182
11.3.15 Articoli scientifici 182

12 Schede tecniche 184

Abstract - IT

La pandemia ha evidenziato la grande criticità della globalizzazione della produzione e della delocalizzazione della stessa. Quasi miracolosamente gli scambi e la distribuzione di generi alimentari ed altri beni di prima necessità hanno retto l'urto della crisi evidenziando la grande importanza della presenza di piccole e medie strutture nelle aree montane.
In queste aree, negli anni precedenti, si era assistito alla progressiva scomparsa dei piccoli negozi a favore dei centri commerciali. Anche la produzione alimentare, prima proveniente da una economia autarchica integrata nel concetto di abitazione, ha conosciuto l'abbandono delle aree coltivate e dell'allevamento a favore di una globalizzazione dell'approvvigionamento ed una modificazione dello stile di vita che si è riflesso sul modo di costruire e di pensare al territorio.

Per definire il contorno della tesi è stato importante, come primo passo, eseguire una ricerca sulla situazione o reinterpretazione dei fabbricati destinati all'agricoltura nell'area dell'arco alpino, cercando di capire quale contributo l'architettura, in termini di tecnologia ma anche di funzionalità e architettura, abbia dato finora a quel settore.

La scelta progettuale di realizzare un modello di serra è stata una scelta di campo particolare, scelta animata dalla volontà di introdurre una riflessione sul tema più che un progetto finito.
La proposta parte dal periodo storico che stiamo vivendo: come poter riproporre un sistema di autoproduzione dalla scala famigliare a quella di comunità, per essere pronti ad affrontare una vera crisi di approvvigionamento alimentare. Come integrare il progetto, nell'attuale organizzazione sociale, urbanistica e architettonica del territorio montano?

La tesi si divide quindi in tre importanti sezioni:
1. Ricerca ed analisi di casi studio di edifici destinati alla produzione agricola in area alpina.
2. Analisi storica dell'evoluzione della progettazione delle serre.
3. Progettazione di una serra ad uso famigliare o di comunità in area alpina.

La proposta progettuale è un punto di partenza non di arrivo, una proposta che vuole essere provocatoria e intende accendere i riflettori sui possibili modelli di sviluppo dell'idea, un modello scalabile ed adattabile.

Poiché però è una tesi di architettura è stata elaborata una proposta progettuale che partisse da alcuni presupposti:
- L'individuazione di un sito che potesse essere idoneo alla realizzazione del progetto;
- La scelta della forma basata su precise esigenze tecniche che garantissero il miglior apporto energetico dalle condizioni locali;
- La scelta dei materiali disponibili sul mercato;
- La verifica delle risultanze fisiche delle stratigrafie;
- L'inserimento del progetto nel contesto come elemento caratterizzante il paesaggio identificandone la specifica funzione.

Abstract - EN

The pandemic has highlighted the great criticality of the globalization of production and its relocation. Almost miraculously, the trade and distribution of food and other basic necessities have survived the shock of the crisis, highlighting the great importance of the presence of small and medium-sized structures in mountain areas.
In these areas, in previous years, there had been the gradual disappearance of small shops in favour of shopping centres. Even food production, first coming from an autarchic economy integrated in the concept of housing, has known the abandonment of cultivated areas and livestock farming in favour of a globalization of supply and a change in lifestyle that has reflected on the way of building and thinking about the territory.

To define the outline of the thesis it was important, as a first step, to carry out a research on the situation or reinterpretation of the buildings destined to agriculture in the Alpine area, trying to understand what contribution architecture, in terms of technology but also functionality and architecture, has given so far to that sector.

The design choice to create a greenhouse model was a particular choice of field, animated by the desire to introduce a reflection on the theme rather than a finished project.
The proposal starts from the historical period that we are living: how to propose a system of self-handling from the family scale to that of community, to be ready to face a real food supply crisis. How to integrate the project into the current social, urban and architectural organization of the mountain territory?

The thesis is divided into three important sections:

1. Research and analysis of case studies of buildings for agricultural production in the Alpine area.
2. Historical analysis of the evolution of the design of greenhouses.
3. Design of a greenhouse for family or community use in the Alpine area.

The design proposal is a starting point not of arrival, a proposal that wants to be provocative and intends to turn the spotlight on the possible development models of the idea, a scalable and adaptable model.

However, since it is an architectural thesis, a project proposal was developed that started from some assumptions:

- The identification of a site that could be suitable for the implementation of the project.
- The choice of the form based on precise technical requirements that guaranteed the best energy input from local conditions.
- The choice of materials available on the market.
- Verification of physical properties of stratigraphies.
- The inclusion of the project in the context as a characteristic element of the landscape identifying its specific function.

Prefazione

Immaginare una tesi di laurea post Coronavirus

L'emergenza COVID-19 ha spinto le persone a rivalutare il proprio spazio privato, gli urbanisti a ripensare gli spazi pubblici ed i servizi, i progettisti a dare risposte alle esigenze di architettura sostenibile in grado di rispondere alle esigenze di distanziamento, di spazi di lavoro e di studio.
Alcuni di questi problemi interessano le aree urbane mentre le aree rurali vivono diversamente questa crisi così come le aree montane. Nei mesi estivi del 2020, in cui il *lockdown* è stato allentato, la montagna è stato il luogo dove moltissimi cittadini hanno trovato quel distanziamento sociale necessario con un riavvicinamento al tempo libero diverso da quello delle spiagge affollate.

La pandemia ha evidenziato anche una grande criticità della globalizzazione della produzione e della delocalizzazione della stessa. Ciò ha generato ad esempio la crisi della fornitura di mascherine o di altri dispositivi necessari a fronteggiare la crisi.
Quasi miracolosamente gli scambi e la distribuzione di generi alimentari ed altri beni di prima necessità hanno retto l'urto evidenziando la grande importanza della presenza di piccole e medie strutture nelle aree montane. In queste aree, negli anni precedenti, si era assistito alla progressiva scomparsa dei piccoli negozi a favore dei centri commerciali. Anche la produzione alimentare prima proveniente da una economia *autarchica* ha conosciuto l'abbandono delle aree coltivate e dell'allevamento a favore di una globalizzazione dell'approvvigionamento.

Ciò ha avuto un riflesso importante anche sull'architettura delle abitazioni e la caratterizzazione del paesaggio. Abitazioni prima realizzate con spazi di lavorazione dei prodotti e allevamento hanno lasciato spazio a costruzioni prettamente abitative in cui lo sfruttamento dell'area esterna ha portato a realizzare a volte condomini con alloggi di pochi metri quadri per poter ospitare un turismo a cui molto spesso l'agricoltura montana dava *fastidio*.

Solo recentemente i giovani si sono nuovamente interessati alle attività agricole recuperando fabbricati e aree abbandonate.
In quanto studente di architettura che proviene da un'area montana e che ha vissuto queste trasformazioni più nei racconti dei propri genitori o dei nonni, mi sento molto impegnato a capire cosa sta cambiando nello stile di vita delle persone partendo anche da quello che pensano cittadini, urbanisti, giornalisti, sociologi, gente comune ecc...

Dare una risposta a tutte le domande che sono sorte in questo periodo è difficile, per questo la tesi si è concentrata su un singolo aspetto: come poter riproporre un sistema di autoproduzione dalla scala famigliare a quella di comunità, per essere pronti ad affrontare una vera crisi di approvvigionamento alimentare integrato, nell'attuale organizzazione urbanistica e architettonica del territorio alpino?

Superare l'attuale separazione normativa tra area agricola ed area residenziale è possibile?

Per fare ciò, in un processo di progressiva esclusione dei casi, la tesi ha studiato l'ipotesi di inserimento di un sistema di autoproduzione come parte integrante ed importante della nuova abitazione del

futuro, partendo dalla zona di progetto ma esportabile in tutta l'area alpina.

Senza dubbio anche le *esigenze* dell'uomo vanno rivalutate, capire cosa è necessario per vivere, rispettare il ritmo della natura ma anche essere in grado di riprodurre tali cicli in modo da assicurare una autoproduzione continua nell'arco dell'anno senza la pretesa di arrivare all'autosufficienza, ma consapevoli che questi gesti moltiplicati per milioni di individui possono incidere sulla qualità del vivere e dell'ambiente.
Per definire il contorno della tesi si è ritenuto importante, come primo passo, eseguire una ricerca sullo stato di fatto dei principali fabbricati destinati all'agricoltura, cercando di capire quale contributo l'architettura, in termini di tecnologia ma anche di funzionalità e architettura, avesse dato finora a quel settore.

È interessante citare alcuni passaggi di un recente articolo di Linda Varlese, HuffPost News, 31-05-2020 .

Massimiliano Fuksas: "Serve un nuovo Umanesimo. Torniamo nei paesini e lavoriamo da casa".
"Ripensare il concetto stesso dell'abitare, reintegrando i tre spazi del vivere quotidiano dell'uomo, che l'Illuminismo e la Rivoluzione Industriale hanno scisso: il luogo dove si abita, quello dove si lavora e quello dove si svolge il tempo libero. Unire le tre funzioni, in una sorta di Nuovo Umanesimo".
Massimiliano Fuksas, "Fuksas: "Serve un nuovo Umanesimo. Torniamo nei paesini e lavoriamo da casa"", Linda Varlese, HuffPost News, 31-05-2020

La tesi avrebbe l'ambizione di provare ad aggiungere una quarta funzione all'abitazione, l'*autoproduzione*, uno spazio proiettato anche verso la sostenibilità oltre che verso il futuro. Riuscendo a portare la produzione, attraverso l'architettura, all'interno delle funzionalità dell'abitazione si riuscirebbe anche a diminuire i consumi e l'inquinamento legato al trasporto degli alimenti.

Un concetto che riavvicina l'uomo al ciclo della natura e aumenta la consapevolezza del nostro impatto sul pianeta. Una tesi che non vuole sostituirsi agli studi degli agronomi ma semmai dialogare con loro per portare un piccolo spazio di natura in ogni casa, luogo che gli architetti dovranno probabilmente rivalutare in tutta la sua portata sociale e strategica per poter gestire nuove crisi come quella che stiamo vivendo in questo momento.

La sfida della tesi è quindi quella di analizzare le esperienze in tema di serre bioclimatiche, serre idroponiche, ecc. per integrarle in un nuovo concetto di *spazio produttivo integrato nelle funzioni dell'abitare in montagna ma non solo*, utilizzabile sia su edifici esistenti che per nuovi edifici.

La tesi si divide quindi in tre importanti sezioni:
- Ricerca ed analisi di casi studio di edifici destinati alla produzione agricola in area alpina.
- Analisi storica dell'evoluzione della progettazione delle serre.
- Progettazione di una serra ad uso famigliare o di comunità in area alpina.

Agricoltura in montagna: esperienze architettoniche contemporanee

Quale contributo può dare l'architettura al settore agricolo?

Per capire quale contributo sia già stato dato in passato è stata realizzata una ricerca con specifico riferimento all'arco alpino, che sarà illustrata di seguito, dalla quale è emerso che nell'ultimo ventennio è nata una nuova attenzione per il settore agricolo anche da parte dell'architettura. Sono emersi alcuni esempi virtuosi e moderni per i principali fabbricati della produzione agroalimentare.

Nel XX secolo chi costruiva un fabbricato rurale aveva essenzialmente tre esigenze: spendere poco per realizzarlo, massimizzare lo spazio all'interno e ridurre i tempi di costruzione. È proprio in questo periodo che sono stati realizzati tutti quei prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso (c.a.p.) che oggi vediamo nelle nostre campagne. La standardizzazione delle costruzioni rurali ha portato ad una drastica diminuzione del loro pregio architettonico, oltre che ad un maggiore impatto sul paesaggio.

Sono ben pochi i progetti di architetti celebrati che hanno avuto per tema la produzione agricola: a memoria, bisogna tornare indietro nel tempo fino alla fattoria modello Gut Garkau di Hugo Häring del 1924, o – per rimanere in Italia – alla Tuminera di Gabetti e Isola degli anni Ottanta. Lungo tutto il Novecento, i manufatti per l'agricoltura sono stati patrimonio di geometri, agronomi, al massimo ingegneri. Oggi le cose sono cambiate, e piccoli ma pervasivi progetti come la stalla progettata qualche anno fa da Local Architecture nello Jura si sono trasformati in icone di una possibile inedita alleanza tra agricoltura di montagna e architettura.

(Antonio De Rossi, "Agricoltura di montagna e architettura: Una sfida ancora da cogliere", in "ArchAlp" n.° 11, giugno 2016, p.7, https://areeweb.polito.it/ricerca/IAM/wp-content/uploads/2016/07/ArchAlp_11-1.pdf, consultato il 31-07-2020)

Il primo settore agricolo in cui si è capito che una buona architettura è importante quasi quanto il prodotto confezionato è stato il settore vitivinicolo. Infatti già negli anni novanta in questo ambito era iniziato un movimento di riqualificazione e ricostruzione delle cantine vinicole.

Negli altri settori dell'agricoltura bisognerà aspettare la fine degli anni Novanta - primi anni duemila per iniziare a vedere i primi esempi di edifici caratterizzati dalla buona architettura e da un uso sperimentale dei materiali locali.

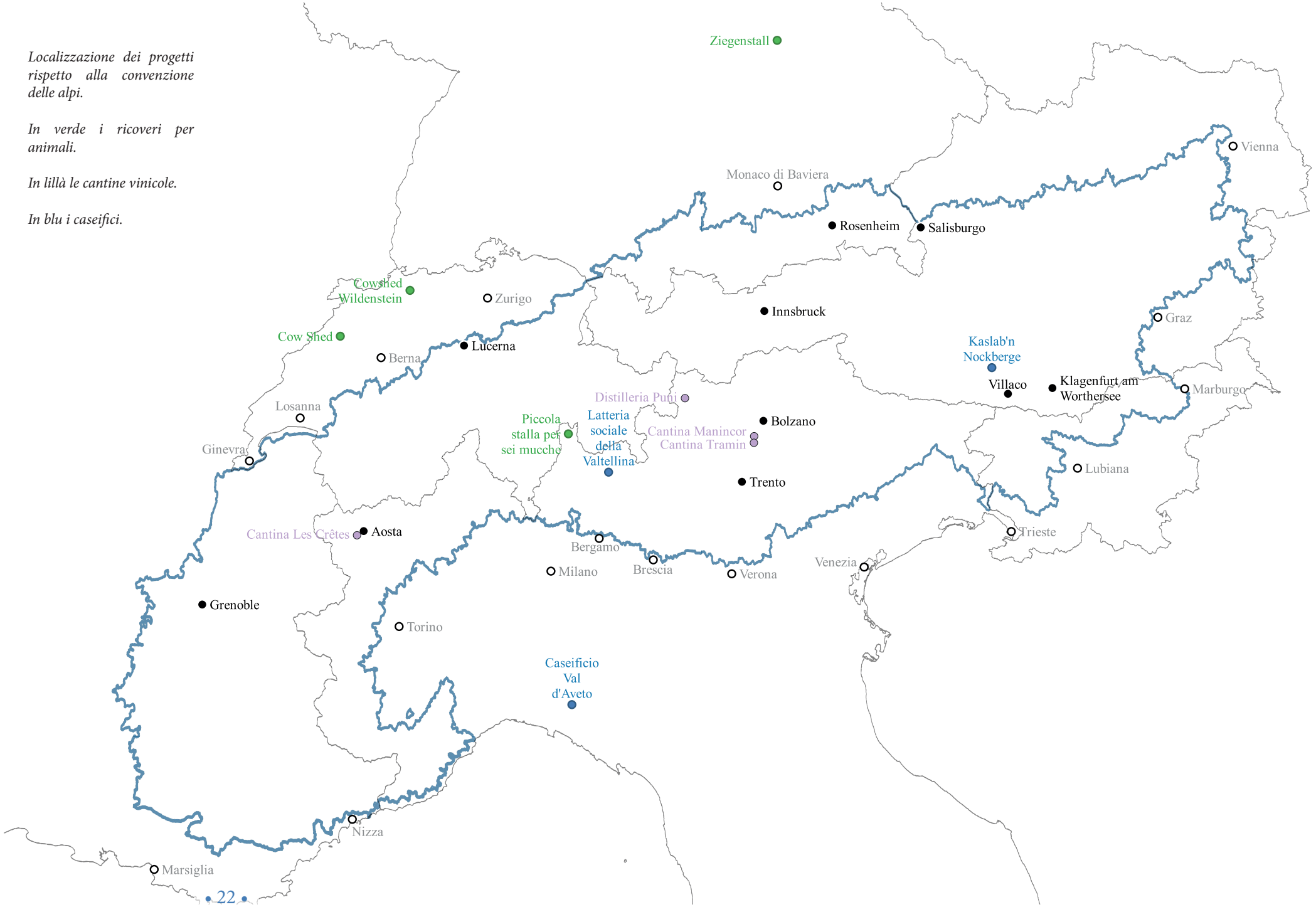
Le prossime pagine sono una selezione di esempi divisi in cantine vinicole, caseifici e ricoveri per animali. Non è una classifica dei migliori progetti, ma il frutto di una ricerca che aveva come obiettivo l'individuazione di progetti medio-piccoli localizzati sull'arco alpino.

Localizzazione dei progetti rispetto alla convenzione delle alpi.

In verde i ricoveri per animali.

In lillà le cantine vinicole.

In blu i caseifici.



La cantina vinicola

Cosa ha spinto i viticoltori a commissionare a grandi studi di architettura la costruzione di nuove cantine?
Si potrebbe rispondere che il motivo di questa richiesta sia la maggiore attenzione all'impatto ambientale, alla sostenibilità e al risparmio energetico, ma oltre a questi aspetti, che sono di tendenza in questo ultimo decennio, qual è il vero motivo che spinge un viticoltore a fare una richiesta del genere?
Sembra che il bisogno nasca dalla necessità del viticoltore di dare una nuova immagine dell'azienda vinicola. Si è capito che avere una cantina ben strutturata, organizzata e soprattutto spettacolare garantisce un buon ritorno d'immagine. L'associazione fatta nella mente del consumatore è immediata: "*se ha una bella cantina significa che ha investito molto nella viticoltura, se investe molto significa che la viticoltura è la sua passione, dunque l'impegno nel produrre buon vino è tanto, perciò il vino sarà buono quindi lo compro*".

Attraverso l'architettura si pubblicizza indirettamente e direttamente il vino.
Nel momento in cui i viticoltori capirono che facendo realizzare la loro cantina da uno studio di architettura importante avrebbero avuto un ritorno d'immagine e un ritorno economico enorme molti iniziarono ad investire nella costruzione di cantine che valorizzassero anche l'aspetto comunicativo e scenografico, con lo studio della forma e delle luci mediante la reinterpretazione degli spazi e l'utilizzo di materiali diversi da quelli fin qui utilizzati ed in alcuni casi con una attenzione anche alle nuove tecnologie ed al risparmio energetico.

Cantina Manincor

Luogo:	*Caldaro, Bolzano, Italia*
Anno costruzione:	*2004*
Committente:	*Cantina Manincor*
Progettista:	*Angonese Walter architect;*
	Rainer Köberl; Silvia Boday architektin

Foto da: https://www.domusweb.it/it/architettura/2008/04/06/manincor-vineyard-in-caldaro.html

L'interfaccia tra l'importante preesistenza dello storico edificio seicentesco e la matrice del caratteristico paesaggio agricolo è risolta dai progettisti con un intervento in assoluta continuità con il contesto che vede una sobria integrazione di elementi marcatamente contemporanei rispondenti alle attuali esigenze produttive dell'azienda vitivinicola.
Viene così ricavato un grande volume scavato di circa 30.000 m3 completamente ipogeo, coperto da ampi lembi di terreno coltivato a vigneto, mentre dalla superficie affiorano soltanto alcune costruzioni minimali, tra cui il locale per la degustazione, la terrazza, alcuni locali di servizio e le rampe di accesso. La reinvenzione volumetrica e il rimodellamento orografico del brano territoriale attraverso scavi, fenditure, piani inclinati e pareti spezzate produce un effetto unitario e unificante che caratterizza sia gli spazi di rappresentanza destinati alla vendita, sia i singoli locali funzionali dedicati ai processi produttivi, la cui disposizione è razionalmente derivata dalla sequenza delle diverse fasi di lavorazione del vino.
L'intervento di innesto alla scala territoriale si riallaccia poi e si conclude idealmente nella grande cura per i dettagli costruttivi, mentre la dialettica della continuità percettiva con il paesaggio è ulteriormente perseguita con un immediato rapporto tattile e materico tra la struttura, l'ambiente circostante e la luce attraverso l'uso capace di materiali assonanti e ben integrati come il calcestruzzo, l'acciaio, il legno, il vetro.

Stefano Girodo, "Le architetture del vino di Walter Angonese", in "ArchAlp" n.°6, p.14, pubblicato in data: dicembre 2013, p.14, https://areeweb.polito.it/ricerca/IAM/wp-content/uploads/2017/12/archalp6.pdf, consultato il 28-07-2020

Foto da: https://miesarch.com/work/1310

Foto 1 da: https://www.domusweb.it/it/architettura/2008/04/06/manincor-vineyard-in-caldaro.html

1

2

Foto 2,3,4 da: https://miesarch.com/work/1310

3

4

Cantina Tramin

Luogo: *Termeno sulla Strada del Vino BZ, Italia*
Anno costruzione: *2008-2010*
Committente: *Cantina Tramin*
Progettista: *Werner Tscholl Architekt*

Foto da: http://www.werner-tscholl.com/revitalisation/kellerei-tramin-tramin-2010/

L'idea da cui ha preso vita il progetto è la vite, nella sua morfologia e funzione sul territorio. Un segno che nasce dalla terra grazie all'opera delle sapienti mani dei coltivatori e che crea nel caso della cantina un involucro tutt'intorno all'edificio che la ospita. La struttura diventa, quindi, una scultura: un'opera capace di segnalare la presenza e la missione della cantina. Il suo impatto iconografico, legato all'ambiente, unendo metallo, cemento e vetro, rende la costruzione un segnale di riconoscimento per Termeno e una porta d'entrata al paese.

Il progetto mira a creare una netta divisione tra l'attività di cantina e i flussi dei visitatori. Per entrambe le funzioni si viene a creare uno spazio distinto e dedicato, senza percezioni reciproche anche ottiche. Nel reparto al piano inferiore, quello verso i vigneti, rimane l'accesso per i contadini e per il trasporto delle merci che raggiungono e che partono dall'azienda, nonché il parcheggio per i collaboratori. In tal modo, si eliminano tutti i disturbi visivi al visitatore della cantina. L'area di accesso al pubblico e ai visitatori è coperta da una piattaforma al di sopra della quale è, invece, posta l'entrata al pubblico. Il foyer d'entrata è stato ricavato nella parte di cantina preesistente, che rappresenta la tradizione dell'azienda e che diventa il cuore della nuova struttura. Dal cuore si dipartono due nuove ali che, come due braccia aperte, invitano a entrare. Accolgono diverse funzioni: nella parte destra, si trovano gli uffici amministrativi e marketing; a sinistra, le sale di rappresentanza con un piccolo museo, sale riunioni e conferenza, e la nuova enoteca, nella parte più panoramica dell'edificio.

https://www.domusweb.it/it/architettura/2010/03/29/werner-tscholl-cantina-tramin-termeno.html

1

2

Foto 1 da: https://www.archilovers.com/projects/27893/cantina-tramin.html#images

Foto 2 da: http://www.werner-tscholl.com/revitalisation/kellerei-tramin-tramin-2010/

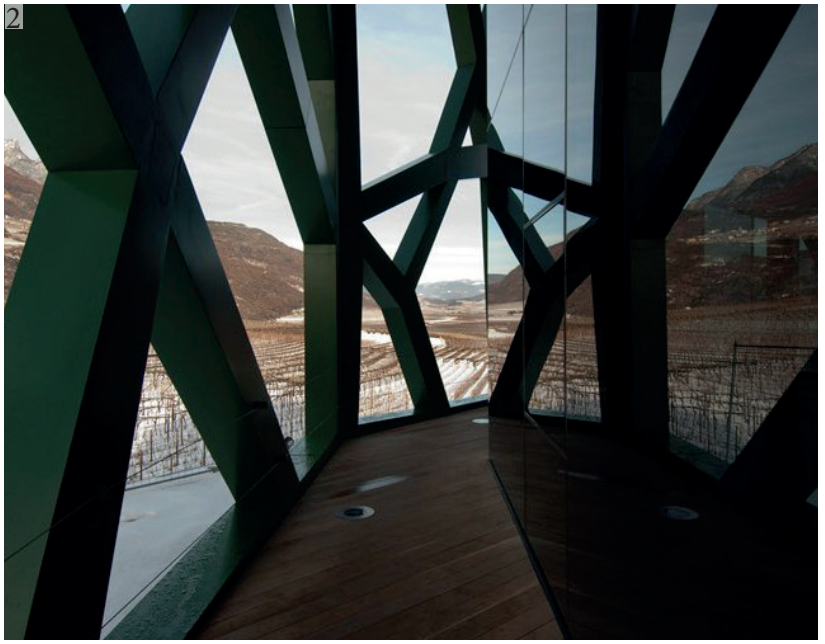


Foto 1 da: : http://www.werner-tscholl.com/revitalisation/kellerei-tramin-tramin-2010/#

Foto 2 e 4 da: : Foto da: https://www.archilovers.com/projects/27893/cantina-tramin.html#images

Foto 3 da: http://www.cantinatramin.it/IT/3/44/foto.htm

Distilleria Puni

Luogo:	*Glorenza, Bolzano, Italia*
Anno costruzione:	*2010 – 2012*
Committente:	*Puni Destillerie*
Progettista:	*Werner Tscholl Architekt*

Foto da: http://www.werner-tscholl.com/new-constructions/puni-destillerie-glurns-2012/

L'architettura pensata da Tscholl ha una duplice finalità: rispondere alle esigenze produttive dell'azienda e, attraverso la sua immagine, suscitare interesse verso un'attività nuova. La distilleria, infatti, riesce ad attirare ogni anno numerosi visitatori, che possono esplorare l'intera zona di produzione e scoprire in dettaglio come viene creato il primo whisky italiano.
L'edificio è costituito da due involucri indipendenti: uno interno, chiuso da superfici vetrate e tamponamenti opachi, e uno esterno, distanziato di circa un metro, realizzato con blocchi in cemento pigmentato. I blocchi di questa seconda pelle, realizzati appositamente per il progetto e impregnati con additivi che impediscono l'assorbimento dell'acqua, sono incollati tra loro senza malta in un semplice e regolare gioco di pieni e di vuoti. L'immagine che si crea richiama il tradizionale sistema di aerazione degli edifici rurali, e le fitte forature della superficie lasciano entrare la luce naturale ed uscire quella artificiale nelle ore notturne, creando interessanti giochi di luce variabili a seconda delle ore del giorno.
Le funzioni dell'edificio sono distribuite su quattro livelli, di cui due, il piano terra e il piano interrato, accessibili al pubblico. Il piano terra ospita infatti gli spazi di accoglienza e vendita diretta, mentre il piano interrato quelli destinati al processo produttivo vero e proprio (vi si trovano quindi i silos di stoccaggio temporaneo, il mulino di macina dei malti, i tini di fermentazione e gli alambicchi di distillazione), completamente visibili anche dal pianterreno grazie ad un'apertura ritagliata nel solaio. Il primo e il secondo piano invece ospitano gli uffici e un'abitazione.

"Werner Tscholl Architekt, Distilleria Puni a Glorenza", architetti.com, pubblicato in data: 14/11/2017

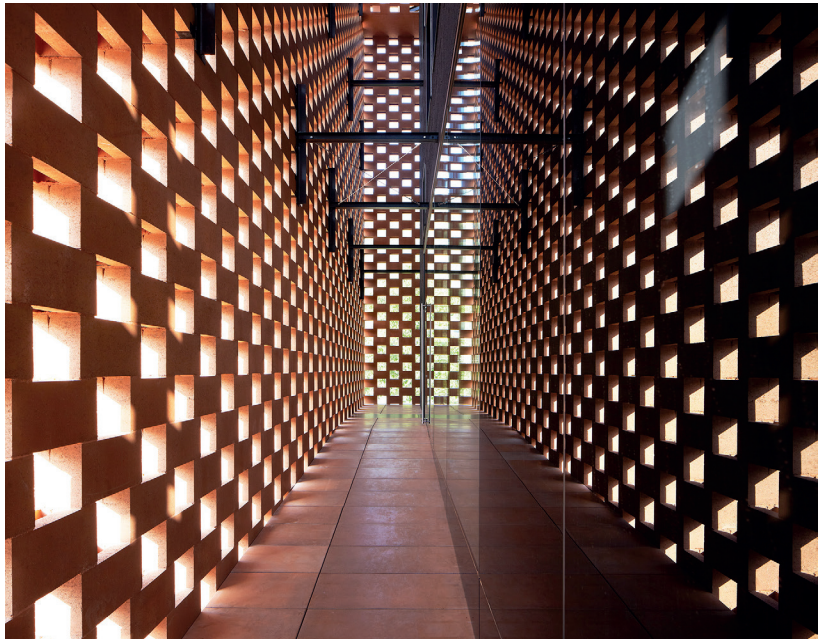


Foto da: http://www.werner-tscholl.com/new-constructions/puni-destillerie-glurns-2012/

Foto 1,2,3,4 da: http://www.werner-tscholl.com/new-constructions/puni-destillerie-glurns-2012/

1

2

3

4

Cantina vinicola Les Crêtes

Luogo: *Aymavilles, Aosta, Italia*
Anno costruzione: *2011 - 2014*
Committente: *Les Crêtes*
Progettista: *Domenico Mazza*

Foto da: https://www.lescretes.it/news-press/galleria-fotografica

La nuova sede della cantina Les Crêtes nasce in realtà dalla trasformazione di un precedente progetto di ampliamento già avviato dalla proprietà e poi rivisto. L'architetto Mazza ha perciò dovuto pensare al proprio edificio partendo da alcune strutture in cemento armato già presenti che ne hanno fortemente influenzato l'impianto insediativo.
La cantina appare come una grande tettoia in legno lamellare, coperta in lamiera e con le tamponature verticali quasi esclusivamente vetrate. Il profilo complesso della costruzione – che da lontano ricorda quasi quello di un massiccio montuoso – nasce dalla compenetrazione di diversi volumi semplici tra loro inclinati. Quando cala la sera, il sapiente uso di trasparenze e illuminazione non fa che accrescere il carattere decostruttivista, quasi espressionista, di quest'opera.
Sotto questa grande corte coperta trovano spazio i diversi ambienti della produzione, della vendita e anche del loisir tenuti insieme da un interessante percorso di visita. Il logo della cantina si fa scultura e diventa il soggetto principale di questa nuova piazza del vino.

Roberto Dini, Mattia Giusano, "Aosta (Napa) Valley? Nuove architetture per il vino", in "ArchAlp"n.°6, pubblicato in data: dicembre 2013, pp.28-30, https://areeweb.polito.it/ricerca/IAM/wp-content/uploads/2017/12/archalp6.pdf, consultato il 28-07-2020

Foto da: http://www.architettomazza.it/cantina-vinicola-les-cr--tes-115.html

1

2

3

4

Foto 1,2,3,4 da: : http://www.architettomazza.it/cantina-vinicola-les-cr--tes-115.html

Il caseificio

Come per gli altri edifici appartenenti alla sfera agricola anche per i caseifici, nella seconda metà del XX secolo, non si è data grande importanza all'impatto ambientale e paesaggistico che l'edificio aveva, ma il fabbricato era costruito in base alle esigenze quantitative.

La consuetudine alla realizzazione di strutture per l'allevamento dei capi con soluzioni standardizzate e prefabbricate – in prevalenza in calcestruzzo – improntate al solo soddisfacimento di criteri quantitativi (massimizzazione dello spazio costruito, contenimento dei costi e dei tempi di costruzione, ecc.) appare oggi stridente con le attenzioni di tutela e di valorizzazione del paesaggio, specie in contesti sensibili come quello alpino. Allo stesso modo, anche gli edifici per la produzione e l'affinamento dei formaggi presentano spesso una qualità edilizia e architettonica evidentemente inadatta ad ospitare la pratica, sempre più diffusa, della promozione in loco dei prodotti – visite dei caseifici, degustazione e vendita in azienda – in stretta continuità con una fruizione attiva del territorio, caratteristica del turismo emergente contemporaneo.

Massimo Crotti, "Buona architettura per buoni formaggi", Dislivelli.eu, pubblicato in data: 04/10/2017, http://www.dislivelli.eu/blog/architetture-per-l%E2%80%99allevamento-esempi-virtuosi-nelle-alpi.html, consultato il 11-05-2020

Si intravedono, negli ultimi anni, i primi tentativi da parte di alcune aziende di realizzare strutture con un impatto ambientale e paesaggistico minore e adatte ad accoglie dei visitatori. Tuttavia ai consumatori dei prodotti caseari ancora poco importa la qualità edilizia del fabbricato in cui viene realizzato il prodotto, ma si interessano solo alla qualità dei prodotti caseari. Quando il consumatore inizierà ad interessarsi anche al luogo di produzione allora il cambiamento a cui assisteremo sarà grande.

Kaslab'n Nockberge

Luogo: *Radenthein, Carinzia, Austria*
Anno costruzione: *2015 – 2016*
Committente: *Kaslab'n Nockberge*
Progettista: *Hohengasser Wirnsberger*

Foto da: http://www.piranesi.eu/hohengasser-wirnsberger-architekten-cheese-dairy-kaslabn-nockberge-radenthein-austria/

L'architettura è nata dall'idea di base che combina la produzione del formaggio, la consegna del latte nelle cisterne dalle fattorie circostanti, il processo di produzione, stagionatura e conservazione delle forme di formaggio in uno spazio appositamente costruito.
Gli architetti hanno presentato l'intero processo usando quasi esclusivamente superfici in vetro, poiché altri materiali avrebbero potuto interferire troppo con il processo. Allo stesso tempo, ci avvertono dell'inizio del processo proprio prima dell'ingresso, dove è posizionata in modo prominente una cisterna in acciaio inossidabile lucido, in cui viene raccolto il latte dalle fattorie circostanti.
La cisterna invita il visitatore ad entrare e assistere alla presentazione del processo, a comprenderlo e, alla fine, a degustare il prodotto finale e decidere di acquistarlo per goderne in seguito.

Robert Potokar, "Hohengasser Wirnsberger Architekten: Cheese Dairy Kaslab´n Nockberge, Radenthein, Austria", in "Piranesi" n.°40, pubblicato in data: 19/12/2018, http://www.piranesi.eu/hohengasser-wirnsberger-architekten-cheese-dairy-kaslabn-nockberge-radenthein-austria/

Foto da: https://www.kaslabn.at/k%c3%a4se-verstehen%2c-f%c3%bchlen-und-schmecken.html

Foto 1,2,3 da: https://www.kaslabn.at/k%c3%a4se-verstehen%2c-f%c3%bchlen-und-schmecken.html

Foto 4 da: https://www.nextroom.at/building.php?id=38244#

Latteria sociale della valtellina

Luogo: *Postalesio, Lombardia, Italia*
Anno costruzione: *2016 – in corso*
Committente: *Latteria Sociale Valtellina S.C.A.*
Progettista: *Piuarch*

Foto da: https://piuarch.it/it/progetti/latteria-sociale-valtellina

Il progetto di riqualificazione della Latteria Sociale Valtellina è l'occasione per restituire una nuova immagine affine all'identità della realtà che contiene e rappresenta, un luogo che ricorda il legame con la tradizione locale e la storia.
Il progetto propone una reinterpretazione della malga - la tipologia di costruzione appartenente alla tradizione alpina - con il suo sviluppo in lunghezza, una copertura leggera, un volume su un unico piano, al cui interno trovano spazio i luoghi di vendita, esposizione e lavoro.
Un modello che conduce al concetto di tradizione e qualità, il grande tetto si estende per coprire le aree esterne e le rende una naturale prosecuzione degli spazi interni, crea una piazza coperta lasciando intravedere ai passanti ciò che accade all'interno, invitando alla sosta e alla visita.
Gli spazi interni sono disposti in modo radiale a partire dal centro con tre diversi gradi di relazione con l'esterno: un nucleo chiuso, un perimetro trasparente e accogliente, una piazza coperta che fa da filtro interno/esterno.

https://piuarch.it/it/progetti/latteria-sociale-valtellina

Foto da: https://piuarch.it/it/progetti/latteria-sociale-valtellina

La casa dello yogurt

Luogo: *Rezzoaglio, Liguria, Italia*
Anno costruzione: *2017 – 2018*
Committente: *Caseificio Val d'Aveto*
Progettista: *Lineacontinua*

Foto da: http://www.caseificiovaldaveto.com/perche-una-casa-piu-grande-ci-ha-aiutato-a-muovere-in-avanti-la-nostra-storia/

Aumentare la produzione nel pieno rispetto del paesaggio e dell'impatto ambientale. Questa era la richiesta.
La sfida affidata a Maurizio Rebori e agli architetti di Lineacontinua era realizzare un fabbricato che rispondesse alle normative stringenti a livello antisismico rispecchiando però la bellezza del luogo in cui era inserito e la personalità del prodotto. Oltre a testimoniare i valori del brand il progetto doveva portare con sé la storia della Val d'Aveto. L'idea dei progettisti è stata allora quella di studiare i piccoli manufatti che un tempo servivano da riparo per la fienagione, realizzati con materiali poveri, struttura in legno e manto di copertura in lamiera.
Per quanto riguarda la disposizione interna e la fruizione degli spazi, infatti, la nuova struttura è stata pensata per fornire un collegamento orizzontale privo di dislivelli al piano terra produttivo, tale da consentire un corretto ed agevole spostamento dei prodotti e degli addetti alla lavorazione dalla porzione preesistente (dedicata ai formaggi) a quella realizzata ex novo (dedicata allo yogurt). Al piano superiore sono stati creati uffici open air e un magazzino per la gestione degli imballaggi.

http://www.caseificiovaldaveto.com/perche-una-casa-piu-grande-ci-ha-aiutato-a-muovere-in-avanti-la-nostra-storia/

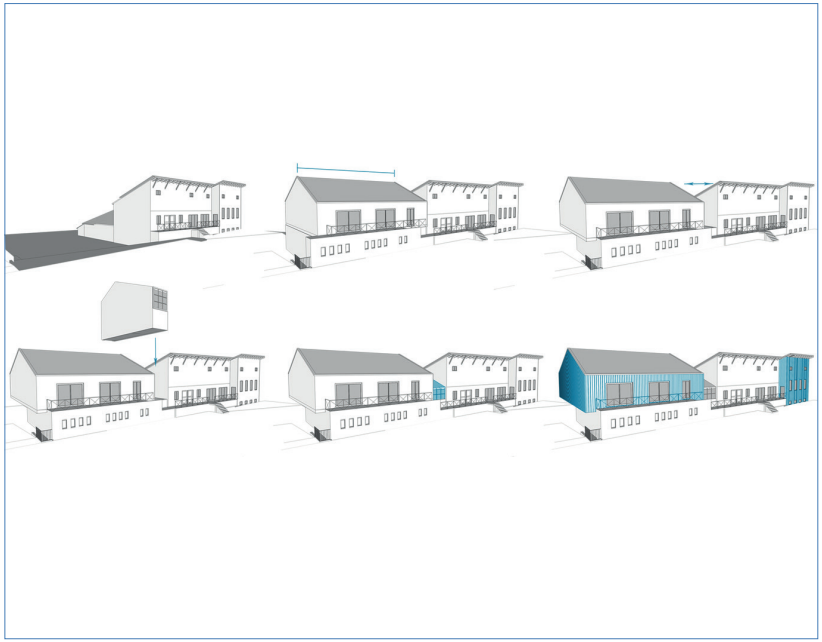


Foto da: http://www.caseificiovaldaveto.com/perche-una-casa-piu-grande-ci-ha-aiutato-a-muovere-in-avanti-la-nostra-storia/

I RICOVERI PER GLI ANIMALI

"Prefabbricato" è il termine che accomuna la maggior parte dei ricoveri per animali costruiti nella seconda metà del Novecento, che ci si trovi in montagna o in pianura poco cambia. La diffusione delle stalle prefabbricate fu dovuta principalmente alla loro economicità e relativa facilità di montaggio.

"Oggi, il ritorno a una produzione casearia più attenta alla qualità e alla specificità del prodotto riporta al centro anche il tema del valore architettonico dei manufatti. Questo diventa infatti un elemento fondamentale all'interno di una visione di ampio respiro che vede la qualità degli edifici profondamente intrecciata con quella paesaggistica, ambientale, dell'allevamento e della produzione."

Roberto Dini, "Architettura per l'allevamento e l'agricoltura vecchi e nuovi esempi virtuosi", in "ArchAlp" n.° 11, giugno 2016, p.27-44

La stalla in calcestruzzo armato precompresso (c.a.p.) ha avuto pochi "rivali" sul mercato, nel senso che non esisteva un'alternativa economica al prefabbricato in c.a.p., ma nell'ultimo ventennio la tendenza di molti allevatori nell'arco alpino e non solo, è stata quella di affidare la realizzazione a studi di architettura la progettazione di ricoveri "leggeri" con particolari accorgimenti progettuali che permettessero di rispettare un minimo il rapporto con la pre-esistenza, la qualità degli spazi per gli animali e l'inserimento in un contesto paesaggistico, tutto questo restando in un'ottica di sostenibilità economica.

Cow shed

Luogo: *Lignières, Neuchâtel, Svizzera*
Anno costruzione: *2003-2005*
Committente: *Privato*
Progettista: *Local Architecture*

Foto da: http://localarchitecture.ch/projects/etable/

Il cliente desiderava un design edilizio contemporaneo che si adattasse comunque al budget assegnato dalle autorità federali a questo tipo di costruzione. Altri criteri includevano l'obbligo di soddisfare gli standard che regolano la produzione biologica.
Desiderosi di progettare un progetto che fosse rispettoso dello sviluppo della forma architettonica locale, gli architetti hanno condotto un'analisi dettagliata delle tipologie di fattoria presenti nella regione. Sia il cliente che gli architetti condividono un impegno comune per lo sviluppo sostenibile, che si riflette in una stretta collaborazione nella scelta e nell'applicazione dei materiali.
Oltre ai vantaggi ecologici, l'uso del legname ha permesso di sviluppare una struttura portante in linea con la tradizione locale della ramée.

https://www.archdaily.com/442813/etable-de-stabulation-libre-localarchitecture

Foto da: http://localarchitecture.ch/projects/etable/

Foto 1,2,3 da: http://localarchitecture.ch/projects/etable/

Foto 4 da: https://www.archdaily.com/442813/etable-de-stabulation-libre-localarchitecture

Piccola stalla per sei mucche

Luogo: *Madesimo, Sondrio, Italia*
Anno costruzione: *2014*
Committente: *Privato*
Progettista: *Enrico Scaramellini*

Foto da: https://divisare.com/projects/279728-es-arch-enricoscaramelliniarchitetto-marcello-mariana-piccola-stalla-per-sei-mucche

Il piccolo volume che ospita solamente sei animali è particolarmente interessante per il rapporto con lo spazio aperto e l'uso di materiali e tecniche sospesi tra pratiche tradizionali e innovazione costruttiva. Il basamento dell'edificio, su cui poggia una parte in legno, è in pietra, con murature che riprendono tessiture e materialità degli edifici tradizionali dell'alta Valtellina e che sono stati pensati come elementi che, staccandosi dall'edificio, vanno a definire un paddock esterno recintato. Questa connessione diretta tra edificio e spazio aperto interpreta in maniera interessante la necessità di progetto dello spazio circostante al manufatto radicando maggiormente l'intervento al luogo.
Il piccolo edificio è costituito da una struttura portante in muratura in pietra, integrata con portali in calcestruzzo necessari a sostenere la trave di colmo della copertura in abete. Il rivestimento della parte superiore della facciata è invece in assi orizzontali di larice non trattato che assumerà quel colore grigiastro che solo il tempo e il clima alpino riescono a regalare.

Osservatorio del paesaggio trentino, "Case per animali. Ricerca su architettura e allevamento: strategie, operazioni e progetti per nuovi spazi e manufatti nei paesaggi trentini", in "Quaderni di lavoro", pubblicato in data 12/2015, pp. 82-85,http://www.paesaggiotrentino.it//documenti/Documentazione/Quaderni%20di%20lavoro/Q03_Case%20per%20animali_ridotto.pdf, , consultato il 29-07-2020

Foto da: https://divisare.com/projects/279728-es-arch-enricoscaramelliniarchitetto-marcello-mariana-piccola-stalla-per-sei-mucche

Foto 1,2,3,4 da: https://divisare.com/projects/279728-es-arch-enricoscaramelliniarchitetto-marcello-mariana-piccola-stalla-per-sei-mucche

1

2

3

4

Cowshed wildenstein

Luogo: *Bubendorf, Basilea, Svizzera*
Anno costruzione: *2013*
Committente: *Privato*
Progettista: *Kury Stähelin Architekten*

Foto da: https://www.domusweb.it/it/architettura/2014/06/26/cowshed_wildenstein.html

Il progetto inverte le grandi coperture spioventi tradizionali e si pone in relazione con il nuovo elemento tipologico – il cortile centrale. Il tetto rovescio costruito attorno a questo spazio offre buone condizioni di luce e ventilazione e, di conseguenza, un ambiente perfetto per gli animali in cui le mucche possono muoversi liberamente.
L'edificio si sviluppa come un insieme strutture portanti in legno che creano ritmi e gerarchie spaziali. Il piano terra è sviluppato secondo dimensioni strategiche per definire tutti gli spazi interni e fondere l'atmosfera "domestica" (per le mucche) con il paesaggio esistente.
Le lunghe facciate sono concepite come un telaio aperto che incorpora riferimenti alle tradizionali decorazioni rurali in legno. Esse rappresentato l'elemento di transizione tra la ripetitiva struttura interna e il paesaggio circostante.

https://www.domusweb.it/it/architettura/2014/06/26/cowshed_wildenstein.html

Foto da: https://divisare.com/projects/277645-kury-stahelin-architekten-cowshed-wildenstein

Foto 1,2,3,4 da: https://divisare.com/projects/277645-kury-stahelin-architekten-cowshed-wildenstein

Ziegenstall

Luogo: *Seubersdorf, Baviera, Germania*
Anno costruzione: *2014*
Committente: *Privato*
Progettista: *Kuehnlein Architektur*

Foto da: https://www.kuehnlein-architektur.de/projekte/ziegenstall/

Costruito dallo stesso architetto con un limitato aiuto di manodopera specializzata, l'edificio è costituito da un corpo di fabbrica lineare, un parallelepipedo posto ai limiti del bosco che rimane lievemente sollevato dal suolo. Non vi sono porte o finestre ma solamente due aperture di differente grandezza agli angoli opposti della struttura che permettono il libero movimento delle capre e, insieme a feritoie tra gli elementi in legno sul lato principale del volume, garantiscono la ventilazione evitando flussi d'aria diretti ed intensi.
Si tratta di una stalla caprina pensata come modulo facilmente riproducibile. Prendendo ispirazione dai tradizionali edifici di legno della Baviera Orientale, in fase di costruzione si è optato per l'uso di legno massello, adoperando tavole di abete rosso semplicemente posate l'una sull'altra. Il rapporto col suolo è funzionale alla durabilità deimateriali quanto alla sensazione di temporaneità cheil manufatto comunica.

Osservatorio del paesaggio trentino "Case per animali, Ricerca su architettura e allevamento: strategie, operazioni e progetti per nuovi spazi e manufatti nei paesaggi trentini.", Quaderni di lavoro n.°3, pubblicato in data 12/2015, p.26, http://www.paesaggiotrentino.it/documenti/Documentazione/Quaderni%20di%20lavoro/Q03_Case%20per%20animali_ridotto.pdf

Foto da: https://www.kuehnlein-architektur.de/projekte/ziegenstall/

L'ambiente protetto: la serra

Cos'è una serra?

È un ambiente protetto da una copertura trasparente in vetro o in plastica e spesso anche riscaldato, adibito alla coltivazione, in condizioni climatiche particolari, di ortaggi o fiori.
(Definizione presa da: https://dizionari.corriere.it/dizionario_italiano/S/serra_1.shtml)

La definizione fornita dal Corriere della Sera riassume brevemente ciò che nell'immaginario comune delle persone è una serra.

La progettazione delle serre è affidata agli agronomi o agli ingegneri e raramente agli architetti. La progettazione architettonica è quindi messa in secondo piano, la serra è ottimizzata dal punto di vista della produzione, ma il suo impatto sul paesaggio è molto forte. Negli ultimi vent'anni si è iniziato a progettare serre più sostenibili che hanno trasmittanze termiche basse e che fanno uso di energie provenienti da fonti rinnovabili, ma l'impatto sul paesaggio è trascurato. In alcuni paesi come per esempio nei Paesi Bassi, la coltivazione in serra è ormai una pratica radicata nella cultura del paese a tal punto che ne è diventata anche il simbolo.

1. Westland una regione nei Paesi Bassi dove le serre coprono quasi la totalità della campagna circostante.

Breve storia dell'evoluzione della serra

Chi ha costruito la prima serra?

È difficile stabilirlo ma le prime testimonianze scritte che abbiamo risalgono ai tempi dei Romani. Plinio il Vecchio nel suo Naturalis Historia e Lucio Giunio Moderato Columella nel suo De Re Rustica inseriscono la descrizione di un modo per coltivare anche in periodo invernale gli ortaggi.

"Cartilaginum generis extraque terram est cucumis, mira voluptate Tiberio principi expetitus. nullo quippe non die contigit ei, pensiles eorum hortos promoventibus in solem rotis olitoribus rursusque hibernis diebus intra specularium munimenta revocantibus."

Plinio il Vecchio, Naturalis Historia, libro XIX, par. 64

"Il cetriolo è del genere dei cartilaginosi e fuori del terreno, ricercato con incredibile piacere dal principe Tiberio Non gli capitò infatti alcun giorno senza, grazie a quelli che rinnovavano i loro giardini pensili, che spingevano al sole su macchinari con ruote e nei giorni invernali di nuovo dentro ripari di vetri."

Traduzione fornita da: http://www.latin.it/autore/plinio_il_vecchio/naturalis_historia/!19!liber_xix/23.lat

"Possunt etiam, si sit operae pretium, vasis maioribus rotulae subici, quo minore labore producantur et rursus intra tecta recipiantur. Sed nihilo minus specularibus integi debebunt, ut etiam frigoribus serenis diebus tuto producantur ad solem."

Lucio Giunio Moderato Columella, De Re Rustica, libro XI, cap. III, par. 52

"Se vale la spesa si possono anche adattare delle rotelle ai panieri più grossi in modo che possano essere portati dentro e fuori con minore fatica. Inoltre vanno coperti con vetri perché si possano mettere al sole senza pericolo, anche durante il freddo nelle giornate serene."

Traduzione fornita da: http://www.latin.it/autore/columella/res_rustica/11/03.lat

Dalla caduta dell'Impero Romano fino alla scoperta dell'America vi fu un periodo in cui l'agricoltura si incentrò solo sulla coltivazione di piante di prima necessità e caddero in disuso tutte quelle pratiche più complesse come la coltivazione in serra.

"Dopo vari secoli di barbarie e di rovine i viaggi dei portoghesi nelle Indie, la scoperta dell'America e le scienze rinascenti cangiarono la faccia dell'Europa, perché tutte le piante del nuovo mondo erano sconosciute agli antichi. Quando vennero assicurati quei possedimenti, si trovò fra i conquistatori qualche uomo istruito che trasportò nella sua patria vari vegetabili di quel paese; ma la maggior parte di quelli nati nel clima, vicino all'equatore, non potevano climatizzarsi si in Europa e sopra tutto nell'Olanda ove il suolo freddo ed umido è micidiale per le piante delle Indie e dell'America.

Gli olandesi, divenuti liberi, dedicati per necessità alla navigazione, si occuparono nella ricerca dei mezzi più propri per la conservazione delle piante che essi trasportavano dalle Indie nella loro patria. Allora la orticultura divenne un'arte, e quando un'arte viene onorata da un popolo, ella fa necessariamente dei grandi progressi."[1]

Nel periodo successivo alla scoperta dell'America iniziano a circolare in Europa piante che necessitano di particolari condizioni climatiche per crescere e sopravvivere, sono cosi realizzati i primi ripari per piante. Naturalmente era costoso realizzare grandi edifici vetrati e per questo la pratica rimase poco diffusa e legata al ceto più alto della società.

Foto pagina precedente da: https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/09/holland-agriculture-sustainable-farming/?utm_source=Facebook&utm_medium=Social&utm_content=link_fb20170905ngm-hollanda-g&utm_campaign=Content&sf110941767=1&lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3BRwwytBncTuiNpAMLQb26fw%3D%3D)

1. Diretto da Raffaele Pareto, "Giornale dell'ingegnere-architetto ed agronomo", n.°4, Stabilimento Saldini, gennaio 1862, p.758, https://books.google.it/books?id=LBgkv02nrsAC&pg=PA758&dq=coltivazione+in+serre+dei+romani&hl=it&sa=X&ved=0ahUKEwjHp_X5n9bpAhUCcZoKHXZhDGgQ6AEIMDAB#v=onepage&q=coltivazione%20in%20serre%20dei%20romani&f=False

L'invenzione della pressa per vetro

Nel XIX secolo, grazie ai progressi tecnologici e all'invenzione della pressa per la produzione del vetro, inizia a diffondersi un nuovo tipo di edificio: la serra. Alcune delle serre più grandi e maestose dei giardini botanici europei risalgono proprio a quel periodo.
Le prime serre del XIX secolo nascono per il mantenimento e lo studio di piante esotiche ed erano simbolo di ricchezza e potere commerciale, non a caso le prime serre in vetro e ghisa vengono realizzate nei paesi monarchici e coloniali del nord Europa.
È Interessante notare come in questo periodo storico le serre erano progettate dagli architetti, una tendenza che sparirà con il progresso tecnologico.
Uno dei primi esempi (foto 1 e 2) è la "Serre de Nouvelle-Calédonie", progettata dall'architetto Rohault de Fleury (Parigi 1801-1875) e poi costruita negli anni 1834-1836.
Un'altra grande serra in stile vittoriano progettata nel 1840 dall'architetto Charles Lanyon (Eastbourne 1813-1889) è la "Palm House" dei giardini botanici reali di Belfast (foto 3 e 4).
Le serre costruite in quel periodo hanno un design totalmente diverso rispetto ad oggi, da un lato perché i progressi tecnologici portavano a soluzioni più contenute e dall'altra perché la progettazione seguiva lo stile architettonico del periodo.
Le serre reali di Laeken (foto 5 e 6), progettate dall'architetto Alphonse Balat (Gochenée 1818-1895) e costruite nel 1873, fanno parte del programma di costruzione del palazzo di vetro ideale voluto dal re del Belgio Leopoldo II. Questo complesso di serre ha ispirato la nuova architettura belga del periodo che grazie a l'art nouveau si è diffusa in tutto il mondo.

1

2

Foto 1 da: https://www.pariszigzag.fr/secret/lieux-insolites/les-plus-belles-serres-de-paris

Foto 2 da: http://fr.hellokids.com/c_60663/lire-et-apprendre/sortie-en-famille/paris-pour-les-enfants/le-jardin-des-plantes

3

4

Foto 3 e 4 da: https://visitbelfast.com/partners/botanic-gardens/

5

6

Foto 5 e 6 da: https://www.azonzotour.com/blog/serre-reali-di-laeken

La diffusione della serra

Nel XX secolo l'invenzione del vetro float e dei film plastici ha dato il via alla diffusione su larga scala delle serre per la produzione florovivaistica e ortofrutticola. Le serre non sono più un privilegio per pochi, molti privati iniziano a investire sulla costruzione di serre per la produzione ma, per motivi economici, si passa da serre curve e articolate a serre rettilinee e semplici. Così la serra si è trasformata pian piano da edificio complesso e simbolo del progresso tecnologico a semplice struttura a protezione delle piante.
L'uso delle serre si è sviluppato in particolare in due zone in Europa: nei Paesi Bassi e in Spagna. Due paesi con clima e territorio totalmente diversi, infatti lo sviluppo della serra è stato diverso nei due paesi. In Spagna si è fatto e si fa tutt'ora un uso un uso massiccio di film plastici e strutture mobili, mentre in Olanda si è sviluppata una serra in vetro modulare fissa.
In entrambi i paesi le serre hanno avuto un impatto fortissimo sull'economia al punto che intere aree pianeggianti del paese sono state dedicate alla costruzione di serre. Purtroppo questa scelta ha un elevato impatto sul paesaggio come possiamo vedere dalle immagini satellitari.
In Italia la coltura in serra non è paragonabile a quella spagnola o olandese, ma si è comunque sviluppata nella zona di Sanremo dove le serre sono inserite nel tessuto edilizio residenziale. La differenza che c'è tra Almeria, Westland e Sanremo, oltre al clima, è la morfologia del suolo che nei primi due casi è pianeggiante mentre a Sanremo è collinare. La pendenza del suolo a comportato la modifica della tipologia della serra, ma non ha evitato l'impatto sul paesaggio.

1

2

A sinistra Almeria in Spagna e a destra Westland nei Paesi Bassi.

Foto 1 da: https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=pia14146

Foto 2 da: https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/index.php?search=westland&category=#submit

Foto 3. La casa dell'agricoltore circondata da serre nella regione del Westland.

Foto 3 da: https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/09/holland-agriculture-sustainable-farming/?utm_source=Facebook&utm_medium=Social&utm_content=link_fb20170905ngm-hollanda-g&utm_campaign=Content&sf110941767=1&lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3BRwwytBncTuiNpAMLQb26fw%3D%3D)

Foto 4. Alemria.

Foto 4 da: https://www.edwardburtynsky.com/projects/photographs/water

Foto 5 e 6 Sanremo

Foto 5 da: https://www.google.com/maps/@43.815319,7.7313906,3a,75y,77.02h,83.81t/data=!3m6!1e1!3m4!1s-bBmeTlugSuRoaU-UJXI8xw!2e0!7i13312!8i6656

Foto 6 da: https://annagregnanin.photoshelter.com/image/I0000BdH0VkxdH7g

Una nuova Tendenza

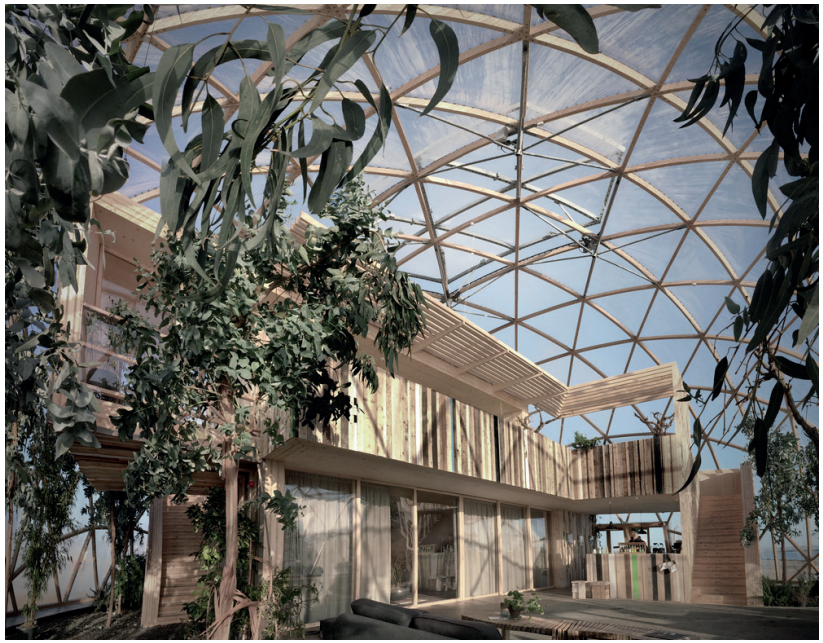
Le crisi ambientali e una maggiore sensibilità per l'ambiente hanno dato all'architettura la possibilità di progettare trasformazioni senza precedenti.
"Gli architetti contemporanei stanno ripensando e reinterpretando ciò che una serra può essere e come può essere utilizzata al meglio per migliorare la nostra vita."
Kaelan Burkett, "Oltre la serra: tendenze in crescita nell'architettura", architizer.com, https://architizer.com/blog/inspiration/collections/beyond-the-greenhouse/

Le serre hanno un uso limitato, ma alcuni architetti hanno cercato di reinventare il loro uso e funzione. Seguono due esempi.

Dome of visions 3.0

Luogo: *Aarhus, Jutland centrale, Danimarca*
Anno costruzione: *2016-2017*
Committente: *Comune di Aarhus*
Progettista: *Atelier Kristoffer Tejlgaard*

Foto da: https://www.archdaily.com/870649/dome-of-visions-atelier-kristoffer-tejlgaard



Dome of Visions 3.0 è la terza cupola di una serie di esperimenti di Kristoffer Tejlgaard che mirano a creare consapevolezza sugli effetti benefici nelle persone delle architetture costruite all'interno di grandi serre. La cupola crea uno spazio passivo riscaldato dall'energia solare, una sorta di terzo ambiente climatico, come la maggior parte degli spazi in cui viviamo.
La grande struttura è stata costruita per ospitare un'ampia varietà di iniziative tra cui eventi, conferenze, dibattiti, conversazioni, concerti e mostre che possano aprire occhi, orecchie, pensieri e soprattutto i sensi. La cupola è rivestita di policarbonato a forma romboidale, anziché esagonale o triangolare, per ridurre gli sprechi dei fogli e delle giunture. Le travi curvate e lavorate con tecnologia CNC possono essere assemblate attraverso un semplice nodo in acciaio tagliato a laser, per ridurre la quantità di acciaio necessaria. La produzione è ottimizzata in modo da rendere l'assemblaggio più facile e con meno spreco di energia. Il carattere temporaneo del padiglione è un invito a pensare al ciclo dei materiali usati, che possono essere smontati e riassemblati facilmente.

https://www.domusweb.it/it/notizie/2017/05/04/kristoffer_tejlgaard_dome_of_visions.html

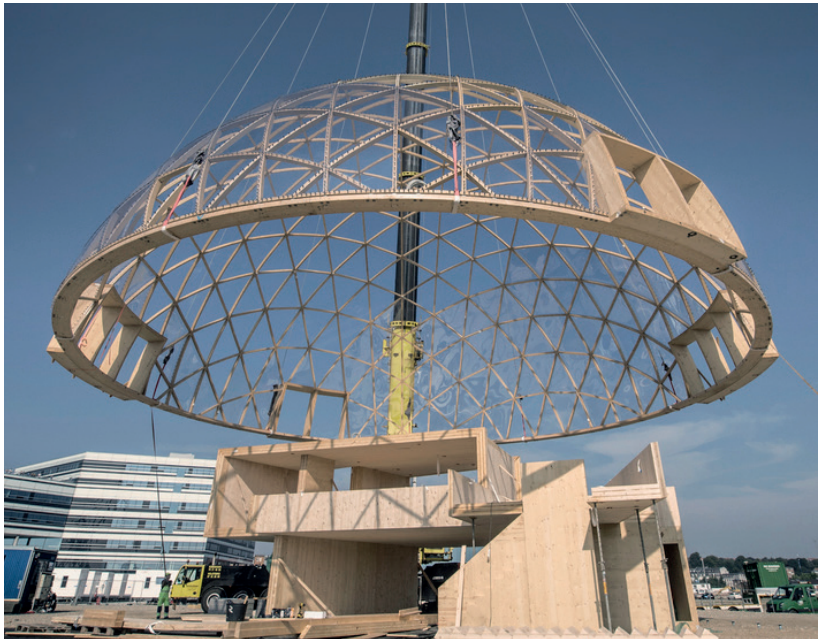
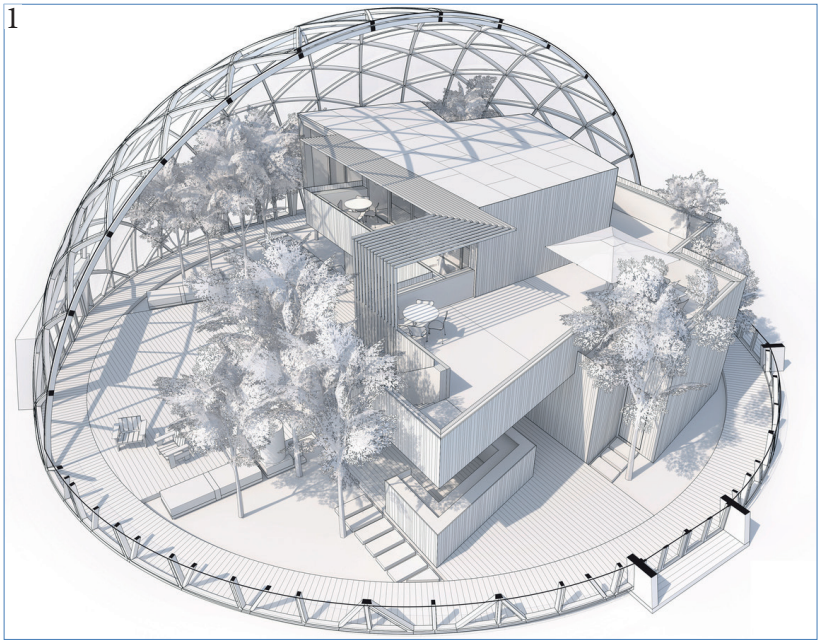


Foto da: https://www.archdaily.com/870649/dome-of-visions-atelier-kristoffer-tejlgaard

Foto 1,2,3,4 da: https://www.archdaily.com/870649/dome-of-visions-atelier-kristoffer-tejlgaard

1



2

3

4

Bombay sapphire distillery

Luogo: *Laverstoke, Hampshire, Regno Unito*
Anno costruzione: *2010-2014*
Committente: *Bombay Spirits Company Ltd.*
Progettista: *Heatherwick Studio*

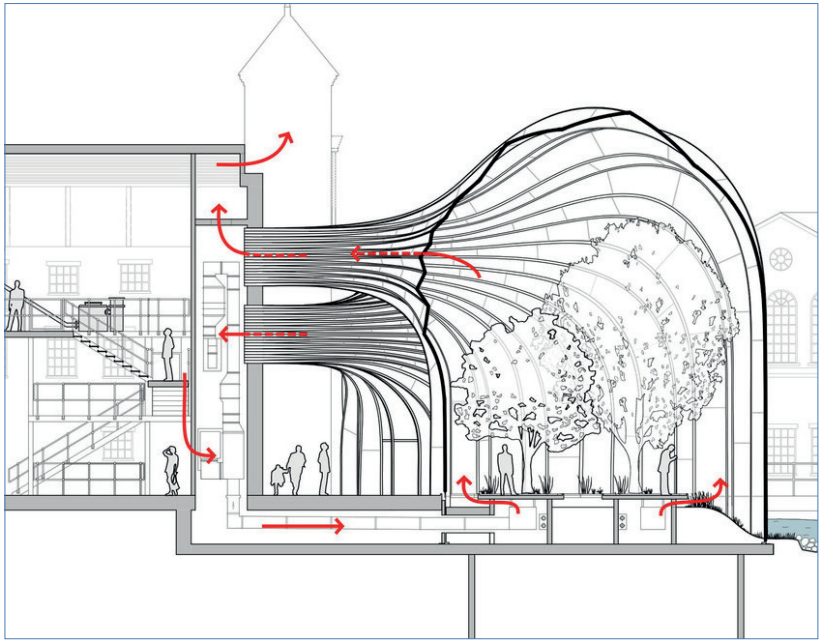


Foto da: https://www.archdaily.com/554750/bombay-sapphire-distillery-heatherwick-studio

Il piano dello Studio Heatherwick propone la creazione di due nuove serre per la coltivazione di 10 campioni di specie di piante esotiche utilizzate nel processo di distillazione dello zaffiro di Bombay. Queste serre, una delle quali contenente un ambiente tropicale umido e l'altra un clima mediterraneo temperato secco, emergono dalla casa situata a nord per entrare all'interno delle acque del fiume.
Il collegamento con l'alambicco permette di riciclare il calore di scarto del processo di distillazione per mantenere i climi caldi per le specie vegetali. La geometria fluida di questi nuovi edifici in vetro è stata influenzata dai recenti progressi della tecnologia del vetro e dal ricco patrimonio di strutture botaniche delle serre britanniche.

https://www.archdaily.com/554750/bombay-sapphire-distillery-heatherwick-studio

Foto da: https://www.archdaily.com/554750/bombay-sapphire-distillery-heatherwick-studio

Le serre in città: due esempi

La crisi dell'agricoltura tradizionale, la necessità di innovare i sistemi di produzione alimentare e allo stesso tempo creare uno sviluppo urbano che non solo tuteli l'ambiente, ma risponda ai bisogni di una popolazione in crescita, hanno spinto numerosi studi di architettura a cogliere la sfida di proporre nuove soluzioni che possano far coesistere uomo, natura, città e agricoltura nello stesso luogo.

Raffaella Bregoli, "Architettura e agricoltura si fondono insieme nei progetti delle città del futuro", Agritettura.it, pubblicato in data: 23-12-2019, https://agritettura.it/2019/12/23/architettura-e-agricoltura-si-fondono-insieme-nei-progetti-delle-citta-del-futuro/

Iniziamo a vedere in questi ultimi anni la collaborazione tra architetto, ingegnere e agronomo. Questa combinazione permette di realizzare serre con il giusto equilibrio tra sostenibilità economica ambientale e paesaggistica. Nonostante questi esempi di integrazione siano ancora rari è importante notare come sia stato fatto un grosso passo in avanti verso la costruzione di serre autosufficienti, con consumi idrici davvero esegui e produzioni molto maggiori rispetto all'agricoltura tradizionale.
L'inserimento della serra, come spazio produttivo, negli edifici è una tendenza del tutto nuova, essa nasce dall'esigenza di avere uno spazio produttivo vicino o all'interno di una zona altamente abitata, come la città, dove la domanda di ortaggi freschi è in continua crescita.

Serra integrata sul tetto

Luogo: *Oberhausen, Renania Settentrionale-Vestfalia, Germania*
Anno costruzione: *2019*
Committente: *Oberhausener Gebäudemanagement*
Progettista: *Haas Architekten BDA und Kuehn Malvezzi*

Foto da: https://www.haas-architekten.de/projekte/glashaeuser/integriertes-dachgewaechshaus/

L'edificio per uffici nel centro di Oberhausen unisce sul tetto le funzioni di edificio amministrativo pubblico e giardino in un modo nuovo, integrando le caratteristiche di entrambe le tipologie. La tensione tra la fisicità dell'edificio in mattoni e la delicata leggerezza della serra crea una nuova identità che influenza il contesto urbano dell'Altmarkt, un luogo importante della città.
Un giardino verticale collega la piazza con il giardino pensile. Sviluppato in collaborazione con l'architetto paesaggista Atelier Le Balto, è un efficace elemento di pianificazione urbana che combina intenzionalmente le vecchie e nuove tipologie di paesaggio come spazio pubblico. Un percorso vario conduce i visitatori dalla piazza del mercato alberato su gradini e piattaforme.

https://www.archdaily.com/927862/administration-building-with-rooftop-greenhouse-kuehn-malvezzi?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

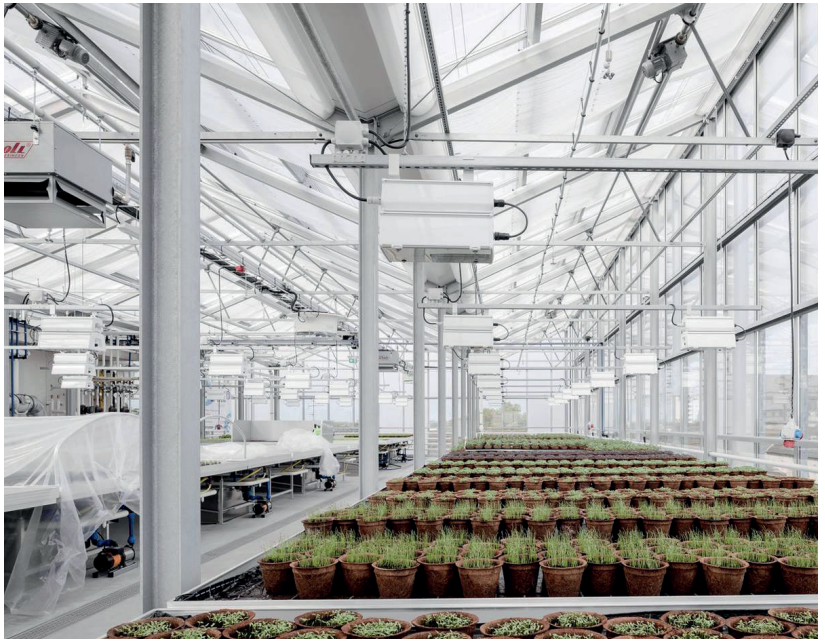
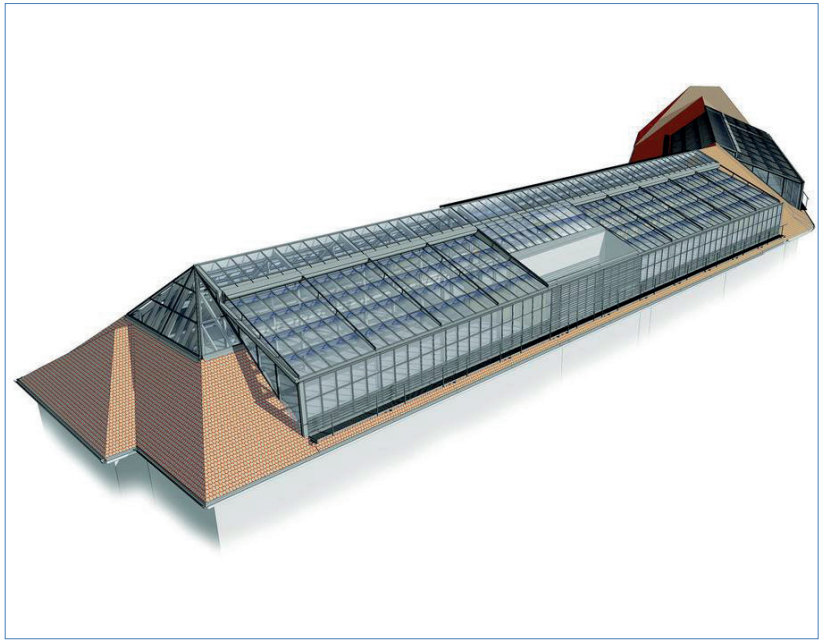


Foto da: https://www.haas-architekten.de/projekte/glashaeuser/integriertes-dachgewaechshaus/

Serra per la ricerca sul tetto

Luogo: *Berlino, Germania*
Anno costruzione: *2014*
Committente: *Università Humboldt di Berlino*
Progettista: *Haas Architekten BDA*

Foto da: https://www.haas-architekten.de/projekte/glashaeuser/forschungsdachgewaechshaus-hu-berlin/



Per ampliare l'area di ricerca dell'Istituto di biologia dell'Università Humboldt sono state realizzate nuove serre nell'attico della casa 12 di Hannoversche Street 27. Gli elementi essenziali del progetto sono la decostruzione del tetto e la garanzia di accessibilità senza barriere.
La posizione della serra di ricerca sul tetto consente di risparmiare spazio urbano e garantisce un'esposizione ottimale in un contesto urbano.

https://www.haas-architekten.de/projekte/glashaeuser/forschungsdachgewaechshaus-hu-berlin/

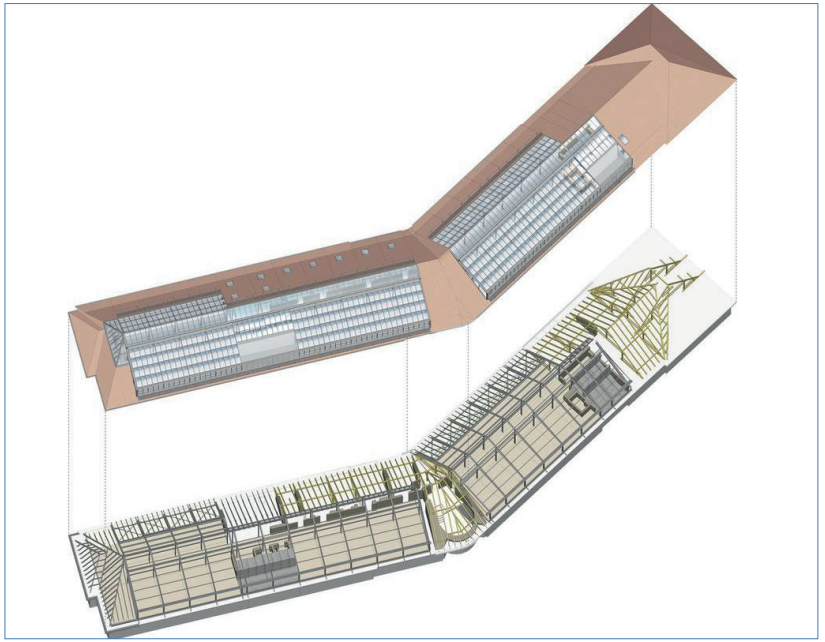


Foto da: https://www.haas-architekten.de/projekte/glashaeuser/forschungsdachgewaechshaus-hu-berlin/

Progettare una serra

Classificazione delle serre

La serra serve a proteggere le piante dagli agenti atmosferici, dagli sbalzi termici e dai parassiti incrementando la produzione e la qualità delle piante. Essa deve essere adeguata alle caratteristiche climatiche e morfologiche della regione in cui si trova. I principali aspetti per la progettazione di una serra sono l'orientamento, la forma, la struttura, le fondazioni, il materiale di rivestimento, l'impianto di ventilazione e riscaldamento.

Nel mondo esistono molte tipologie di serra, la struttura cambia molto tra una serra semplice ed economica e una serra a più campate ad alta efficienza. Il motivo per cui ci sono tante tipologie di serre nel mondo è perché in ogni posto le serre sono state modificate in base alle condizioni climatiche locali, alla disponibilità economica e alla disponibilità di materiali da costruzione (es. legno, bambù, acciaio).

La progettazione della serra, oltre ad essere fortemente influenzata dal clima e dalla latitudine del luogo è influenzata, almeno in Europa, dalla normativa vigente.

In Europa esistono commercialmente tre tipologie principali di serra: Venlo, Parral e tunnel. Queste tre macrocategorie sono a loro volta suddivise in serre a campata singola e serre a campata multipla.

1. **La serra Venlo**, tipica dei paesi dell'Europa centrale e settentrionale, è generalmente associata alla serra industriale olandese. Esse sono spesso coperte con vetro, ma a volte sono usati anche fogli rigidi di materiale plastico. (Foto 1,2,3,4)

2. **La serra Parral** è il tipo più diffuso in Spagna, ha una struttura verticale di pilastri rigidi in legno o acciaio, su cui una doppia rete metallica è posizionata per sostenere la pellicola plastica. Questa disposizione a doppia griglia è usata per garantire la stabilità della copertura in regioni in cui i venti forti sono abbastanza comuni. (Foto 5,6,7,8)

3. **Le serre a tunnel** sono diffuse un po' in tutte le campagne dell'Europa meridionale. Sono strutture molto economiche, hanno una struttura ad arco realizzata con tubi in allumino che sorregge la pellicola plastica. Sono serre che tendenzialmente troviamo in conformazione mono campata. (Foto 9,10,11,12)

Foto da: https://www.troostwijkauctions.com/uk/serra,-vivaio-(circa-19500-m2)/03-32817-34304-6410354/ Consultato il 5 agosto 2020.

1

2

3

4

5

6

7

8

Foto 5,6,7,8 da: http://www.inveramel.com/en/products/parral-greenhouse Consultato il 5 agosto 2020.

Foto 9,10,11,12 da: https://www.lucchiniidromeccanica.it/prodotti/serre-agricole-tunnel.php
Consultato il 5 agosto 2020.

9

10

11

12

Norma europea - Classe di conseguenza

Dopo aver visto le tre principali tipologie di serra esistenti sul mercato è importante sapere in quale classe di conseguenza fornita dall' **eurocodice EN 1990:2002+A1:2005 (E)** si trova il fabbricato serra, perché questa classificazione influisce sulle verifiche strutturali da eseguire in fase di progettazione.

La norma suddivide le strutture in tre categorie (CC3, CC2 e CC1) in base alla gravita delle conseguenze del cedimento della struttura. **Le serre si trovano nella classe CC1.**

Tabella B1 - Definizione delle classi di conseguenze (p.87, EN 1990:2002+A1:2005 (E))

Classe di conseguenze (CC)	Descrizione	Esempi di edifici
CC3	**Grandi** conseguenze per la perdita di vite umane, o economiche, conseguenze sociali o ambientali molto grandi	Tribune, edifici pubblici dove le conseguenze del fallimento sono alte (ad es. una sala da concerto)
CC2	**Medie** conseguenze per la perdita di vite umane, economiche, conseguenze sociali o ambientali considerevoli	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici in cui le conseguenze del fallimento sono medie (ad es. un edificio per uffici)
CC1	**Basse** conseguenze per la perdita di vite umane e economiche, conseguenze sociali o ambientali piccole o trascurabili	Edifici agricoli in cui le persone non entrano normalmente (ad es. edifici di stoccaggio), serre

Una volta collocate le serre all'interno della classe di conseguenza CC1, le serre per la produzione sono classificate dall'**eurocodice EN 13031-1:2019 (E)** in funzione della tolleranza dello spostamento del telaio del sistema di rivestimento e della durata della vita utile prevista per la struttura.

La norma suddivide le serre in due categorie principali: tipo A e tipo B. La suddivisione è fatta in funzione della tolleranza allo spostamento del sistema di rivestimento. Le serre in cui il telaio che sostiene il sistema di rivestimento non tollera gli spostamenti, derivanti dalle azioni di progettazione, sono designate come tipo A.

Le serre di tipo A sono progettate tenendo conto degli stati limite di funzionalità (SLS) e degli stati limite ultimi (SLU). Le serre in cui il telaio che sostiene il sistema di rivestimento tollera gli spostamenti, derivanti dalle azioni di progettazione, sono classificate come tipo B.

Le serre di tipo B possono essere progettate prendendo in considerazione solo gli stati limite ultimi (SLU).

Come indicato nella norma EN 1990, le serre per la produzione devono avere una vita di lavoro di progetto a seconda del tipo di serra e dell'uso, per questo le serre sono classificate anche in funzione della durata della vita di progetto. La durata di vita del rivestimento (ad es. pellicola di polietilene) può differire dalla vita di lavoro di progetto, ma a condizione che il rivestimento possa essere sostituito conformemente alla clausola 9 (clausola 9 a p.24, EN 13031-1:2019 (E)).

Secondo la norma EN 1990, le serre per la produzione in classe A15 o classe B15, devono essere classificate come strutture della classe di conseguenze CC1. Le serre destinate alla produzione che si trovano in classe B10 e B5, devono essere classificate come strutture di classe di conseguenza CC0.

[a] *Una vita utile di progetto di 5 anni può essere utilizzata solo per strutture con vita utile limitata, come le gallerie.*

[b] *Se nella serra fossero presenti colture e/o attrezzature costose, la vita lavorativa di progetto non dovrebbe essere inferiore a 10 anni.*

[c] *Una vita lavorativa di progetto di almeno 15 anni è utilizzata per strutture dedicate ad aree tecniche con basso livello di personale autorizzato (come locali per generatori elettrici, locali caldaie, aree di stoccaggio, celle frigorifere, aree di ferti-irrigazione, stoccaggio dell'acqua, aree di imballaggio, aree di preparazione piante, ecc.).*

Tabella 1 - Raccomandazioni per la classificazione delle serre (valori minimi) *(p.14, EN 13031-1:2019 (E))*

Tipo	Classe serre per la produzione		
	Durata della vita di progetto in anni [c]		
	15 anni	10 anni	5 anni
Tipo A	A15	-	-
Tipo B [a b]	B15	B10	B5

Indicazioni per la scelta del sito

La selezione del sito di costruzione della serra è molto importante, esso determina il tipo di serra che sì realizzerà, i materiali che si useranno per rivestirla, il tipo di produzione, la sua efficienza e sostenibilità.
Come selezionare il sito più adatto? Quali accorgimenti sono necessari per ottenere la miglior resa della serra? Di seguito sono elencati i sei criteri che permettono di selezionare un buon sito per la realizzazione di una serra.

Topografia

È importante per la selezione del sito conoscerne la topografia, essa infatti definisce la struttura della serra: se il terreno è pianeggiante allora la serra sarà una struttura a più campate come nei Paesi Bassi, se il terreno e inclinato allora sarà necessario realizzare dei terrazzamenti e avere delle serre mono campata con asse principale perpendicolare alla linea di massima pendenza come a San Remo. Con terreno pianeggiante si intende una pendenza compresa tra lo 0 e 0,5%; in caso la pendenza superi questa percentuale è necessario realizzare dei terrazzamenti per evitare il ruscellamento dell'acqua (nel caso in cui si coltivi a terra). Nel primo caso la meccanizzazione della serra è consigliata mentre nel secondo caso è rara. In entrambi i casi è comunque necessario prevedere l'evacuazione dell'acqua piovana.

Clima e microclima

Oltre a dover essere informato sul clima della regione in cui si intende realizzare una serra è necessario conoscere il microclima della zona in cui si realizza la struttura. Sono da preferire le aree ben illuminate e prive di ombre. È meglio evitare le zone in cui è frequente la nebbia, se non è possibile evitare quelle zone è consigliabile inserire all'interno della serra un impianto di deumidificazione e illuminazione artificiale. Siccome all'interno della serra per alcuni tipi di colture è necessario mantenere una temperatura costante è da prevedere una climatizzazione, nel caso in cui le temperature notturne siano basse o nel caso in cui le temperature diurne siano troppo elevate. Se la zona è molto ventilata è necessario realizzare le aperture in modo che i flussi d'aria non investono direttamente le colture. Se il vento è costante durante l'anno può essere utilizzato per realizzare un sistema di ventilazione naturale, facendo sempre attenzione a non investire direttamente le piante con i flussi d'aria. Nel caso in cui la serra si trovi in una zona in cui nevica è opportuno che essa sia posizionata sufficiente lontano dagli alberi, che potrebbero rompersi sotto il peso della neve, o da altri ostacoli che potrebbero, a causa del vento, creare degli accumuli di neve contro la serra.

Irrigazione e drenaggio

La presenza abbondante di acqua di buona qualità (non salmastra, non inquinata, non acidificata) è fondamentale per la coltivazione dei vegetali. L'acqua deve essere facilmente accessibile ma è meglio evitare le zone dove la falda acquifera è molto prossima o affiora in superficie. Inoltre se ci si trova in una regione molto piovosa è opportuno prevedere un adeguato sistema di drenaggio dell'acqua all'interno della serra e nello spazio esterno immediatamente circostante.

Disponibilità di spazio e orientamento

Un aspetto che a volte viene tralasciato è la disponibilità di spazio esterno alla serra. Esso deve essere sufficientemente ampio da poter ospitare per esempio: gli spazi di manovra e movimentazione, un bacino idrico per la raccolta dell'acqua piovana e/o per lo stoccaggio dell'acqua di irrigazione, varie strutture ausiliarie per il deposito di attrezzi, mezzi e concimi, un fabbricato sufficiente ampio per ospitare le funzioni di ufficio, stoccaggio e vendita. L'area in cui si trova la serra deve essere sufficientemente ampia in modo da poter orientare la serra in modo da garantire il maggior apporto luminoso all'interno. L'orientamento delle falde deve tener conto anche della provenienza del vento dominante.

Disponibilità di manodopera e infrastrutture

Aspetto da non sottovalutare è la disponibilità di manodopera nella zona in cui si intende realizzare una serra, se la disponibilità di operai del posto fosse inesistente bisogna considerare i costi inerenti al trasporto di manodopera in loco. Le infrastrutture viarie (strade e ferrovie) sono necessarie per consentire il rifornimento di materie prime per la serra e per il trasporto delle merci dalla zona di produzione alla zona di vendita. È fondamentale il collegamento alla rete elettrica e se è disponibile anche alla rete gas. Ultimo ma non meno importante è l'accesso alla rete di comunicazione (internet e telefono).

Inquinamento

Nelle aree urbane l'inquinamento, in particolare quello atmosferico, è un aspetto da non tralasciare. Esso oltre avere effetti negativi sulle colture può depositarsi sulle coperture delle serre danneggiandole e/o diminuendo la trasmissione luminosa dei materiali di rivestimento, diminuendo la produttività della serra. In generale tutti i tipi di inquinamento sono dannosi per le coltivazioni per questo motivo sono da evitare le zone dove l'acqua e il terreno sono inquinati.

Indicazioni per le scelte progettuali

Orientamento della linea di colmo

L'orientamento della linea di colmo può cambiare la quantità di luce che entra all'interno della serra. Come indicato nell'articolo[1] di *Dries Waaijenberg "Design, construction and maintenance of greenhouse structures"* l'orientamento della linea di colmo Est-Ovest rende la trasmissione della radiazione solare massima nei mesi invernali (tabella 3).
Aumentare la quantità di radiazione solare entrante nella serra nei mesi invernali permette di ridurre i consumi legati all'illuminazione artificiale e al riscaldamento. *Se si misura la radiazione solare su tutto l'anno, l'orientamento della linea di colmo Nord-Sud è leggermente favorevole (Elsner et al., 2000a).*[1]
Guardando la tabella 3 si può notare che l'orientamento della linea di colmo Nord-Sud ha una radiazione solare annua maggiore dell'orientamento Est-Ovest, dovuto principalmente all'elevato apporto ricevuto nei mesi estivi.

Per scegliere un orientamento piuttosto che l'altro è fondamentale considerare le condizioni climatiche e la morfologia della zona. Infatti per aree geografiche in cui gli inverni sono particolarmente freddi è importante garantire durante quel periodo il massimo apporto solare, anche se questo comporta una lieve diminuzione della trasmissione della radiazione solare nei mesi estivi.

1. In: Waaijenberg, D. (2006). Design, construction and maintenance of greenhouse structures. Acta Hortic. 710, pp.31-42, DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.710.1, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.710.1

Tabella 3. Influenza dell'orientamento della serra sulla somma di luce in Wh/m²/d.

	Orientamento della serra	
Numero settimana	Est-Ovest	Nord-Sud
2 (Gennaio)	379	293
4 (Gennaio)	426	322
6 (Febbraio)	578	530
10 (Marzo)	1243	1226
14 (Aprile)	1955	2104
20 (Giugno)	2720	2969
Totale annuo	588000	609000

Tabella 3.

In: Waaijenberg, D. (2006). Design, construction and maintenance of greenhouse structures. Acta Hortic. 710, pp.31-42, DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.710.1, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.710.1

Inclinazione delle falde

La scelta di un'adeguata pendenza delle falde porta al miglioramento della trasmissione luminosa e della ventilazione.
Nel sud-est della Spagna è stato eseguito un esperimento[1] su delle serre Parral multi-campata orientate con la linea di colmo Est-Ovest. La pendenza delle falde è stata aumentata da 11-15°a 30° e durante i mesi invernali è stato misurato un incremento della trasmissione luminosa fino al 10% superiore alle serre con falde inclinate a 11-15°. [1]

Baeza E.J. nella sua tesi di dottorato[2] ha eseguito uno studio CFD (*fluidodinamica computazionale*) di una serra di Parral a cinque campate in cui ha variato la pendenza delle falde del tetto dall'inclinazione standard di circa 12° fino a 31° circa. Con la sua tesi dimostra che la pendenza delle falde incide sulla ventilazione.
La tabella elaborata da Baeza E.J. mette in relazione il tasso di ventilazione con la velocità del vento per i quattro pendii del tetto testati. Si può osservare che quando la velocità del vento è bassa (2 m/s) non c'è quasi stato nessun aumento del tasso di ventilazione, ma con l'aumento della pendenza della serra e con velocità del vento più elevate l'effetto della pendenza sulla velocità di ventilazione della serra è diventato molto più evidente.

1. *Castilla, N. 2001. La radiación solar en invernadero en la costa Mediterránea española. In: Cajamar (ed.) Incorporación de Tecnología al Invernadero Mediterráneo. Almería: 35-47.*

2. *Baeza, E.J. 2007. Optimización del diseño de los sistemas de ventilación en invernadero tipo parral. Ph.D. Thesis, Universidad de Almería, Escuela Politécnica Superior.*

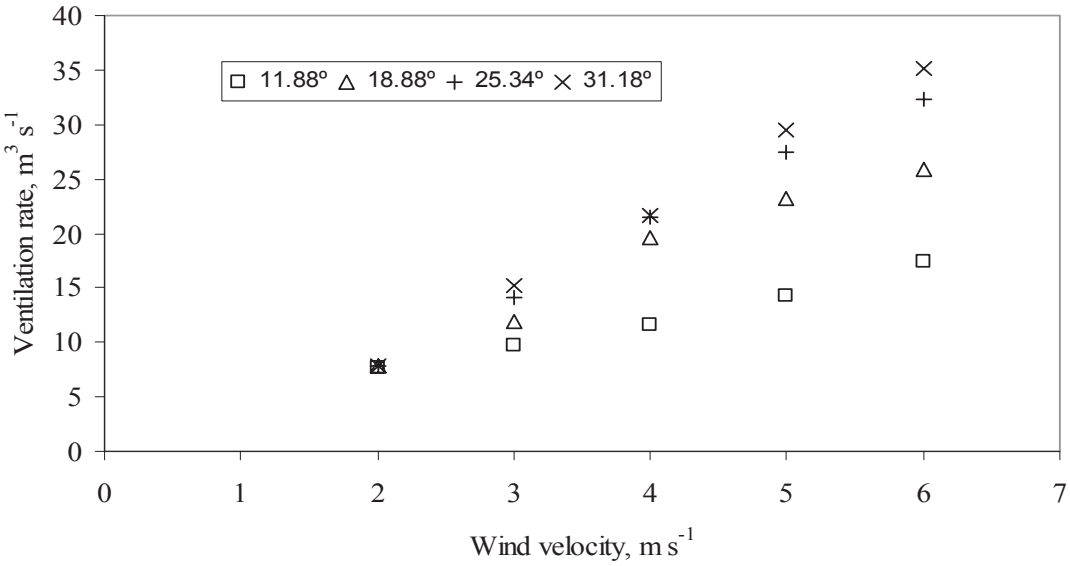


Tabella su rapporti di ventilazione vs. velocità del vento ottenuti mediante simulazioni CFD per quattro diversi modelli di una serra di tipo Parral a cinque campate con pendenze del tetto crescenti.
Teitel, M., Montero, J.I. and Baeza, E.J. (2012). Greenhouse design: concepts and trends. Acta Hortic. 952, 605-620, DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.952.77, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.77, consultato il 01-06-2020

Tabella da:
Teitel, M., Montero, J.I. and Baeza, E.J. (2012). Greenhouse design: concepts and trends. Acta Hortic. 952, 605-620, DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.952.77, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.77, consultato il 01-06-2020

Indicazioni per la scelta dei materiali

Scegliere il materiale di rivestimento della serra più adatto alle proprie esigenze è importante, per questo va selezionato tenendo conto delle proprietà del materiale, del clima locale e della propria disponibilità economica.
Le principali caratteristiche che un materiale di rivestimento di una serra deve avere sono:

- *Trasmissione della radiazione solare (UV e PAR)* [1]
- *Trasmissione della radiazione di calore (NIR e FIR)* [2]
- *Bassa trasmittanza termica*
- *Resistenza alla degradazione causata dai raggi UV*
- *Capacità di non appannarsi*
- *Resistenza meccanica a trazione e impatto*
- *Una bassa reazione al fuoco*
- *Un basso costo di investimento*
- *Grandi dimensioni disponibili*

Tra tutte queste caratteristiche la più importante per il materiale di rivestimento della serra è la trasmissione della radiazione solare. Infatti l'apporto di luce all'interno di una serra è fondamentale per poter far crescere le colture, ma si è scoperto che non tutte le lunghezze d'onda della radiazione solare sono indispensabili per la fotosintesi clorofilliana.
Nella tabella che segue sono state evidenziate in azzurro le lunghezze d'onda necessarie per la crescita delle piante. Per questo motivo è importante selezionare un materiale che permetta il passaggio di queste lunghezze d'onda.

1 e 2 definizione pagina successiva.

Tabella 1. Panoramica della distribuzione spettrale della radiazione ottica, suddivisa per lunghezza d'onda (in nm).

Descrizione	Sigla		Lunghezza d'onda (nm)	Note
Radiazione ultravioletta	*UV*	*UV-C*	*< 280*	*< 300 nm non raggiunge la superficie terrestre*
		UV-B	*280-315*	
		UV-A	**315-400**	
Radiazione fotosinteticamente attiva	*PAR*	**B (blu)**	**400-500**	
		G (verde)	**500-600**	
		R (rosso)	**600-700**	
Radiazione infrarossa vicina	*NIR*	*FR (rosso lontano)*	*700-800*	
		NIR	*800-3.000*	
Radiazione infrarossa lontana	*FIR*		*3.000-100.000*	

Tabella 1.

In: Waaijenberg, D. (2006). Design, construction and maintenance of greenhouse structures. Acta Hortic. 710, pp.31-42, DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.710.1, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.710.1

Design, Construction and Maintenance of Greenhouse Structures

Omissis

PAR. *Per la fotosintesi il livello di luce nella radiazione fotosinteticamente attiva (PAR, 400- 700 nm) è per lo più determinante seguendo la curva di sensibilità delle piante (la parte rossa è la più efficace; la parte verde è meno efficace). Per lo sviluppo delle colture i criteri spettrali come la relazione rosso / rosso lontano e la quantità di luce blu sono importanti, la luce blu contribuisce alla fotosintesi ma anche alla fotomorfogenesi.*

Nella tabella 1 è fornita una panoramica della distribuzione spettrale della radiazione ottica caratterizzata dalla lunghezza d'onda, che è data in nanometri (nm) (1.000 nanometri è 1 micrometro).

Per la radiazione PAR è importante distinguere la radiazione diffusa da quella diretta. Con radiazione diretta si intende la radiazione, che raggiunge la terra direttamente dal sole senza essere riflessa. Nei giorni nuvolosi la maggior parte della radiazione solare è diffusa da piccole goccioline d'acqua nell'atmosfera e poi raggiunge la terra come radiazione diffusa. Nell'Europa nordoccidentale la trasmissione della luce diffusa è decisiva per la crescita delle piante, perché durante il 75% della stagione invernale il tempo è nuvoloso. Nei paesi tropicali la trasmissione diretta della luce è più importante. Quando la radiazione è diretta ci sono grandi differenze dentro la serra tra le posizioni con e senza ombra (40% rispetto all'85%). La trasmissione della luce diffusa è in generale inferiore del 10% rispetto alla trasmissione della luce diretta (Bakker et al., 1995), ma raggiunge meglio le parti inferiori delle piante alte, il che è positivo per la crescita delle piante.

Nella tabella 2 è indicata per la banda di lunghezza d'onda di 400-700 nm (PAR) la trasmissione della luce diffusa e diretta di alcuni materiali di rivestimento per serra.

Omissis

UV. *Le radiazioni ultraviolette (UV) hanno un alto contenuto di energia e possono essere separate in UV-A (315-400 nm), UV-B (300-315 nm) e UV-C (<280 nm). UV-A e UV-B sono responsabili del degrado della plastica, per questo è necessario proteggere i film plastici delle serre contro la degradazione UV (invecchiamento) aggiungendo stabilizzanti UV ai polimeri.*
In combinazione con la luce blu la radiazione UV-A svolge un ruolo importante in alcune fasi della crescita come l'allungamento dello stelo e lo sviluppo delle foglie. I raggi UV-B possono influenzare la colorazione dei fiori sviluppando pigmenti come i flavonoidi (Hoffmann, 1999).

NIR. *Le radiazioni vicino infrarosso (NIR, lunghezza d'onda 700-3.000 nm) sono la parte dello spettro solare che è poco utilizzata dalle piante per la fotosintesi, per questo nella serra sono sostituite per lo più con il calore (sensibile*

e latente). Questo può essere un vantaggio in un paese in cui il clima è freddo, ma è uno svantaggio in una serra situata in un paese caldo con clima tropicale o subtropicale. In queste zone la radiazione NIR porta al riscaldamento eccessivo della serra, che è una cosa indesiderabile. Per limitare questo processo nei paesi tropicali, sono utilizzate speciali pellicole di plastica che bloccano il NIR, in questo modo hanno un effetto di raffreddamento (Hemming et al., 2006).

FIR. *Le radiazioni lontano infrarosso (FIR, lunghezza d'onda 3.000-100.000 nm) non sono causate da radiazione solare diretta, ma sono radiazioni emesse da ogni "corpo di calore" all'interno e all'esterno della serra. Questa radiazione è molto importante nelle serre poiché causa una parte dell'effetto serra. L'emissione di radiazioni da un corpo dipende dalla temperatura del corpo. Il vetro e altri materiali di rivestimento per serre trasmettono queste lunghezze d'onda in una certa misura. Per evitare forti perdite di calore radiativo durante le notti fredde e chiare i materiali di copertura dovrebbero riflettere le FIR e non trasmetterle. La sfida è quella di sviluppare un film o un foglio di plastica ottimale per le serre che abbia un equilibrio tra trasmittanza termica e trasmissione della luce e altri aspetti.*

Omissis

Waaijenberg, D. (2006). Design, construction and maintenance of greenhouse structures. Acta Hortic. 710, pp.31-42, DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.710.1, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.710.1

Tabella 2. Trasmissione della luce diretta e diffusa di alcuni materiali di rivestimento per serra (PAR, 400-700 nm).

Materiale	Spessore	Trasmissione per la luce diretta, perpendicolare	Trasmissione della luce diffusa
Vetro	*4 mm*	*89-91%*	*82%*
Pellicola PE	*200 µm*	*89-91%*	*81%*
Pellicola EVA	*180 µm*	*90-91%*	*82%*
Pellicola PVC	*200 µm*	*87-91%*	\
Pellicola ETFE	*100 µm*	*93-95%*	*88%*
Pellicola PVDF	*100 µm*	*93-94%*	*85%*
Lastra PC	*12 mm*	*80%*	*61%*
Lastra in PMMA	*16 mm*	*89%*	*76%*
Lastra PC Zigzag doppio	*25 mm*	*88%*	*79%*

Tabella 2.

In: Waaijenberg, D. (2006). Design, construction and maintenance of greenhouse structures. Acta Hortic. 710, pp.31-42, DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.710.1, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.710.1

Vetro

Il materiale più utilizzato per realizzare le coperture delle serre nel nord Europa è il vetro. La sua diffusione nei paesi più freddi è data dall'elevata trasmissione della luce, dalla lunga durata, dal buon comportamento con la condensa superficiale e dal blocco delle radiazioni a onde lunghe (calore) in uscita.
Il vetro ha comunque degli svantaggi, che sono: la perdita di luce trasmessa e la fragilità. La perdita di trasmissione luminosa avviene per riflessione e può essere risolta cambiando le proprietà chimiche del vetro in fase di produzione o aggiungendo un rivestimento antiriflesso. Il vetro è fragile in caso di grandine o urti questo, rompendosi, diventa pericoloso per i lavoratori. Per questo motivo per migliorare la sicurezza di chi lavora all'interno di una serra è stato introdotto, al posto del vetro float normale, il vetro float temperato. La resistenza di questo vetro è circa cinque volte superiore al vetro normale e quando si rompe cade in piccoli pezzi, al contrario del normale che crea pezzi aguzzi e taglienti.
Oggi è possibile produrre un vetro con caratteristiche ben precise, è possibile realizzare un vetro con elevata trasmissione luminosa oppure tramite l'applicazione di un rivestimento interno è possibile ridurre le emissioni di calore verso l'esterno.

Fogli plastici

Per le coperture delle serre sono usati i seguenti materiali plastici rigidi:

- Polivinilcloruro (PVC),
- Poliestere rinforzato con vetro (VTR),
- Polimetilmetacrilato (PMMA)
- Policarbonato (PC), fogli di plastica estrusa (doppia parete)

Le doppie lastre di materiale plastico hanno alcuni svantaggi, i più comuni sono: la diminuzione della trasmissione luminosa, il costo a m2, la scarsa resistenza agli urti nel caso del PMMA e l'elevata reazione al fuoco e al fumo.
La trasmissione della luce dei comuni fogli doppi PMMA è migliore del PC (vedi Tabella 2), ma il PC ha altri vantaggi rispetto al PMMA: il PC ha una maggiore resistenza agli urti (resistenza alla grandine) ed è meno pericoloso in caso di incendio. Il vantaggio di tutte le doppie lastre è naturalmente il risparmio energetico rispetto a tutte le lastra applicate singolarmente.
Alcuni materiali sono presenti sul mercato come fogli ondulati singoli. Al momento il PVC è utilizzato solo come fogli ondulati singoli per rivestimenti delle serre. Il poliestere rinforzato con vetro deve avere un rivestimento in polivinilfluoruro per proteggere il poliestere dalle alterazioni. Le fibre di vetro contenute in queste lastre a causa della rugosità portano ad una perdita della trasmissione luminosa e ad un rapido degrado delle lastre.

Pellicole plastiche

Le pellicole plastiche più applicate per scopi orticoli sono:

- Polietilene a bassa densità (LDPE),
- Polietilene (PE) stabillizzato per UV
- Polietilene infrarosso (PE-IR)
- Etilene vinil acetato (EVA).
- Etilene tetrafluoroetilene (ETFE)
- Plivinilidenfluoruro (PVDF)

Il prezzo delle pellicole di polietilene è relativamente basso (PE circa € 0,80 fino a € 1,20 al m2). La trasmissione per la luce diretta perpendicolare alla superficie per questi film è paragonabile al vetro singolo*.
L'etilene tetrafluoroetilene (ETFE) e il polivinilidenfluoruro (PVDF) hanno trasmittanze luminose più elevate per luce diretta perpendicolare, hanno una durata superiore ai dieci anni e hanno un buon comportamento termico dovuto alla bassa trasmittanza per radiazione di calore a onde lunghe. Queste caratteristiche comportano un prezzo elevato.

**Vedi Tabella 2.*

Materiale a cambiamento di fase (PCM)

Thermatile ™ di e-4e Srl è un pannello rigido con celle appositamente progettate contenenti il materiale a cambiamento di fase [PCM]. Il design termoformato presenta una soluzione a tripla tenuta per garantire longevità e affidabilità.
Il pannello può essere usato per la posa a parete, tetto o soffitto, all'interno dei controsoffitti o in alternativa ai pannelli esistenti, stratificato nelle pareti a secco o attrezzate.
Il materiale a cambiamento di fase è costruito intorno a una proprietà fondamentale della natura: la naturale tendenza dei materiali ad assorbire il calore quando si sciolgono (cambiamento di fase da solido a liquido / gel) e a rilasciare calore quando si solidificano (cambiamento di fase da liquido / gel solido). Questi materiali a cambiamento di fase vengono inglobati nei pannelli, e vanno a gestire naturalmente l'energia termica latente, condizionando la serra durante il giorno e rilasciando calore durante la notte.
Il pannello Thermatile ™ misura 60 x 60 CMT ed è realizzato in materiale termoplastico per la massima durata e resistenza all' acqua, umidità e fiamma. Ogni pannello contiene un vassoio polimerico formato con celle contenenti il PCM ad alte prestazioni, termosaldato tra un secondo foglio piatto di materiale polimerico termoplastico.[1]

Il PCM appare utilizzato da tempo negli USA e attualmente si è potuto verificare la presenza di alcuni progetti in Italia, proprio nel campo delle serre.
Sfruttando la capacità di accumulo e rilascio in un momento successivo del calore, i PCM possono essere utilizzati per migliorare le prestazioni estive degli edifici dotati di scarsa inerzia termica, i PCM possono favorire il comportamento invernale degli edifici, in modo diretto, quando la radiazione solare attraverso le superfici vetrate innalza la temperatura interna, quando la temperatura superficiale esterna di una parete può raggiungere valori prossimi a quelli della zona di comfort. In questo caso si ha l'accumulo di calore durante il giorno e il suo rilascio nella notte, proprio quando le temperature esterne più basse imporrebbero un carico termico per il riscaldamento maggiore.
I PCM hanno quindi la funzione di limitare l'effetto dei picchi di temperatura esterna e traslarli temporalmente, con l'effetto di smorzare le fluttuazioni di temperatura interna, riducendone l'ampiezza dell'oscillazione nell'arco della giornata.

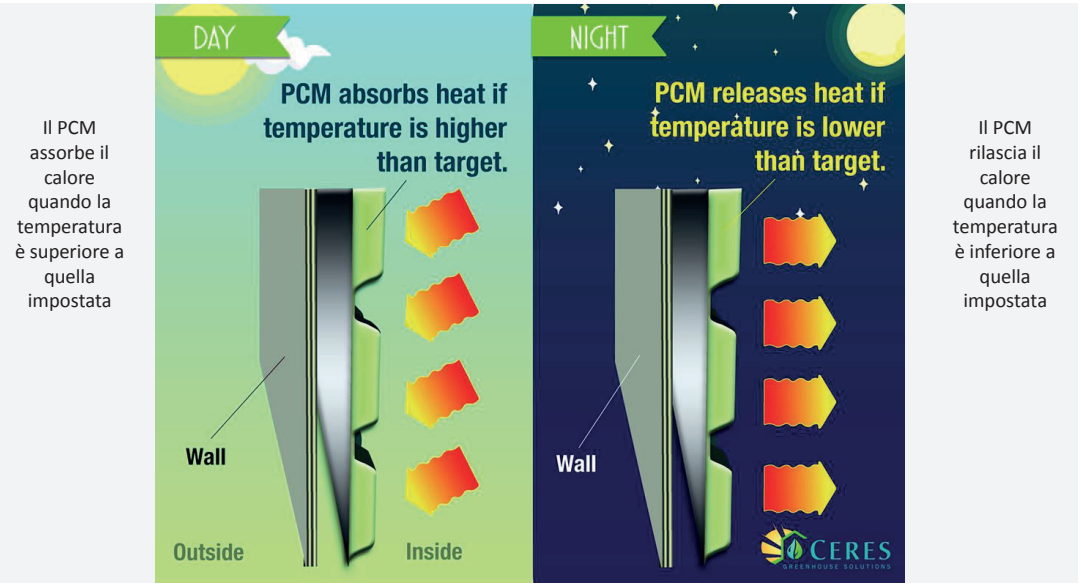


Immagine da: "Phase Change Material Applicazioni in serra e per AgroIndustria", presentazione a cura di e-4e S.r.l.

1. Testo estratto dalla scheda tecnica allegata Pan - 02 - Pannello PCM

Influenza del microclima sulla crescita delle piante[1]

Grazie al controllo del microclima interno alla serra, ai ricercatori è stato possibile studiare gli effetti dei vari fattori ambientali, singolarmente e in combinazione tra loro, sulla crescita e lo sviluppo delle piante. Sono così state determinate le condizioni minime, ottimali e massime richieste per la germinazione dei semi, la crescita vegetativa e lo sviluppo di fiori e frutti.
Questo capitolo descrive brevemente i fattori fisici che svolgono un ruolo importante nella crescita e nello sviluppo delle piante. Essi sono stati suddivisi in fattori che influiscono sulla parte aerea delle piante e fattori che influenzano le radici.
I fattori che condizionano la parte aerea delle piante sono: la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, la luce, la composizione dell'aria e il movimento dell'aria.
I fattori che influenzano le radici sono: i supporti per le radici, la temperatura dei supporti per le radici, l'acqua e l'apporto di nutrienti.

La temperatura dell'aria

La temperatura delle piante, che solitamente si traduce nella temperatura delle foglie, è il risultato del bilancio energetico delle foglie. La temperatura delle foglie è una conseguenza della temperatura dell'aria, dell'energia radiante, della radiazione termica e dello scambio convettivo di calore sensibile e latente. La temperatura delle foglie, quindi, non può essere separata da altri fattori dell'ambiente come la luce, il movimento dell'aria, la temperatura dell'aria e l'umidità relativa.
Tutte le piante hanno una temperatura minima, ottimale e massima per crescere. (vedi tabella)
La temperatura ambiente ottimale è stata definita come la più alta temperatura alla quale un processo può essere mantenuto in modo permanente.
Diversi processi fisiologici hanno diversa temperatura ottimale per la crescita delle piante, alte temperature notturne, ad esempio, possono stimolare la crescita dei germogli, cosi come ogni fase di crescita delle piante può avere una diversa temperatura ottimale.
Ciò significa che alcune specie possono avere due temperature ottimali, una di giorno e l'altra di notte, per ogni fase di sviluppo delle piante. In pratica molte colture in serra sono coltivate con temperature standard durante la notte, ma non durante il giorno. È quindi evidente leggendo i testi scientifici come la temperatura debba essere progettata puntualmente in base alla tipologia di pianta coltivate, nonché del periodo di crescita delle piante stesse.

L'umidità relativa

L'umidità relativa esprime in percentuale il rapporto tra la quantità di vapore acqueo contenuta in una massa d'aria e la quantità massima che la stessa può contenere nelle medesime condizioni di temperatura e pressione.[2]
Il vapore acqueo si sposta da una posizione all'altra a causa della differenza di pressione del vapore, perciò l'umidità

Tipo	T_{min}	T_{opt}	T_{max}
Piante tropicali	da 5 a 7	da 35 a 45	da 50 a 60
Piante per coltivazione agricola	da -2 a 0	da 20 a 30	da 40 a 50
Piante da sole	da -2 a 0	da 20 a 30	da 40 a 50
Piante da ombra	da -2 a 0	da 10 a 20	40
Piante primaverili e alpine	da -7 a -2	da 10 a 20	da 30 a 40
Sempreverde tropicale	da 0 a 5	da 25 a 30	da 45 a 50

1. Robert A. Aldrich, Robert J. Downs, Donald T. Krizek, Lowell E. Campbell, "The effect of environment on plant growth",in Mylo A. Hellickson, John N. Walker, "Ventilation for agricultural structures", ASAE, pubblicato in data 1983, pp.217-241, https://books.google.it/books/about/Ventilation_of_Agricultural_Structures.html?id=ML9NP-RaRX4C&redir_esc=y

2. Definizione da: Centro meteo italiano, https://www.centrometeoitaliano.it/notizie-meteo/umidita-assoluta-e-relativa/, consultato il 29-11-2020

Tabella da: Robert A. Aldrich, Robert J. Downs, Donald T. Krizek, Lowell E. Campbell, "The effect of environment on plant growth",in Mylo A. Hellickson, John N. Walker, "Ventilation for agricultural structures", ASAE, pubblicato in data 1983, pp.217-241, https://books.google.it/books/about/Ventilation_of_Agricultural_Structures.html?id=ML9NP-RaRX4C&redir_esc=y

relativa influenza la traspirazione influenzando la differenza di pressione del vapore tra foglia e aria. Il tasso di traspirazione dipende da:

- grado di apertura stomatica;
- mancanza di pressione del vapore tra le foglie e l'aria della pianta;
- movimento dell'aria.

Valori di umidità relativa molto bassi possono aumentare le perdite per evaporazione superando la capacità della pianta di sostituire l'acqua persa, con conseguente avvizzimento. La crescita normale delle piante si verifica generalmente con umidità relativa tra il 50 e l'80%.
L'umidità relativa, o più correttamente la pressione del vapore acqueo, influenza il trasferimento di calore latente dalla foglia mediante traspirazione. Generalmente minore è il tasso di umidità relativa, maggiore è il tasso di traspirazione. Una umidità relativa tra il 40 e l'80% avrà un basso effetto sulla temperatura delle foglie quando l'aria ambiente è di 20°C, mentre incide notevolmente a 40°C.
Quindi, allo stesso modo della temperatura, l'umidità relativa ottimale all'interno di una serra è funzione della temperatura la quale a sua volta deve essere definita dal tipo di colture che si vogliono realizzare.

La luce

La radiazione solare varia continuamente e fornisce sia la luce che la radiazione non visibile, sia nelle serre che all'aperto, mentre le diverse fonti di luce artificiale possono essere utilizzate per regolare l'ambiente e il processo di fotosintesi nelle serre.
Le piante sono sensibili sia alla quantità che alla durata della luce. La funzione principale della luce è la fotosintesi, che può essere considerata un processo di trasformazione di energia, in cui l'energia radiante converte l'anidride carbonica e l'acqua in carboidrati mediante processi fotochimici e biochimici.
La luce regola lo sviluppo. Le risposte delle piante alla luce controllata artificialmente possono richiedere esposizioni più brevi a specifiche lunghezza d'onda.
In ambienti indoor, in cui non c'è la luce del giorno disponibile, è spesso necessario aggiungere lampade ad incandescenza ad alta intensità per soddisfare le esigenze della crescita.
La scelta quindi relativa alla progettazione della luce all'interno della serra è anch'essa legata alla scelta delle piante da coltivare, nonché al loro periodo vegetativo.

La composizione dell'aria

L'aria in ambiente naturale è composta da una grande varietà di gas diversi.
Il processo di fotosintesi è influenzato dal livello di anidride carbonica nell'aria. In ambienti chiusi con livelli di anidride carbonica ridotti al di sotto dei livelli normali si osserva una riduzione della crescita. Al contrario, a livelli più elevati di biossido di carbonio vi è un aumento della fotosintesi.
La concentrazione di $C0_2$ per la massima crescita dipende dallo stadio di crescita, dall'area fogliare, dall'intensità luminosa, dalla temperatura, dalla velocità dell'aria oltre che dall'apertura stomatica.
Il rapporto tra la luce e la concentrazione di C02 è generalmente considerato uno dei fattori determinanti ed è ben noto da molti anni.

Il movimento dell'aria

La velocità dell'aria è un parametro che include sia l'intensità che la direzione.
Il movimento dell'aria influenza molti fattori che possono favorire la crescita della pianta, come la traspirazione, l'evaporazione e la disponibilità di anidride carbonica per fotosintesi. Anche la temperatura delle foglie è influenzata direttamente dalla velocità dell'aria.

Riferimenti progettuali

La nuova serra dei giardini di castel Trauttmansdorff

Luogo: *Merano, Bolzano, Italia*
Anno costruzione: *2011-2014*
Committente: *Provincia Autonoma di Bolzano*
Progettista: *Ivo Khuen Belasi*

Foto da: https://www.promozioneacciaio.it/cms/it6590-serra-giardini-di-castel-trauttmansdorff.asp#prettyPhoto

Nella fase di pianificazione, la committenza ha sin dall'inizio richiesto un progetto che fosse allo stesso tempo funzionale ed iconografico: la serra doveva inserirsi in un contesto armonico già consolidato e caratterizzato da boschi e specchi d'acqua e divenire un elemento di immediata riconoscibilità dal grande impatto scenico.
Il disegno architettonico ha coniugato le preesistenze con un volume frastagliato, che riprende le forme del Gruppo di Tessa, catena montuosa a ridosso di Merano.

https://www.promozioneacciaio.it/cms/it6590-serra-giardini-di-castel-trauttmansdorff.asp#prettyPhoto

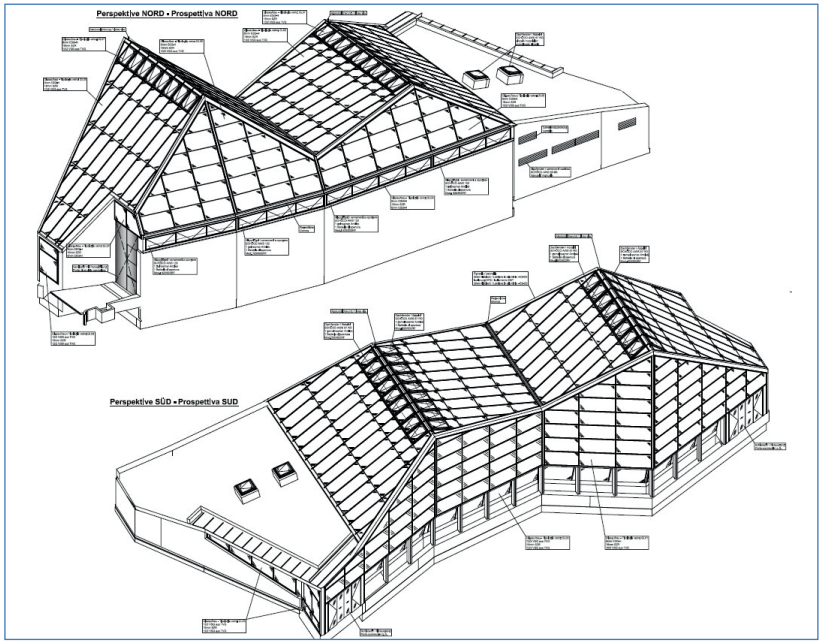
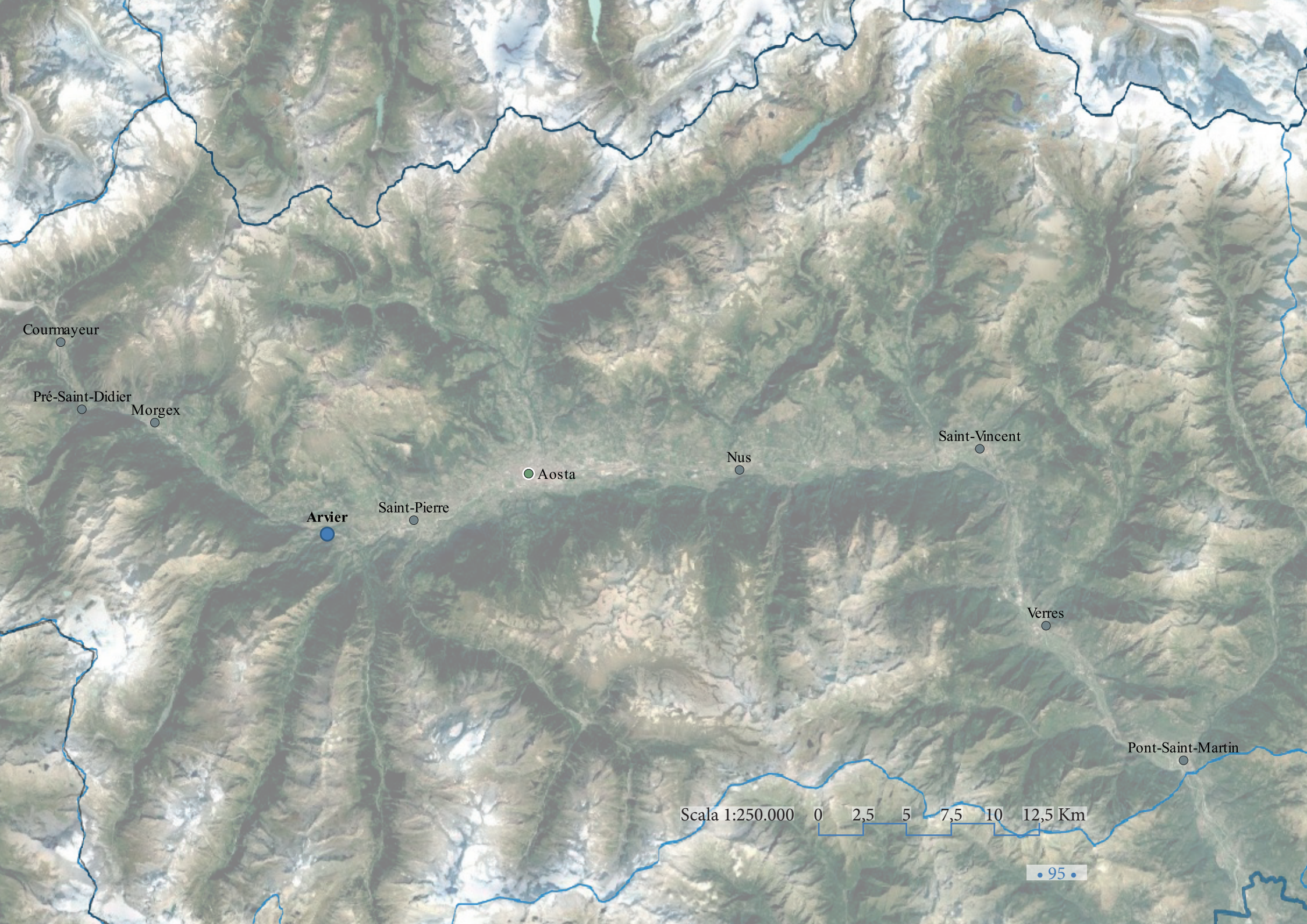


Foto da: https://www.promozioneacciaio.it/cms/it6590-serra-giardini-di-castel-trauttmansdorff.asp#prettyPhoto

Progetto di una serra in alta Valle d'Aosta


Courmayeur
Pré-Saint-Didier
Morgex
Arvier
Saint-Pierre
Aosta
Nus
Saint-Vincent
Verres
Pont-Saint-Martin
Scala 1:250.000 0 2,5 5 7,5 10 12,5 Km

Area di progetto

La proposta progettuale sviluppata in questa tesi parte quindi dai presupposti illustrati nella premessa, dalle analisi sugli edifici produttivi in agricoltura realizzati nel corso dei secoli ed infine da un inquadramento tecnico nella progettazione delle serre ed intende proporre una ipotesi di struttura modulabile dall'uso famigliare a quello collettivo fino ad arrivare a generare una attività economica connessa.
L'area di studio scelta si trova in Valle d'Aosta, nel Comune di Arvier a 750 m.s.l.m.

La scelta del sito ha voluto considerare la possibilità di inserire una o più serre modulari per la produzione di una o più famiglie valorizzando la presenza di una Cantina cooperativa *(foto 1)* che produce il primo vino DOC (1975) della Regione Valle d'Aosta: *Vin de l'Enfer.*

La produzione del vino, prima realizzata dai singoli produttori in altrettante cantine private, ha origine antiche.

Per garantire a tutte le famiglie l'approvvigionamento, gli appezzamenti ricavati da un'opera notevole di terrazzamenti realizzati sul versante esposto a sud *(foto 2)*, erano suddivisi in piccole particelle derivate dalla consuetudine di assegnare in eredità a ciascun figlio porzioni di aree con diverse capacità produttive. Il frazionamento rendeva la coltivazione antieconomica ed onerosa in termini di manodopera.

La formazione di una cooperativa di produzione, nei primi anni 90, ha portato alla costruzione di una cantina sociale dove i diversi produttori conferiscono

Foto 1 da: https://www.hellotaste.it/vino/cantine/p/cooperative-co-enfer

Foto 2 da: Christophe Bovet

oggi l'uva che viene trasformata dalla cooperativa.

Da questo percorso storico si può forse trarre una prima idea di associazionismo che potrebbe essere sfruttata anche per altre produzioni.
La coltivazione dell'orto privato nelle aree rurali e anche nel comune di Arvier è oggi spesso un hobby, anche se per molte famiglie costituisce ancora un'integrazione al reddito, oltre che un sistema di produzione di ortaggi per il consumo personale in modo "naturale" senza l'utilizzo di *prodotti chimici*.
Questa produzione è molto limitata e copre solo una piccola parte del consumo personale di verdura/frutta annuo.
Se si torna indietro di qualche decennio invece la coltivazione degli orti era una pratica molto più diffusa.
Oggi, si vedono ancora negli orti piccole serre per poter conservare alcuni ortaggi anche nel periodo invernale più che per produrre. *(Foto 1 e 2)*
Queste serre sono spesso affiancate da piccole costruzioni per riporre gli attrezzi o da legnaie.

Il PRGC ha preso atto di queste "esigenze" della popolazione cercando di regolamentare la loro realizzazione.
Partendo da qui per sperimentare un modello modulare di serra questa tesi si orienta necessariamente verso lo studio di un modello che possa essere riproposto anche in altre aree montane della Regione o dell'arco alpino sviluppando l'idea di base.
Da questo studio si potrebbe passare alla realizzazione di un prototipo per verificare e standardizzare la produzione.

1

2

Foto 1 e 2 da: Christophe Bovet

Scelta del sito

Per selezionare il sito di costruzione della serra sono stati seguiti i sei criteri spiegati prima.

Topografia

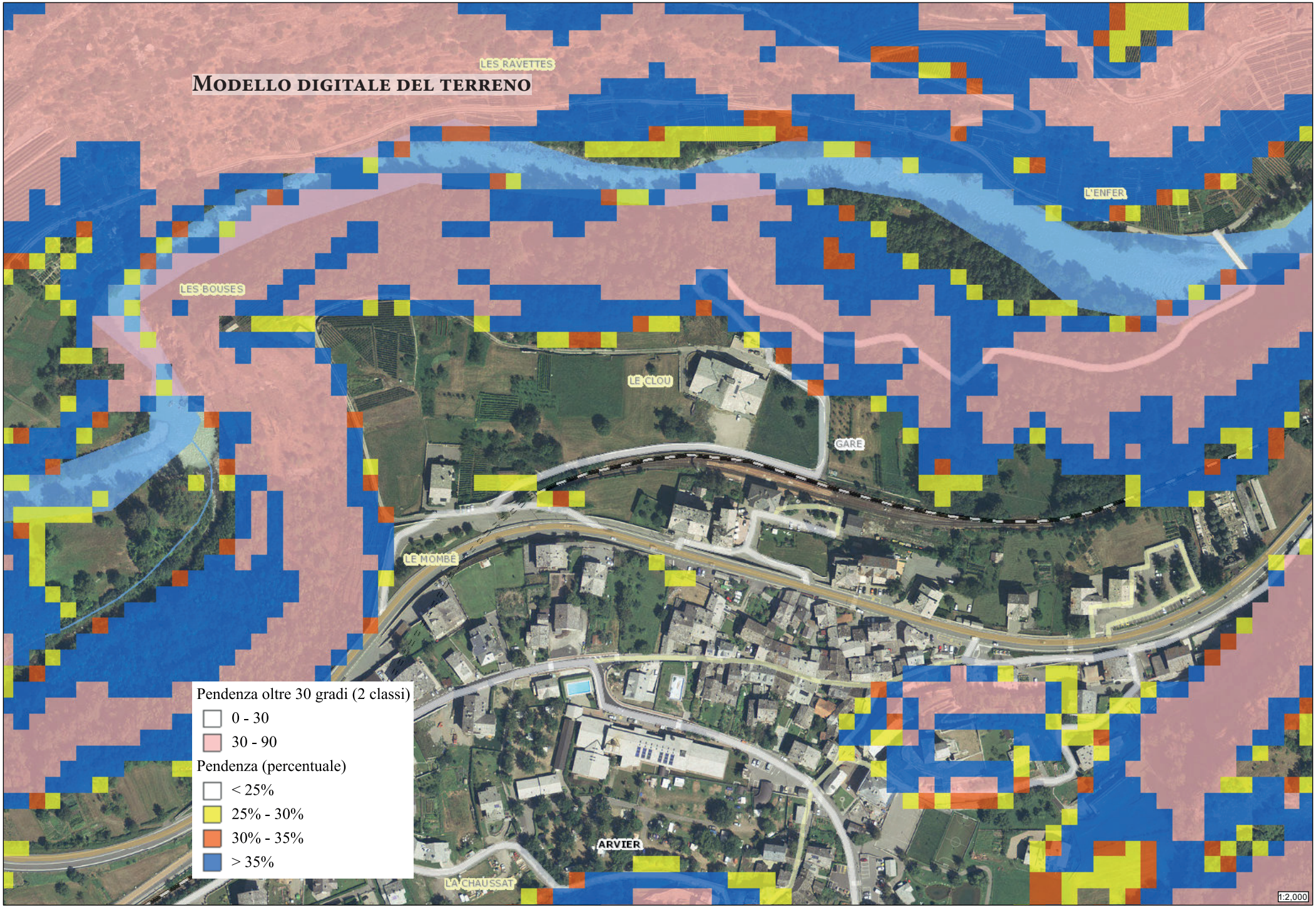
L'area di progetto (Le Clou) risulta localizzata in un ambito privo di vincoli specifici sia di natura paesaggistico che naturali. Come si potrà osservare nelle carte che seguono, l'area risulta pianeggiante (*carta pag. 98*) e posta in posizione favorevole, tenendo conto della conformazione della valle ed dei valori locali, rispetto alla radiazione solare che caratterizza la zona. L'area risulta servita da viabilità ed infrastrutture: acquedotto e fognatura (*carta pag. 105*) oltre che dalla presenza di un impianto di irrigazione a pioggia nel periodo estivo. L'area di progetto si presenta come un vasto terreno pianeggiante, privo di vegetazione arborea.

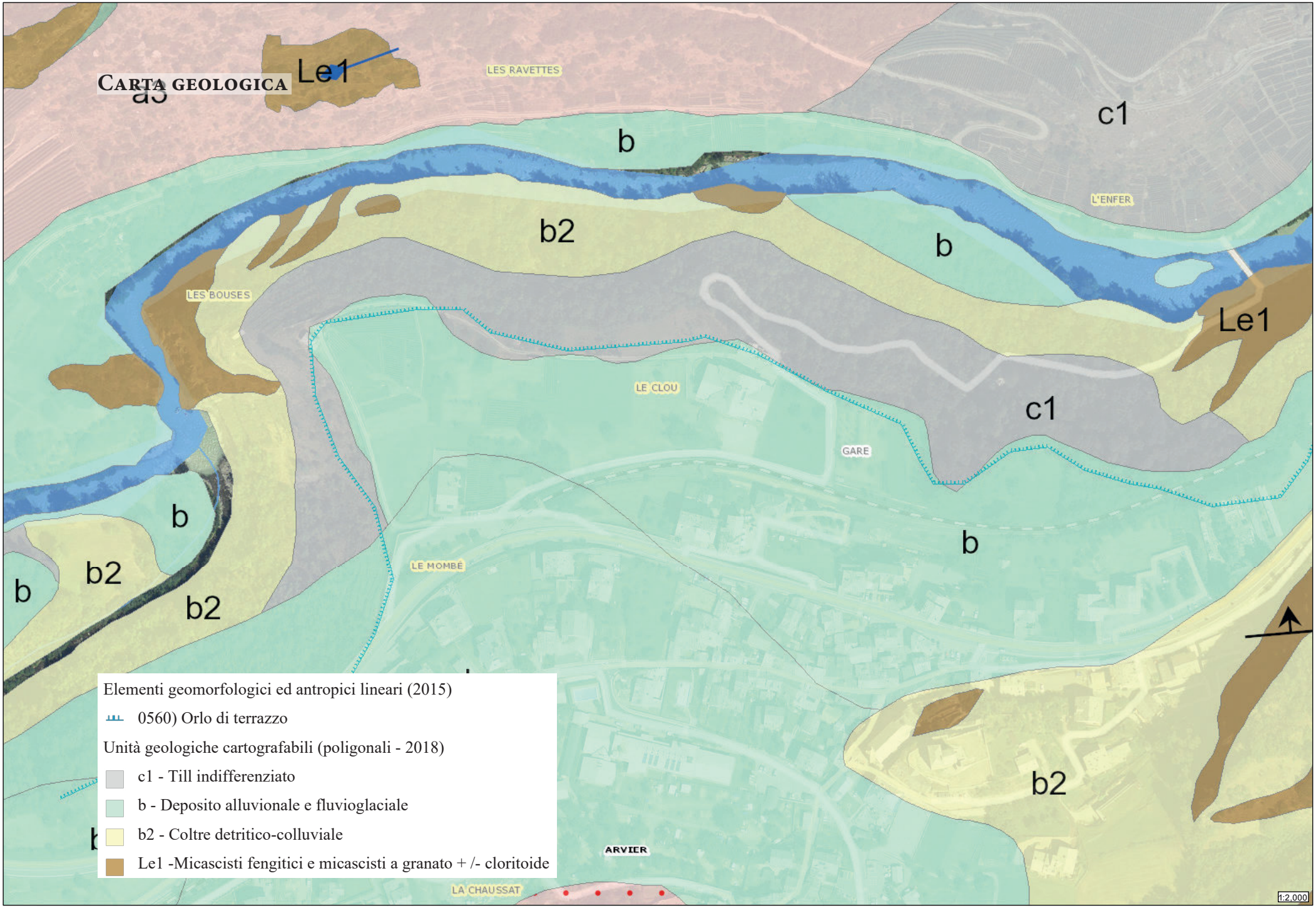
Foto 1 e 2 da: Christophe Bovet

1

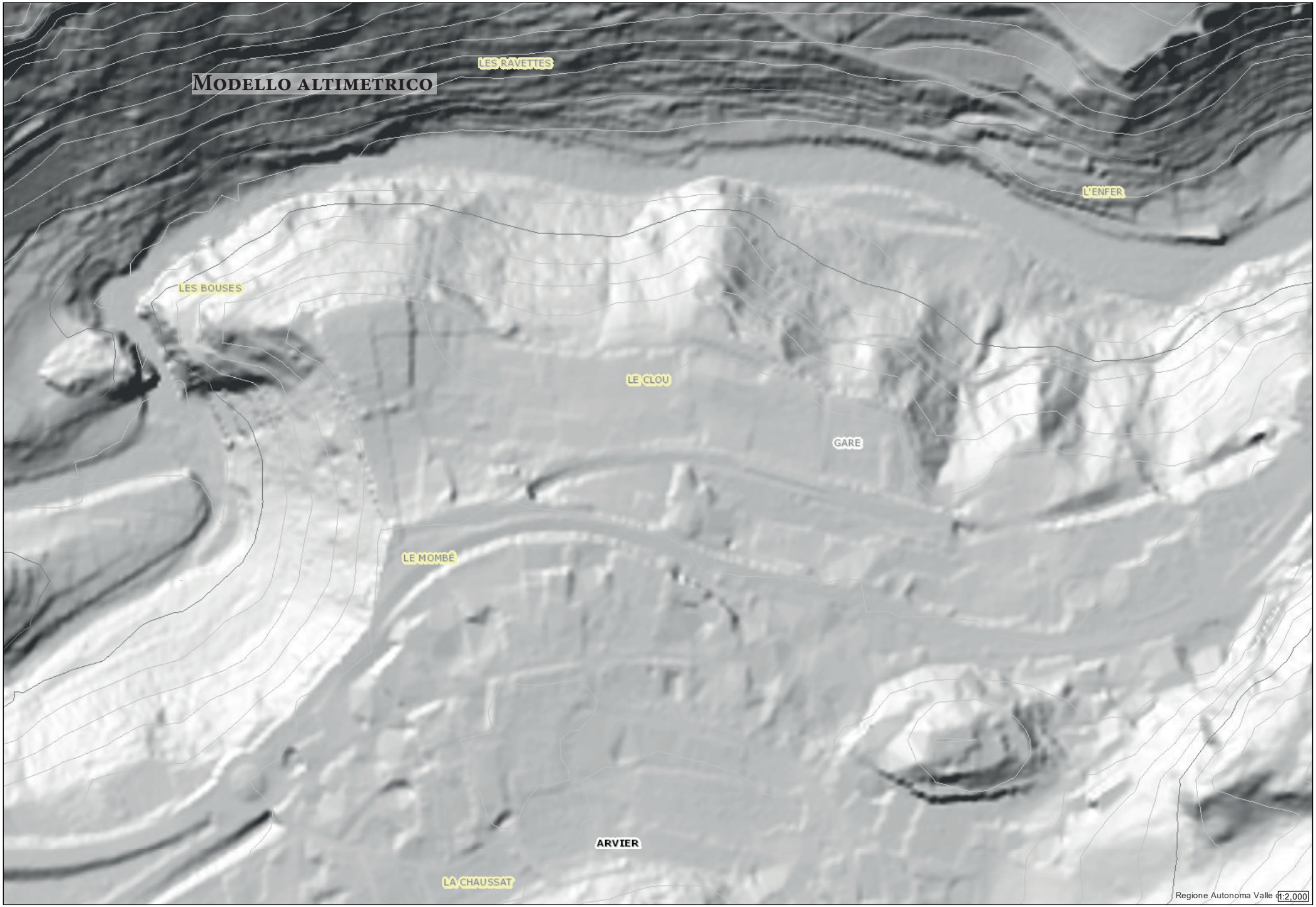
2

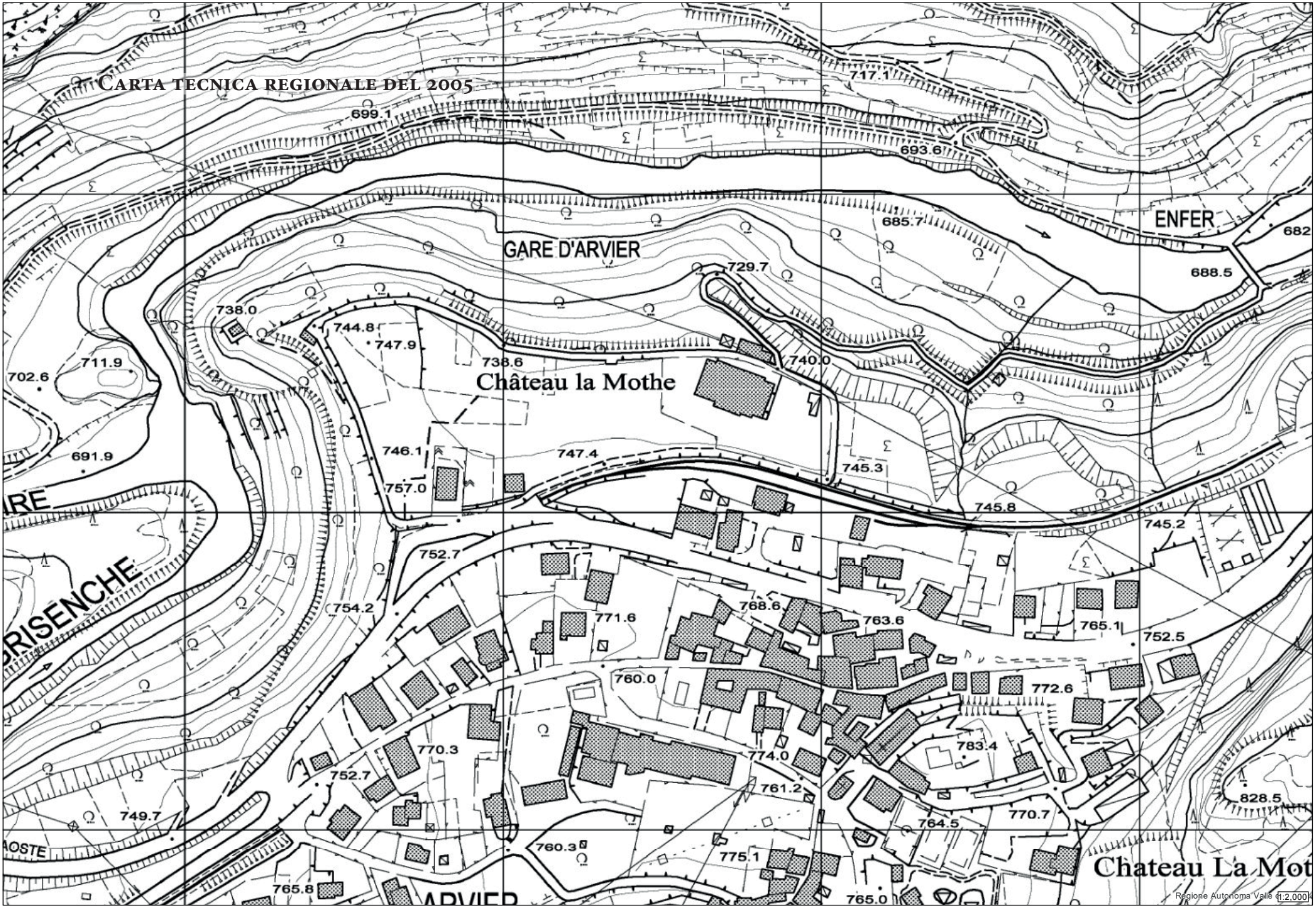
FOTO AEREA DEL 2012
LES RAVETTES
L'ENFER
LES BOUSES
LE CLOU
GARE
LE MOMBÉ
ARVIER
LA CHAUSSAT
1:2,000

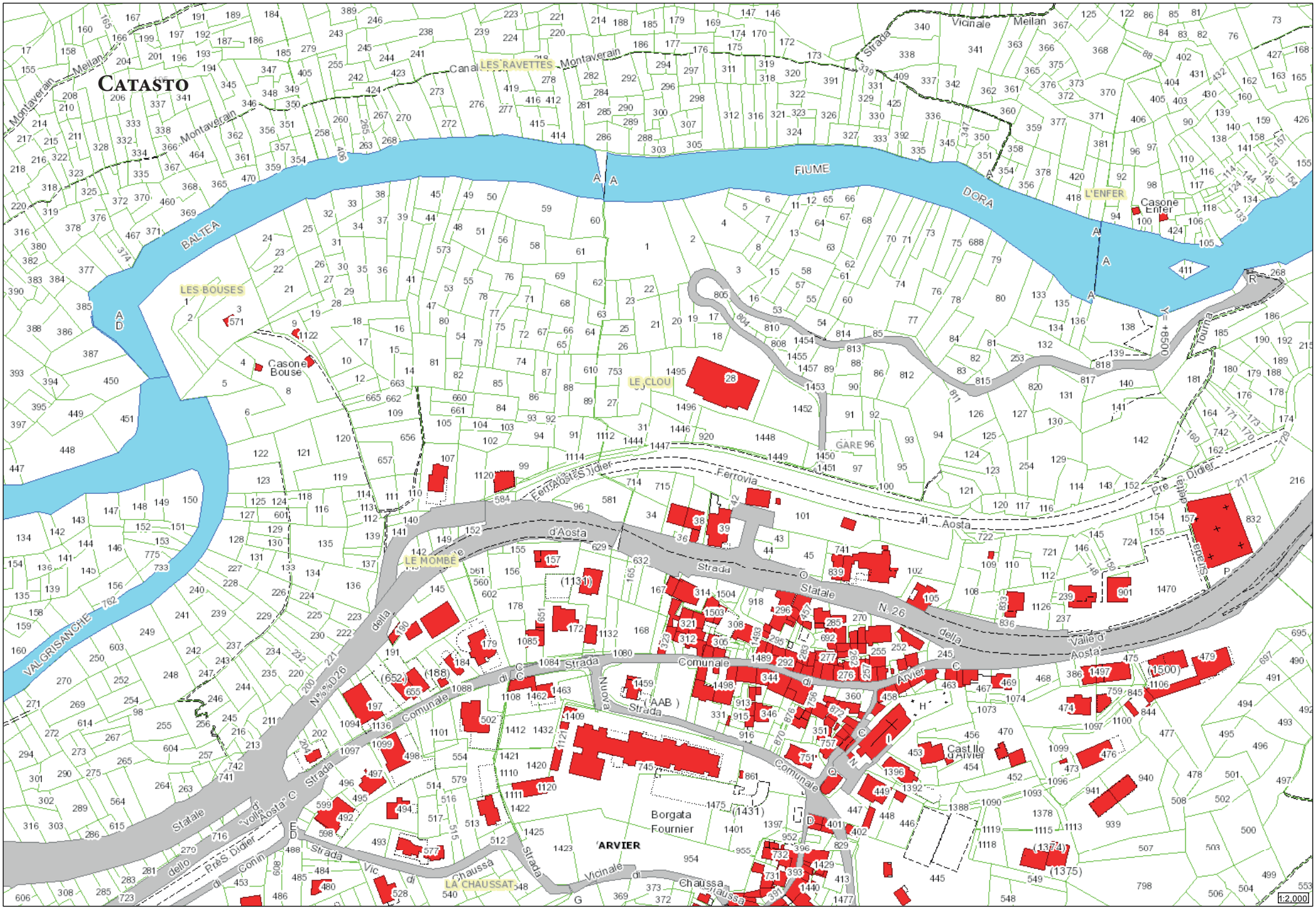

MODELLO DIGITALE DEL TERRENO
LES RAVETTES
L'ENFER
LES BOUSES
LE CLOU
GARE
LE MOMBE
ARVIER
LA CHAUSSAT
Pendenza oltre 30 gradi (2 classi)
0 - 30
30 - 90
Pendenza (percentuale)
< 25%
25% - 30%
30% - 35%
> 35%
1:2,000


CARTA GEOLOGICA
Le1
LES RAVETTES
b
c1
L'ENFER
b2
b
LES BOUSES
Le1
LE CLOU
c1
GARE
b
b
b2
b2
LE MOMBÉ
b2
ARVIER
LA CHAUSSAT
1:2,000
Elementi geomorfologici ed antropici lineari (2015)
0560) Orlo di terrazzo
Unità geologiche cartografabili (poligonali - 2018)
c1 - Till indifferenziato
b - Deposito alluvionale e fluvioglaciale
b2 - Coltre detritico-colluviale
Le1 -Micascisti fengitici e micascisti a granato + /- cloritoide

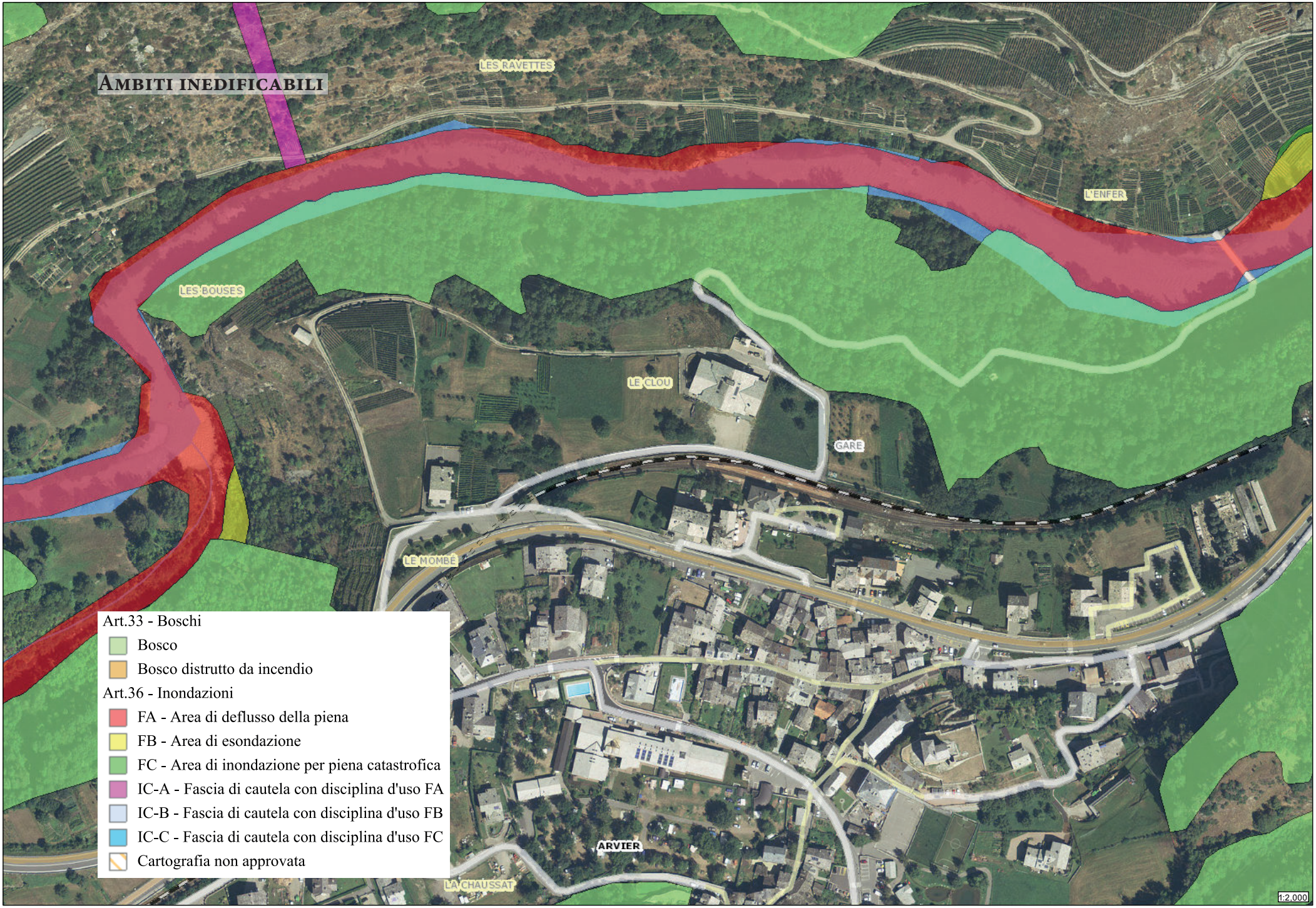
Modello altimetrico




Carta tecnica regionale del 2005
GARE D'ARVIER
ENFER
Château la Mothe
Chateau La Mot
699.1
717.1
693.6
685.7
682
688.5
729.7
738.0
744.8
747.9
738.6
740.0
702.6
711.9
691.9
746.1
747.4
745.3
757.0
745.8
745.2
752.7
754.2
768.6
771.6
763.6
765.1
752.5
760.0
772.6
770.3
774.0
783.4
752.7
761.2
828.5
749.7
764.5
770.7
760.3
775.1
765.8
765.0
Regione Autonoma Valle d'Aosta 1:2.000


CATASTO
LES RAVETTES
FIUME
DORA
BALTEA
LES BOUSES
Casone Bouse
LE CLOU
GARE
L'ENFER
Casone Enfer
LE MOMBE
VALGRISANCHE
Borgata Fournier
ARVIER
LA CHAUSSAT
Cast.llo d'Arvier
Ferrovia
Aosta
Strada Statale N. 26
Comunale
Vicinale
Chaussa
1:2,000

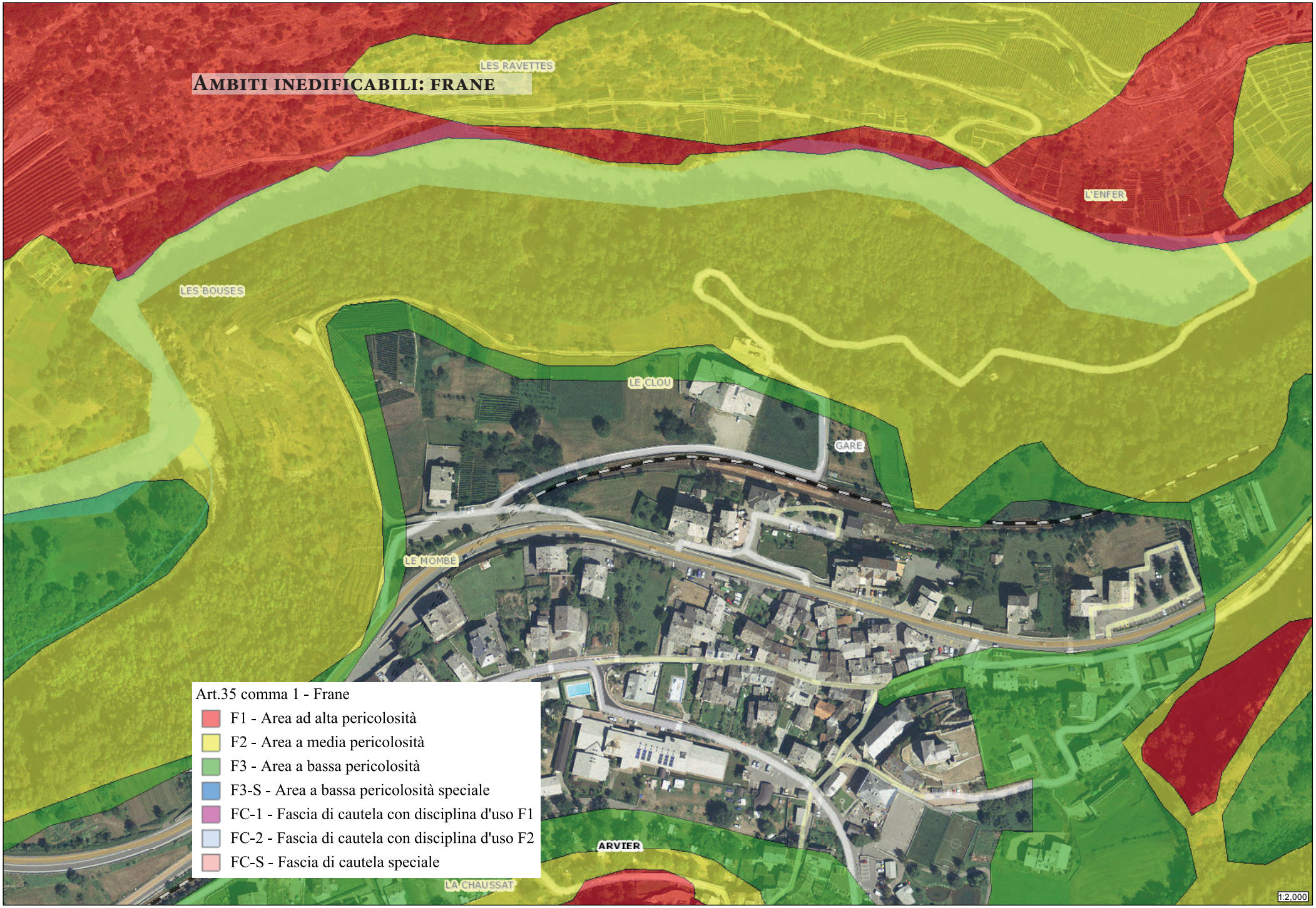
Ambiti inedificabili

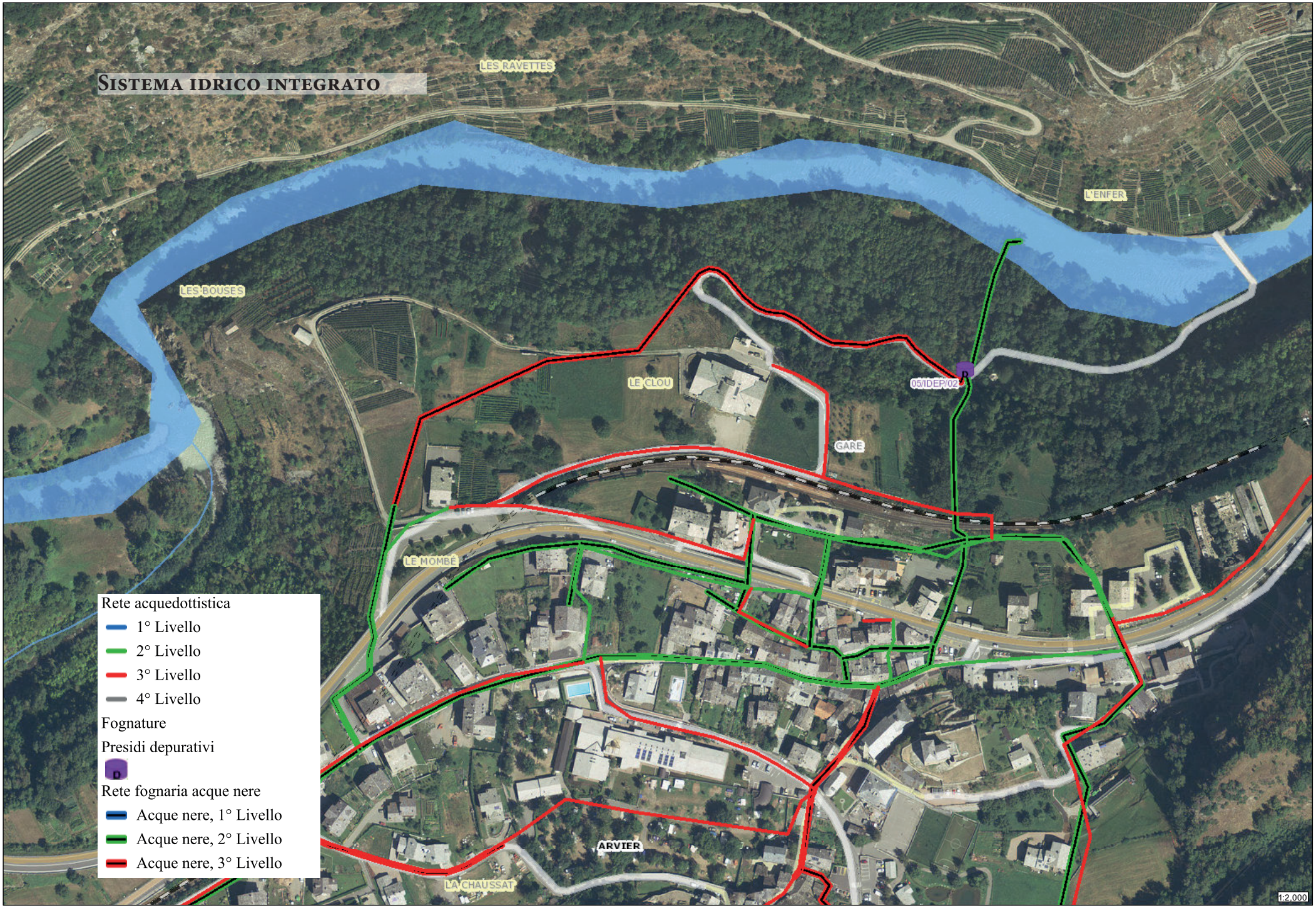


Art.33 - Boschi
- Bosco
- Bosco distrutto da incendio

Art.36 - Inondazioni
- FA - Area di deflusso della piena
- FB - Area di esondazione
- FC - Area di inondazione per piena catastrofica
- IC-A - Fascia di cautela con disciplina d'uso FA
- IC-B - Fascia di cautela con disciplina d'uso FB
- IC-C - Fascia di cautela con disciplina d'uso FC
- Cartografia non approvata

Ambiti inedificabili: frane




SISTEMA IDRICO INTEGRATO
LES RAVETTES
L'ENFER
LES BOUSES
LE CLOU
05/IDEP/02
GARE
LE MOMBÉ
ARVIER
LA CHAUSSAT
Rete acquedottistica
1° Livello
2° Livello
3° Livello
4° Livello
Fognature
Presidi depurativi
Rete fognaria acque nere
Acque nere, 1° Livello
Acque nere, 2° Livello
Acque nere, 3° Livello
1:2.000

Pianificazione territoriale: piano regolatore generale comunale

La localizzazione scelta come area di studio riguarda un'area pianeggiante che il piano regolatore destina a usi agricoli.

Zona di PRG: Ei5 Cave de l'Enfer - Eg27* Lo Péinouho - Lo Monbì - Eg25* Lo Cllou.*

Le sottozone di tipo Eg di interesse agricolo, non costituenti aree di specifico interesse paesaggistico, sono destinate a coltivazioni specializzate, (vigneti, frutteti, castagneti da frutto), e alle produzioni foraggere asservite alle aziende zootecniche di fondovalle o che si prestano per contiguità e natura dei terreni ad esserlo.

Nella sottozona Eg si applicano le seguenti disposizioni:
"La realizzazione di nuovi edifici rustici e abitativi in funzione della conduzione dei fondi è ammessa sulla base degli standard stabiliti dall'Assessorato agricoltura e delle seguenti disposizioni:

1. localizzazioni esterne agli insediamenti tradizionali indicati nella cartografia, ai margini di complessi di fondi caratterizzati da colture omogenee e alle aree di specifico interesse, lontane da poggi e margini di terrazzi naturali;
2. sviluppi planimetrici e altimetrici coerenti con le dimensioni e la trama dell'ambiente in cui gli edifici sono inseriti;
3. articolazioni volumetriche che riflettano le specifiche destinazioni d'uso;
4. ricomposizione del suolo e del sovrassuolo immediatamente dopo la conclusione dei lavori edilizi;
5. sviluppi in elevazione non superiori a due piani fuori terra computati dal piano del terreno risistemato.

Le sottozone di tipo Ei sono sottozone che non rientrano in alcune delle precedenti categorie di zone agricole:

Tipologie costruttive:
gli interventi edilizi devono contemperare le esigenze di funzionalità, costruttiva e di esercizio delle infrastrutture e degli impianti destinati ad uso speciale, con la coerenza nei confronti del contesto ambientale di appartenenza senza alterare nel complesso i caratteri tipici del sistema insediativo tradizionale e del relativo contesto ambientale. Le costruzioni e manufatti devono rapportarsi alla situazione geomorfologica locale e privilegiare forme e materiali tali da garantire la necessaria funzionalità e la qualità dell'edificato."

Il caso studio si colloca quindi in aree a destinazione agricola con le quali risulta compatibile, ma lo scopo della tesi è sperimentare un nuovo uso del territorio che, come illustrato, risulta innovativo anche rispetto alle normali destinazioni urbanistiche, collocandosi come attività a servizio della residenza con essa compatibile oppure in zona agricola ma con una connotazione di servizio alla residenza o commerciale per la produzione e vendita di prodotti a chilometro zero.

PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE
Ef6*
Ec16*
Eg16*
LES RAVETTES
Eg15*
L'ENFER
LES BOUSES
Ec24*
Eg27*
LE CLOU
Ei5*
Ee6*
Eg23*
GARE
Eg25*
Eg14*
Ec15*
LE MOMBÉ
Be1
Fb1*
Ei3*
Ba2*
Ab1
Ec23*
Fb2
Ba1*
Eh4*
ARVIER
Ad1*
Fb3*
LA CHAUSSAT
Eg24*
Ec26*
P4 Aree a servizi
P4 Zone (BORDI)
A
B
C
D
E
F
1:2.000

Clima e microclima

Foto da: Christophe Bovet

Anagrafica stazione

Comune: Arvier
Località: Cooperativa Enfer
Quota: 738 m s.l.m.
Lat. [WGS84]: 45.705°
Lon. [WGS84]: 7.16599°

Link diretto alla pagina della stazione
http://presidi2.regione.vda.it/str_dataview_station/2500

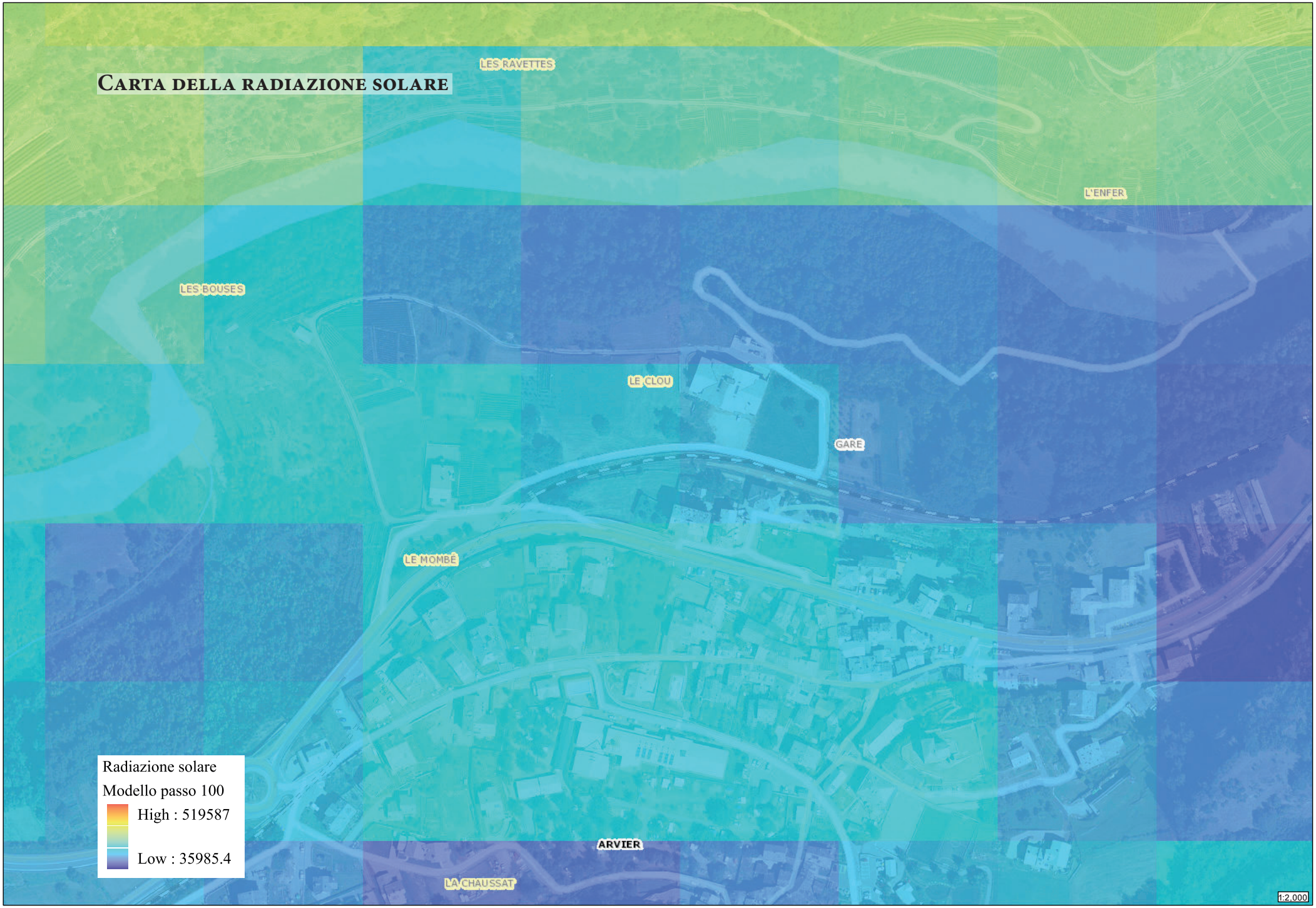
Il clima dalla regione Valle d'Aosta è di tipo alpino caratterizzato da estati brevi e fresche e da inverni lunghi, freddi e con abbondanti nevicate.
Il microclima dell'area di progetto è più mite rispetto al resto della regione, questo è dovuto principalmente alla morfologia dell'area circostante.
A nord dell'area di progetto si trova una grandissima parete rocciosa con esposizione sud che funge da accumulo termico, durante il giorno assorbe la radiazione solare e rilascia il calore durante le ore notturne più fredde.
Un'altra caratteristica che influisce sul microclima dell'area è l'esposizione, infatti l'area è sempre raggiunta dalla radiazione solare diretta anche nel giorno del solstizio d'inverno il sole rimane comunque sopra alle cime delle montagne.

Come si può vedere dalla tabella *Arvier - Cooperatica Enfer Termometro* la temperature media mensile dell'area di progetto non scende mai sotto lo zero. Questo microclima più mite dell'area di progetto è favorevole alla crescita delle piante e alla coltivazione, per questo la zona è ottima per la realizzazione di una serra.
Nell'area di progetto scelta è presente una stazione del Centro Funzionale Regione Autonoma Valle d'Aosta (*foto 1*), questo ha permesso di avere i dati della temperatura e dell'umidità relativa degli ultimi nove anni.

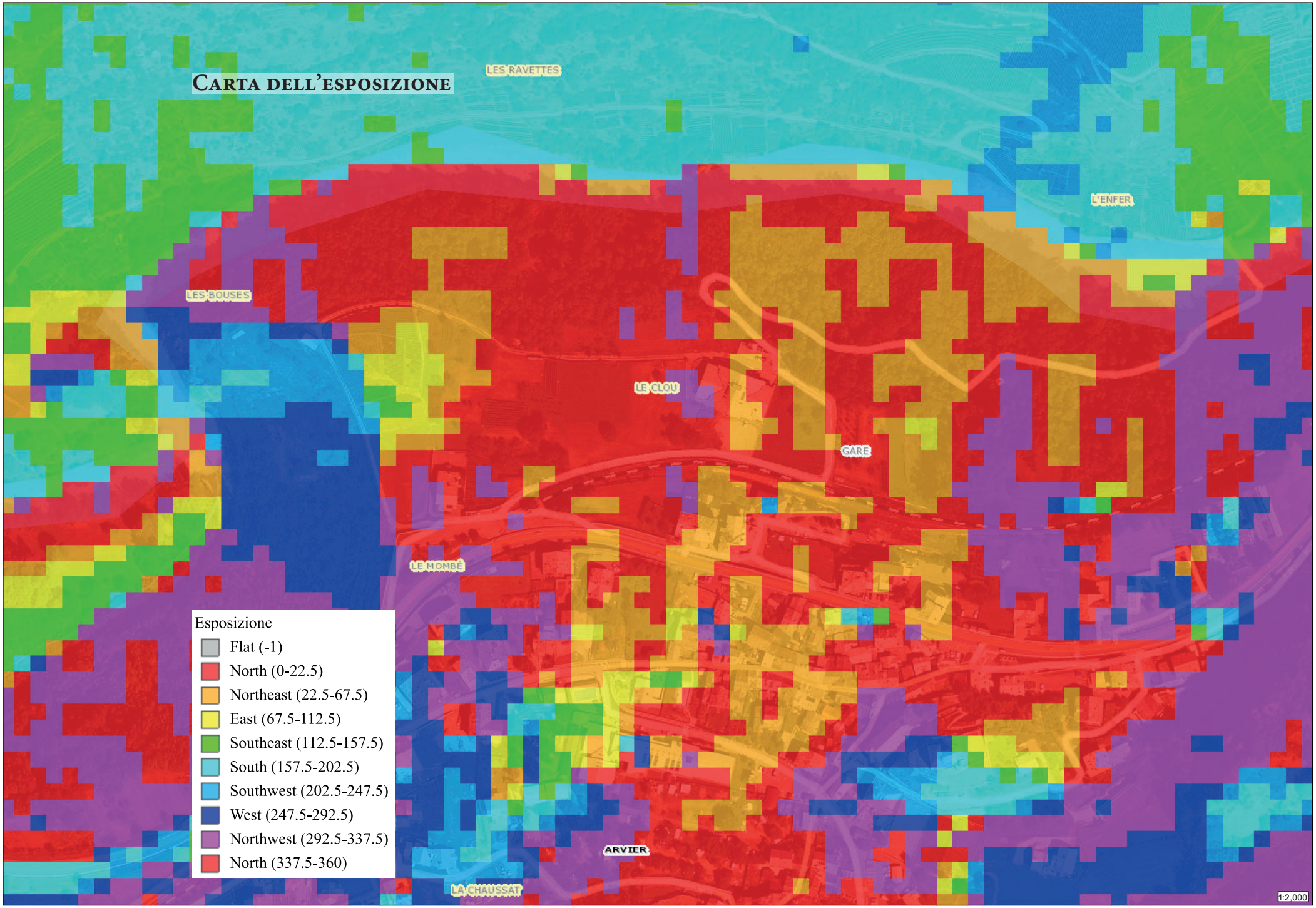
1

Arvier - Cooperativa Enfer Termometro [°C]																							
Gennaio	T [°C]	Febbraio	T [°C]	Marzo	T [°C]	Aprile	T [°C]	Maggio	T [°C]	Giugno	T [°C]	Luglio	T [°C]	Agosto	T [°C]	Settembre	T [°C]	Ottobre	T [°C]	Novembre	T [°C]	Dicembre	T [°C]
01/01/2011	1,2	01/02/2011	5,2	01/03/2011	7,7	01/04/2011	14,6	01/05/2011	17,5	01/06/2011	18,6	01/07/2011	19,4	01/08/2011	21,6	01/09/2011	18,5	01/10/2011	11,4	01/11/2011	5,8	01/12/2011	4,0
01/01/2012	4,7	01/02/2012	1,8	01/03/2012	11,1	01/04/2012	10,4	01/05/2012	15,7	01/06/2012	20,6	01/07/2012	21,6	01/08/2012	21,9	01/09/2012	16,6	01/10/2012	11,9	01/11/2012	6,1	01/12/2012	2,8
01/01/2013	4,2	01/02/2013	2,4	01/03/2013	5,4	01/04/2013	11,4	01/05/2013	13,0	01/06/2013	18,7	01/07/2013	21,8	01/08/2013	20,8	01/09/2013	17,6	01/10/2013	12,2	01/11/2013	5,8	01/12/2013	2,8
01/01/2014	2,4	01/02/2014	3,5	01/03/2014	9,0	01/04/2014	13,2	01/05/2014	15,2	01/06/2014	19,7	01/07/2014	19,8	01/08/2014	19,3	01/09/2014	17,3	01/10/2014	13,2	01/11/2014	7,8	01/12/2014	5,7
01/01/2015	4,2	01/02/2015	3,1	01/03/2015	8,6	01/04/2015	13,1	01/05/2015	16,5	01/06/2015	20,8	01/07/2015	24,8	01/08/2015	20,7	01/09/2015	15,8	01/10/2015	10,8	01/11/2015	9,5	01/12/2015	4,1
01/01/2016	2,0	01/02/2016	5,3	01/03/2016	7,7	01/04/2016	11,9	01/05/2016	14,9	01/06/2016	19,6	01/07/2016	22,4	01/08/2016	21,9	01/09/2016	19,1	01/10/2016	10,1	01/11/2016	5,6	01/12/2016	3,7
01/01/2017	-0,2	01/02/2017	5,4	01/03/2017	10,8	01/04/2017	12,8	01/05/2017	16,4	01/06/2017	21,8	01/07/2017	22,3	01/08/2017	21,8	01/09/2017	15,8	01/10/2017	13,8	01/11/2017	6,5	01/12/2017	1,1
01/01/2018	4,5	01/02/2018	1,6	01/03/2018	5,7	01/04/2018	13,1	01/05/2018	15,7	01/06/2018	20,5	01/07/2018	22,6	01/08/2018	22,1	01/09/2018	18,8	01/10/2018	12,5	01/11/2018	6,3	01/12/2018	4,3
01/01/2019	3,3	01/02/2019	5,2	01/03/2019	9,2	01/04/2019	10,6	01/05/2019	13,4	01/06/2019	20,3	01/07/2019	22,7	01/08/2019	21,1	01/09/2019	17,4	01/10/2019	12,5	01/11/2019	5,3	01/12/2019	3,6
Media	2,9	Media	3,7	Media	8,4	Media	12,3	Media	15,4	Media	20,1	Media	21,9	Media	21,2	Media	17,4	Media	12,0	Media	6,5	Media	3,6

Carta della radiazione solare



Carta dell'esposizione



Irrigazione e drenaggio

Nell'area sono disponibili due tipi di acque di buona qualità: l'acqua potabile e l'acqua di irrigazione. L'acqua potabile è disponibile grazie all'acquedotto che porta l'acqua fino alla cooperativa Coenfer (*carta pag. 98*), mentre l'acqua di irrigazione è fruibile attraverso il sistema di irrigazione a pioggia presente in tutta l'area (*foto 1*). Inoltre la falda acquifera non è prossima alla superficie. Il terreno si presenta asciutto durante tutto l'anno e non crea ristagni idrici. Sarà comunque inserito nel progetto un adeguato sistema di drenaggio delle acque meteoriche e di dilavamento.

1

Disponibilità di spazio e orientamento

L'area è molto ampia e non presenta particolari ostacoli alla manovra e movimentazione di mezzi (*carta pag. 97*). All'interno dell'edificio della cooperativa vi sono tutti gli spazi necessari per ospitare le funzioni di ufficio, stoccaggio e vendita.
La dimensione dell'area permette di orientare la serra in modo da garantire il maggior apporto luminoso all'interno.

Disponibilità di manodopera e infrastrutture

Le infrastrutture viarie sono disponibili e garantiscono l'accesso diretto al sito di progetto; sono inoltre presenti la rete elettrica e l'accesso alla rete di comunicazione. È disponibile all'interno della cooperativa un'area, al momento vuota, da adibire alla vendita e alla lavorazione dei prodotti.

Inquinamento

L'area di progetto è lontana dall'area urbana della città di Aosta e ad Arvier non sono presenti industrie o altre attività che possono essere fonte di un elevato inquinamento atmosferico.

Foto 1 da: Christophe Bovet

Scelte progettuali

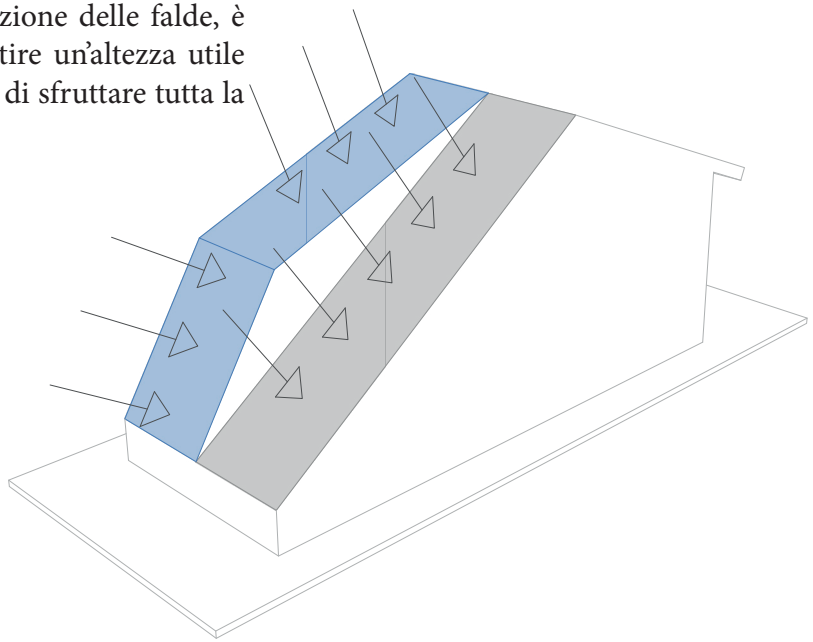
Orientamento della linea di colmo

Scelto il sito di progetto, basandosi sulle indicazioni del capitolo 6.2 (Scelta del sito), si è iniziato a progettare il modulo della serra secondo le linee guida fornite nel capitolo 6.3. (Indicazioni per le scelte progettuali). È stato scelto di orientare la linea di colmo in direzione Est-Ovest in modo tale da garantire il massimo apporto solare nel periodo invernale, poiché l'area di progetto si trova in un'area montana in cui il clima è molto rigido in inverno.

Inclinazione delle falde

Stabilito l'orientamento che il modulo deve avere, si è passati a capire quale fosse l'inclinazione ottimale delle falde a sud per garantire il massimo apporto solare durante l'anno. Per fare questo è stato utilizzato PVGIS, attraverso il quale è stata ricavata un'inclinazione ottimale che ha il massimo apporto solare durante l'arco di tempo di un anno. Siccome la serra è situata in un'area alpina in cui gli inverni sono molto freddi e le estati, negli ultimi anni, sono sempre più calde, è importante garantire il massimo apporto solare durante il periodo invernale piuttosto che durante tutto l'anno. Per questo motivo la falda rivolta a sud è stata divisa in due parti con due inclinazioni differenti in modo da garantire il massimo apporto in periodo invernale nella parte inclinata a 58°.
Un altro aspetto importante da tenere in considerazione, che è stato fondamentale per stabilire l'inclinazione delle falde, è la necessità di garantire un'altezza utile interna che consenta di sfruttare tutta la superficie della serra.

L'analisi che ha determinato le due inclinazioni per la falda rivolta a sud è contenuta nella sezione 8.1.1 (Studio dell'irraggiamento globale e determinazione dell'inclinazione delle falde).



1. PVGIS è un'applicazione web che consente di ottenere dati sulla radiazione solare e sulla produzione di energia del sistema fotovoltaico (FV), in qualsiasi luogo nella maggior parte del mondo.

Scelta dei materiali

Come spiegato nel precedente capitolo Progettare una serra, uno degli elementi essenziali nella gestione di una serra è rappresentato dal microclima interno.
Al fine di garantire un microclima adeguato, le scelte tecniche tradizionali prevedono schermature, ventilazione naturale, impianti di riscaldamento ad aria e impianti per irrigazione ed umidificazione.
La progettazione di queste caratteristiche di una serra dipende evidentemente dal tipo di coltura che si desidera realizzare all'interno di questi spazi.
Non è tuttavia l'obbiettivo di questa tesi definire le caratteristiche che deve avere la serra o progettare i relativi impianti. Occupandoci invece dell'involucro, la scelta progettuale ha voluto proporre alcune soluzioni innovative di norma non utilizzate nella realizzazione di serre.
La scelta dei materiali è derivata quindi anche dal particolare progetto di serra destinata alla soluzione delle tematiche poste alla base della tesi.
Per quanto riguarda quindi l'individuazione dei materiali la scelta è stata dettata dalla volontà di realizzare un manufatto con delle caratteristiche adatte all'area montana e che garantissero delle prestazioni idonee alla finalità che ci si era posti.
La scelta dei materiali è inoltre stata guidata dalla volontà di realizzare un manufatto che distinguesse nel paesaggio alpino per la sua funzione e la sua forma.
Oltre a materiali più tradizionali come il calcestruzzo, si elencano i principali materiali di norma non usualmente utilizzati per la costruzione di serre che verranno di seguito descritti:

- Vetro
- Telaio in lega di alluminio
- Isolante in fibre di legno e in lana di legno
- Materiale a cambiamento di fase (PCM)
- Rivestimento in legno
- Tetto in laminato in zinco-rame-titanio

Vetro

La scelta del vetro come materiale di rivestimento della copertura trasparente è legata al fatto che rispetto agli altri materiali presenta un numero maggiore di vantaggi. Infatti il vetro ha un'ottima trasmissione della luce diretta e diffusa, una buona durata nel tempo, un basso coefficiente di dilatazione lineare, è riciclabile e riesce a schermare parzialmente la radiazione infrarossa in uscita dalla serra. Questa radiazione è molto importante nelle serre poiché genera una parte dell'effetto serra.
Per la scelta della tipologia di vetro è stata eseguita una ricerca sul mercato ed è stato infine selezionato il vetro prodotto dalla Pilkington.
La scelta iniziale e originale è stata quella di orientarsi verso un doppio vetro in quanto il progetto è inserito in area alpina in cui le escursioni termiche e le temperature invernali possono essere determinanti.
Grazie ad un'applicazione[1] messa a disposizione dal fornitore è stato possibile scegliere la composizione della vetrocamera e valutarne le prestazioni. (vedi scheda tecnica: Vetro – 01 - Vetrocamera)
La scelta del pacchetto Optifloat Clear più Optitherm S3 (tabella pag. seguente) oltre ad essere un prodotto "economico" nel panorama delle vetrocamere proposte dal fornitore possiede delle caratteristiche che ben si adattano al progetto della serra.
La vetrocamera garantisce una buona combinazione tra isolamento termico e trasmissione luminosa e i due vetri sono

1. https://spectrum.pilkington.com/

assemblati in una vetrata isolante con il coating interno posizionato in faccia 3. All'interno della vetrocamera il gas è composto da aria secca.
Per garantire la sicurezza sono stati inseriti vetri temprati piuttosto che quelli stratificati sempre per ragioni di tipo economico. È comunque possibile poter scegliere vetrate dello stesso produttore che aumentino le prestazioni delle vetrate in materia di sicurezza, di isolamento acustico o di auto pulizia.
In conclusione la scelta progettuale si è orientata su un prodotto che ha l'ambizione di combinare il miglior rapporto qualità prezzo mediante l'utilizzo di una vetrocamera piuttosto che un vetro semplice, prevedendo tuttavia la combinazione di elementi base che dovrebbero garantire un costo sostenibile.

Telaio in lega di alluminio

Per poter scegliere il tipo di struttura adatta, che deve ovviamente possedere dei requisiti di leggerezza e durabilità, dopo una analisi di quanto reperibile come documentazione tecnica, ci si e orientati verso i telai in lega di alluminio della Metra. (vedi scheda tecnica Telaio - 01 - Telaio in lega di alluminio)
Per le sue ottime caratteristiche di tenuta alla acqua, di resistenza al vento e di trasmittanza termica, il telaio è normalmente utilizzato per realizzare facciate continue verticali o inclinate e lucernari, e ben si adattava all'idea di progetto della serra che si stava immaginando.
Per quanto riguarda il dimensionamento non è stato eseguito un calcolo, ma si sono adottati profili standard normalmente utilizzati in realizzazioni analoghe.
La Metra esegue infatti calcoli solo su progetti esecutivi.
Il telaio scelto è denominato Poliedra-Sky 60 ed è realizzato in lega di alluminio che, oltre a garantire durabilità e leggerezza, rappresenta un materiale interamente riciclabile.

Tabella da: https://spectrum.pilkington.com/

Descrizione	Spessore generale (mm)	Valore U_g (U_g W/m²K)	TL (%)	RL esterno (%)	RL interno (%)	valore g	R_w (dB)	R_w+C (dB)	R_w+C_{tr} (dB)
Pilkington **Activ**™ Clear, Temprato, 4 mm Aria, 15mm Pilkington **K Glass**™ N, Temprato, 4 mm		1.7	71	23	21	0.70	31	29	26
Pilkington **Optifloat**™ Clear, Temprato, 4 mm Aria, 15mm Pilkington **Optitherm**™ S3, Temprato, 4 mm		1.4	82	11	12	0.65	31	29	26
Pilkington Anti-condensation Glass, Temprato, 4 mm Aria, 16mm Pilkington **Optifloat**™ Clear, Temprato, 4 mm		2.7	77	20	20	0.72	31	29	26

Le principali caratteristiche del telaio Poliedra-Sky 60:

- Leggerezza. L'alluminio è un metallo estremamente leggero: il suo peso specifico equivale a 2.7 grammi al centimetro cubo, cioè solo un terzo rispetto a quello dell'acciaio.
- Resistenza alla corrosione. La formazione spontanea di uno strato di ossido, protegge l'alluminio rendendolo particolarmente resistente alla corrosione.
- Infiammabilità e resistenza al fuoco. Per le sue caratteristiche di refrattarietà l'alluminio è spesso

usato in edilizia.

Possibilità costruttive (indicazioni fornite dal fornitore).
Con i profilati della serie Poliedra-sky 60 è possibile costruire facciate verticali, facciate inclinate e coperture. Sono realizzabili angoli interni ed esterni a 90° e, con profilati particolari, anche angolazioni diverse. Nei moduli possono essere inseriti vetri fissi, pannelli di vari formati ed applicazioni e specchiature apribili nei vari sistemi ottenibili con le serie METRA.

- *Struttura portante: È costituita da montanti e traversi tubolari da 60 mm di base, che permettono di scegliere la soluzione staticamente più idonea in funzione al carico del vento e delle dimensioni modulari della facciata. Questi montanti sono posti all'interno della facciata quindi poco soggetti a variazioni di temperatura.*
- *Taglio termico: Il passaggio di calore tra interno ed esterno è impedito da distanziali rigidi in materiale isolante di varie misure come indicato sul catalogo tecnico, che vengono posti, durante il montaggio, tra montanti e traversi interni ed il profilo pressore esterno.*
- *Tenuta: Tutte le giunzioni devono essere accuratamente lavorate e posate,*
- *Dilatazioni: Per consentire il movimento dei vari elementi, che in presenza di aumento di temperatura si dilatano, occorre rispettare le lavorazioni e le tolleranze di taglio*
- *Vetri e pannelli: La gamma di guarnizioni per la vetrazione, unitamente ai profilati riduttori da applicare su montanti e traversi, consentono di installare nella facciata vetri o pannelli con spessore da 8 mm a 45 mm.*

http://extranet.metra.eu/FlipBooks/Edilizia/online/cataloghi/POLIEDRA-SKY_60/toc/

Isolante in fibre di legno e in lana di legno

Nella progettazione di questa particolare serra si è deciso di valutare l'inserimento di materiale isolante al fine di garantire la riduzione delle dispersioni per le parti esposte a nord. Nel contesto alpino di progetto le differenze tra elementi esposti a sud e quelli esposti a nord hanno una rilevanza importante.
Per questa ragione la scelta progettuale ha previsto per le parti esposte a nord la realizzazione di una chiusura opaca costituita da stratigrafia meglio evidenziata nei particolari costruttivi al punto 8.2.9.

La scelta della fibra di legno e della lana di legno è stata fatta in quanto materiali ecologici, certificati PEFC™ e con certificazione FSC®.

Materiale a cambiamento di fase (PCM)

Una scelta sicuramente innovativa è stata quella di introdurre all'interno di tutti i pacchetti stratigrafici opachi il pannello PCM Thermatile ™ di e-4e S.r.l.
Come accennato nel punto 6.4.4 si è potuto verificare che vi sono tentativi di utilizzo di questi materiali proprio nella realizzazione delle serre anche in Italia.
Poiché è necessario garantire un microclima interno della serra idoneo alla coltivazione, il controllo della temperatura risulta molto importante e, pertanto, sono stati inseriti in tutte le parti opache (pareti e copertura) i pannelli PCM. Il calcolo complessivo del microclima della serra non fa parte di questa proposta. Un calcolo adeguato necessiterebbe anche della definizione del tipo di coltivazione della serra ed è quindi ipotizzabile in una progettazione esecutiva completa della serra stessa.

Rivestimento in legno

Il rivestimento in legno, sulle chiusure verticali rivolte a nord, è stato scelto soprattutto con una funzione estetica e di inserimento nel contesto alpino quale materiale tradizionalmente presente negli edifici. L'assito è posto in opera realizzando una parete ventilata. Gli elementi in legno massello di larice senza maschio e femmina sono distanziati tra di loro per creare un effetto particolare.

Tetto in laminato in zinco-rame-titanio

La parte di falda esposta a nord è stata anche essa realizzata con una stratigrafia composta da più materiali (vedi dettaglio costruttivo 3) al di sopra dei quali è posato in opera un laminato in zinco-rame-titanio.
Il materiale scelto si chiama Patina line della Rheinzink che è un materiale riciclabile al 100% e garantisce una lunga durata e bassissima manutenzione. Le proprietà originarie del metallo consentono al materiale di sviluppare una patina protettiva in forma naturale e di presentare fin dall'inizio un'immagine "finita" della superficie.

Altre scelte tecnologiche

Il progetto prevede la realizzazione di una serra chiusa nella configurazione di utilizzo per coltivazione idroponica quindi senza contatto con il suolo. Di conseguenza è stato progettato un pavimento isolato mediante la realizzazione di un'intercapedine aerata con l'utilizzo di iglù, il posizionamento di pannelli in lana di legno mineralizzata come isolante e la finitura con battuto di cemento.
Il progetto prevede anche la realizzazione di un drenaggio perimetrale per la raccolta delle acque meteoriche al fine di evitare la risalita capillare dell'acqua. (vedi particolare 1 o 5)
La serra potrebbe anche essere configurata per la coltivazione in terra, nel qual caso si realizzerebbe solo la fondazione perimetrale su cui poggiare le pareti verticali.

Scelta dei materiali quale strumento per l'inserimento paesaggistico

L'obbiettivo del progetto era anche quello di realizzare un manufatto che potesse diventare un segno riconoscibile per la sua funzione nel paesaggio che caratterizza l'area di intervento. Il vetro, il legno e i colore rosso (tile-red) della copertura e del telaio intendono secondo gli intenti del progetto marcare la loro presenza senza cercare mimetismo ma diventando segno evidente della presenza dell'attività di produzione proposta.

Cosa coltivare nella serra?

È necessario premettere che questa tesi non può affrontare integralmente il progetto di una serra anche per quanto riguarda gli aspetti più prettamente agronomici. La tesi è partita volendo capire l'apporto che l'architettura può dare o ha dato al settore agricolo in ambito alpino. Dalla constatazione che il settore della produzione ortofrutticola è forse quello meno presente è derivata l'idea di sviluppare una proposta che cercasse di dare qualche spunto di riflessione collegando appunto i manufatti destinati alla produzione di ortaggi e piccoli frutti con la crisi dovuta alla pandemia i risvolti sociali, predisponendo una proposta tecnica per una serra.
Nella prima fase in ogni caso è stato fatto il tentativo di coinvolgere istituzioni e soggetti che operano in agricoltura, tuttavia anche a causa delle difficoltà generate dal lockdown tali apporti non hanno potuto concretizzarsi.
In questo senso la domanda di cosa produrre con la serra, in progetto, ha determinato la scelta di progettare un manufatto che fosse innovativo dal punto di vista costruttivo, potesse offrire una soluzione alle domande poste dalla crisi pandemica dando anche prospettive di tipo sociale e di utilizzo del territorio.
In tal senso si rinvia alla parte conclusiva della tesi.
In primis è stata fatta la scelta di progettare una serra chiusa in cui la produzione sia autonoma ed indipendente rispetto alle condizioni esterne. Questa decisione di immaginare una produzione tramite coltura idroponica è stata la base della scelta dei materiali e della forma.

La parola idroponica deriva dal greco idros, cioè acqua e pónos, lavoro. Si tratta di una tecnica di coltivazione ad alta sostenibilità, che prevede che le piante vengano cresciute in acqua, senza l'uso di terra e indipendentemente dal clima.
Anche se in realtà la tecnica idroponica si riferisce ai soli sistemi di coltivazione in mezzo liquido (come floating system, aeroponica o NFT), ormai nel linguaggio comune e nei siti web a carattere divulgativo si usa questo termine anche per riferirsi alle colture in substrato e fuori suolo.
Nella coltivazione fuori suolo, al posto della terra, vengono usati come mezzo di supporto per le radici diversi tipi di materiale (come argilla espansa, fibra di cocco, cortecce) a cui viene aggiunta acqua e sostanze nutritive essenziali per far crescere la pianta.
L'idroponica consentirà di ottenere ottimi risultati in ogni ambiente, anche in casa, rendendo possibile per tutti gli amanti del giardinaggio, con poco spazio e risorse di ottenere un orto in città.[1]

Ci sono progetti che promuovono questo tipo di colture come, ad esempio, il progetto "Serra 2020" della start-up piemontese GHZero, dove in ambiente a ciclo chiuso è possibile coltivare primizie e non, adatta ad essere impiegata dall'estremo nord, dove manca la luce 6 mesi l'anno, a zone desertiche dove invece manca l'acqua. GH Zero ha realizzato il progetto in collaborazione con l'Università di Torino, con il sostegno di diversi partner privati e di Istituzioni, ra cui Città del Bio, Legambiente, Coop, Unione industriale di Novara, Provincia di Novara, Environment Park di Torino.[2]
Gli ortaggi coltivati in idroponica sono: pomodoro, cetriolo, peperone, lattughino, valeriana, rucola, basilico, prezzemolo, salvia, erba cipollina e il ravanello.
Possono essere coltivati indoor con sistemi idroponici anche mirtilli, lamponi, more e fragole.

1. *Fonte: https://www.coltivami.com/idroponica-per-ortaggi-ecco-cosa-si-puo-coltivare-senza-terra/, consultato il 28-11-2020*

2. *Fonte: https://www.italiadelbio.it/bio-italia/ghzero-novara-serra2020-ciclo-chiuso-tecnologia-led/, consultato il 28-11-2020*

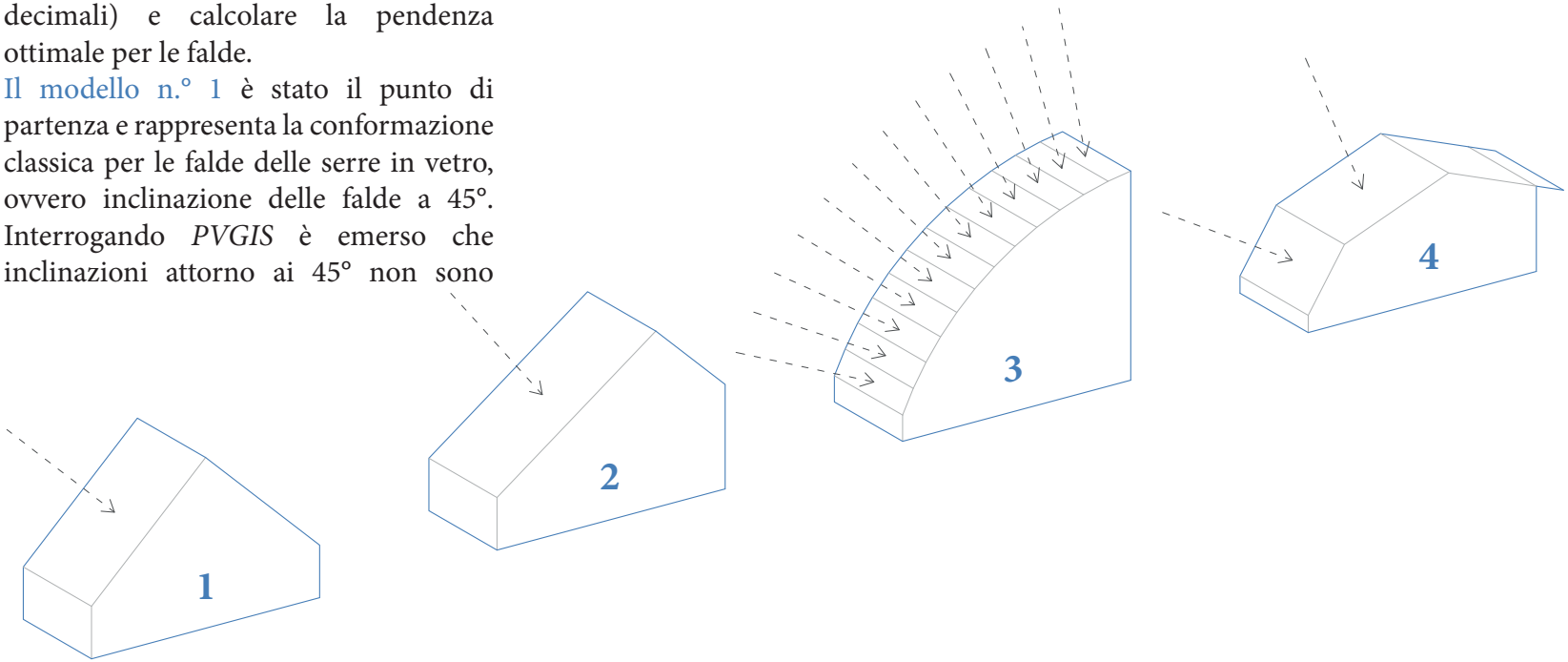
Progetto

Concept

Studio dell'irraggiamento globale e determinazione dell'inclinazione delle falde

La forma del modulo non è casuale, ma è il risultato dell'analisi sull'irraggiamento globale. Questa analisi è stata condotta tramite l'ausilio di *PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System)* della commissione europea.
Attraverso questo strumento è stato possibile ricavare dati sull'irraggiamento globale dell'area di interesse (Latitudine: 45.705" e longitudine: 7.166" in gradi decimali) e calcolare la pendenza ottimale per le falde.
Il modello n.° 1 è stato il punto di partenza e rappresenta la conformazione classica per le falde delle serre in vetro, ovvero inclinazione delle falde a 45°. Interrogando *PVGIS* è emerso che inclinazioni attorno ai 45° non sono ottimali per la nostra area di interesse.
Il modello n.° 2 è l'evoluzione del primo e rappresenta la falda con inclinazione a 37° ottimizzata per ricevere il maggior apporto solare durante l'anno. Nonostante la falda sia stata ottimizzata è comunque presente uno svantaggio, essa è la media di tutte le inclinazioni che dovrebbe avere la falda durante l'anno e per questo non riceve il massimo irraggiamento solare disponibile nei vari mesi.
Il modello n.° 3 rappresenta la falda ideale. Questo modello ha la falda rivolta a sud suddivisa in 12 parti ognuna delle quali è inclinata in modo da ricevere il massimo irraggiamento globale in uno specifico mese. Questo tipo di conformazione porta la serra ad avere l'altezza del colmo molto elevata.

Irraggiamento globale: è la somma mensile dell'energia della radiazione solare su ogni metro quadro di un piano rivolto verso l'equatore ed inclinato ad un angolo scelto. [kWh/m2]



Il modello n.° 4 è il punto di arrivo dell'analisi svolta sull'irraggiamento globale dell'area di progetto. Per capire come si è giunti a questa forma è prima necessario guardare la tabella 1.
Essa rappresenta l'irraggiamento globale mensile per le inclinazioni da 10° a 90°. L'irraggiamento globale di ogni mese per ogni angolo è stato ricavato dal database *PVGIS-SARAH* ed è il risultato della media dei valori ottenuti dall'anno 2011 all'anno 2016. Nella tabella i mesi sono suddivisi in due gruppi: i mesi più caldi e i mesi più freddi. In verde sono evidenziati i valori massimi di irraggiamento globale per ogni mese.
Se sommiamo i sei angoli dei valori massimi di irraggiamento globale dei sei

Tabella 1.
Dati presi da https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis

Inclinazione falda		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
10°	kWh/m^2	51,04	72,42	114,17	132,39	158,92	166,76	183,76	176,81	135,90	98,28	53,24	47,47
15°	kWh/m^2	55,36	77,00	118,70	134,84	159,45	166,49	184,05	179,70	140,84	104,30	57,20	52,01
20°	kWh/m^2	59,37	81,17	122,59	136,60	159,21	165,39	183,38	181,60	145,00	109,74	60,84	56,25
25°	kWh/m^2	63,04	84,89	125,82	137,66	158,17	163,46	181,74	182,53	148,34	114,56	64,15	60,16
30°	kWh/m^2	66,33	88,12	128,35	138,03	156,34	160,71	179,30	182,46	150,81	118,69	67,08	63,70
35°	kWh/m^2	69,22	90,84	130,16	137,67	153,90	157,40	176,04	181,34	152,41	122,12	69,63	66,84
40°	kWh/m^2	71,69	93,02	131,23	136,57	150,68	153,28	171,78	179,16	153,09	124,81	71,76	69,57
45°	kWh/m^2	73,71	94,64	131,54	134,73	146,70	148,37	166,58	175,95	152,87	126,72	73,46	71,86
50°	kWh/m^2	75,28	95,69	131,09	132,16	141,97	142,71	160,49	171,71	151,72	127,86	74,72	73,69
55°	kWh/m^2	76,37	96,16	129,87	128,89	136,53	136,34	153,54	166,46	149,66	128,20	75,52	75,05
60°	kWh/m^2	76,98	96,04	127,90	124,91	130,30	129,18	145,75	160,25	146,69	127,73	75,85	75,92
65°	kWh/m^2	77,11	95,33	125,17	120,24	123,63	121,70	137,18	153,11	142,83	126,46	75,72	76,31
70°	kWh/m^2	76,75	94,03	121,72	114,94	116,40	113,54	128,15	144,98	138,11	124,40	75,13	76,21
75°	kWh/m^2	75,90	92,16	117,56	109,09	108,49	105,31	118,90	136,16	132,55	121,55	74,07	75,61
80°	kWh/m^2	74,58	89,72	112,73	102,69	100,31	96,63	109,09	126,77	126,21	117,94	72,56	74,53
85°	kWh/m^2	72,78	86,74	107,26	95,68	91,94	87,02	98,78	116,75	119,12	113,59	70,60	72,96
90°	kWh/m^2	70,54	83,23	101,18	88,29	82,84	77,12	87,30	106,17	111,33	108,54	68,21	70,94

Temperatura media mensile dal 2011 al 2019	C°	2,92	3,72	8,36	12,34	15,37	20,07	21,93	21,24	17,43	12,04	6,52	3,57

Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
-	-	10,00	-	-	-
-	15,00	-	15,00	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	25,00	-
30,00	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	40,00

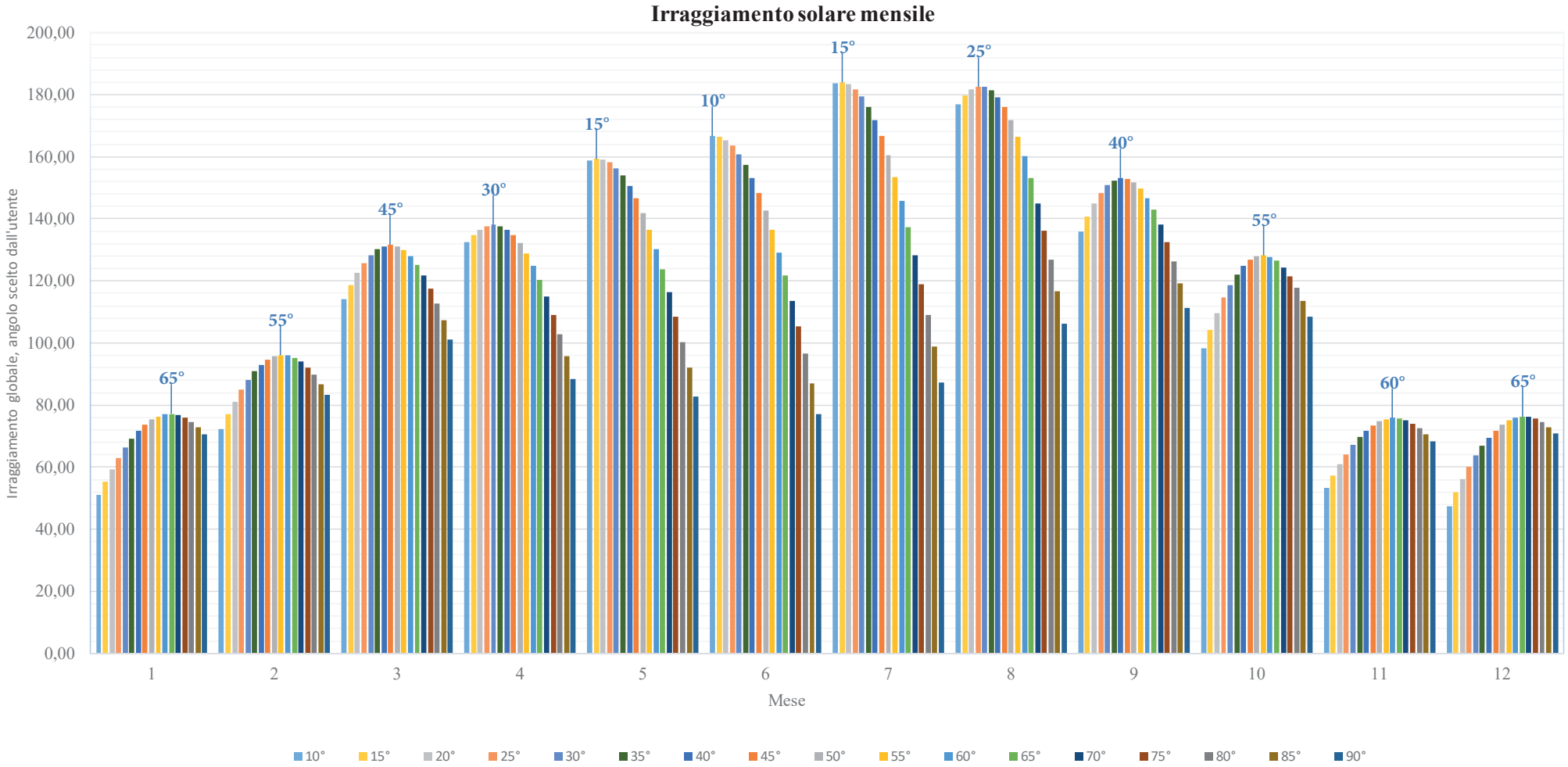
30°+15°+10°+15°+25°+40°=135°
135°/6=22,5° -->**22°**

65°+55°+45°+55°+60°+65°=345°
345°/6=57,5° -->**58°**

Gennaio	Febbraio	Marzo
-	-	45,00
-	-	-
-	55,00	-
-	-	-
65,00	-	-
-	-	-

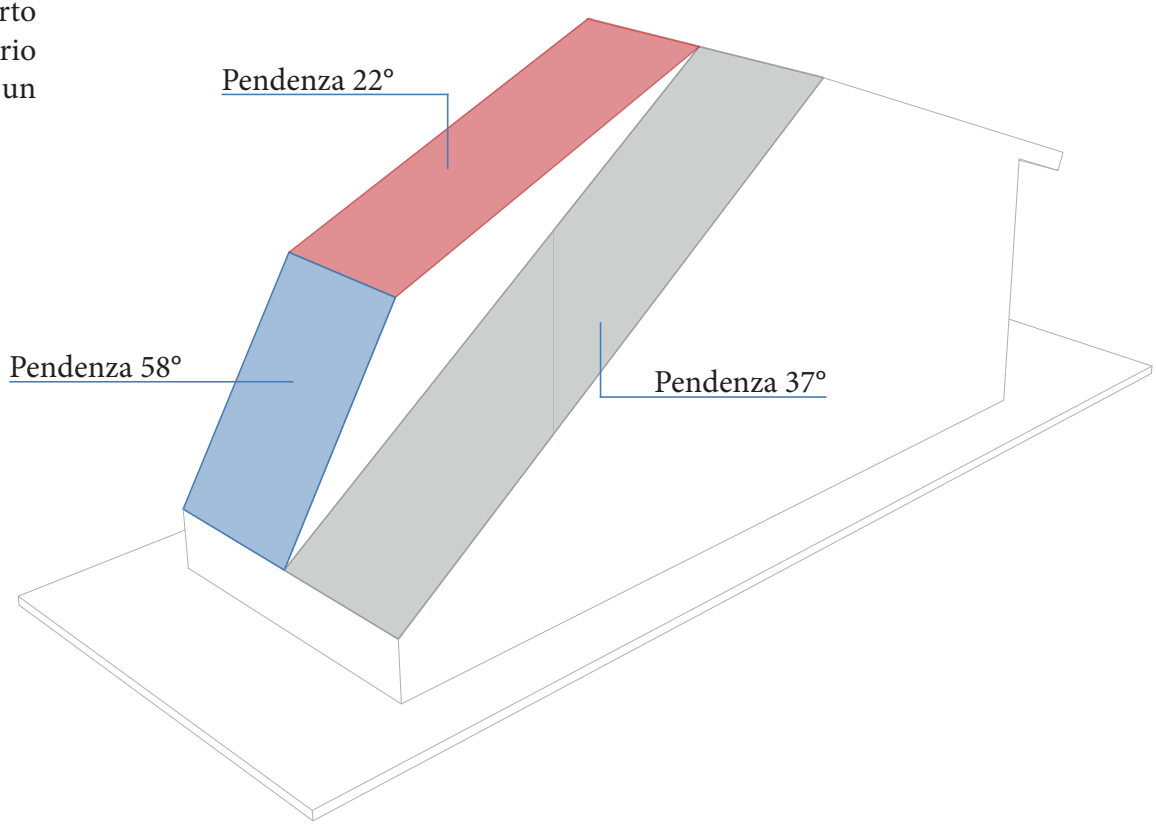
Ottobre	Novembre	Dicembre
-	-	-
-	-	-
55,00	-	-
-	60,00	-
-	-	65,00
-	-	-

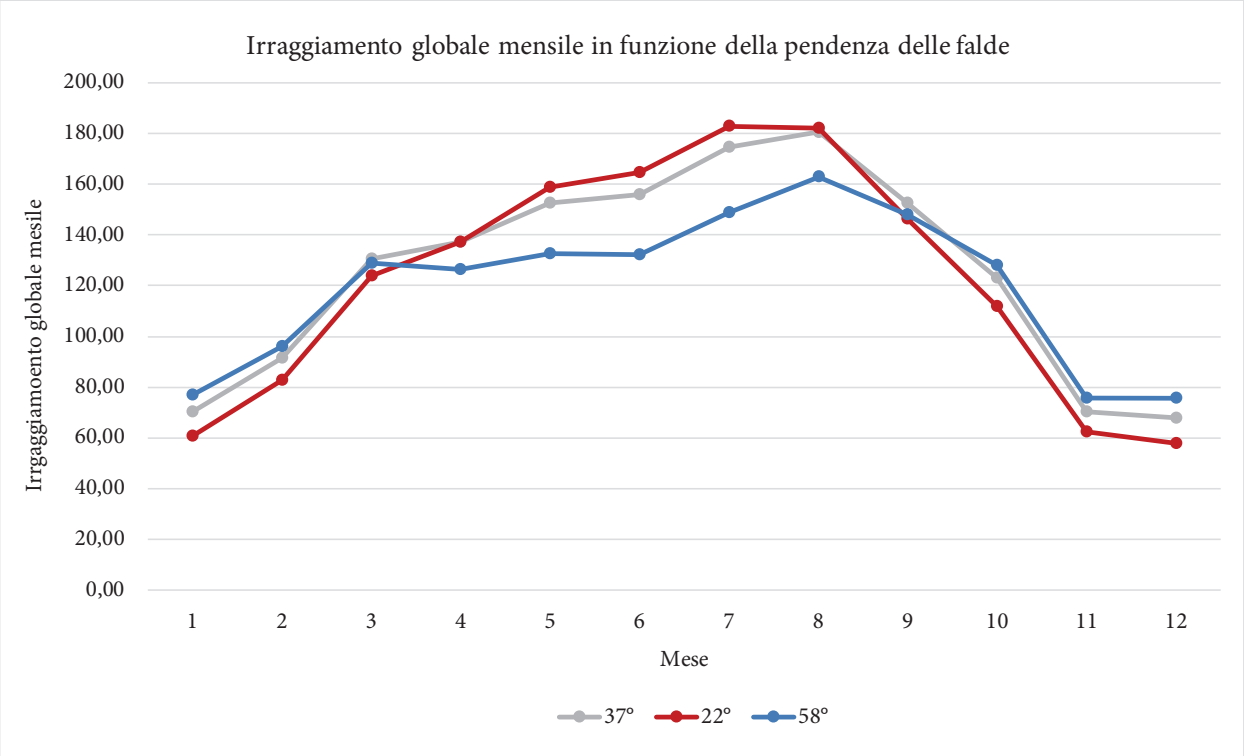
mesi più caldi otteniamo il valore di 135° che diviso per sei dà come risultato circa 22°. In questo modo se incliniamo la falda di 22°, a parità di superficie, riceve più irraggiamento globale nei mesi estivi della falda inclinata a 37°.
Il ragionamento è analogo per i sei angoli dei valori massimi di irraggiamento globale dei sei mesi più freddi, fatti i calcoli si ottiene il valore di 58°. Inclinando la falda di 58° si avrà maggiore irraggiamento globale nei mesi invernali rispetto alla stessa falda inclinata a 37°.
Da qui nasce la decisione di dividere la falda rivolta a sud in due parti: una inclinata a 58° e l'altra inclinata a 22°.
Questa divisione della falda permette di ottenere il miglior apporto energetico durante il periodo invernale che è quello più critico.



Al fine di illustrare i risultati della scelta di realizzare una falda con due pendenze diverse si è proceduto a verificare l'apporto dell'irraggiamento mensile annuo per tre pendenze diverse.
Nella tabella e nel grafico che seguono si può osservare come il miglior apporto dell'irraggiamento si concentra nei cinque mesi invernali per la pendenza pari a 58°. Per quanto riguarda il periodo estivo invece il maggior apporto avviene per la pendenza pari a 22°. In realtà nel periodo estivo l'apporto dell'irraggiamento è meno necessario se non addirittura problematico per un eccessivo surriscaldamento.

Per quanto riguarda la pendenza pari a 37° il risultato porterebbe a dire che si tratterebbe della soluzione che nel corso dell'anno riceve l'apporto maggiore, tuttavia questo apporto non è distribuito in modo da ottimizzare la distribuzione dell'irraggiamento nei mesi più critici.
La scelta di realizzare due pendenze distinte risponde pertanto in modo ottimale alla necessità di apporto per questa tipologia di manufatto.





Inclinazione falda		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
37°	kWh/m^2	70,18	91,71	130,64	137,35	152,80	155,96	174,57	180,65	152,77	123,20	70,47	67,90
22°	kWh/m^2	60,88	82,72	123,96	137,11	158,89	164,72	182,84	182,08	146,44	111,75	62,21	57,86
58°	kWh/m^2	76,79	96,15	128,78	126,59	132,84	132,08	148,97	162,85	147,99	128,01	75,78	75,63

Inclinazione falda		irraggiamento globale annuo	media mesile estiva	media mesile invernale
37°	kWh/m^2	1508,20	159,02	92,35
22°	kWh/m^2	1471,43	162,01	83,23
58°	kWh/m^2	1432,45	141,88	96,86

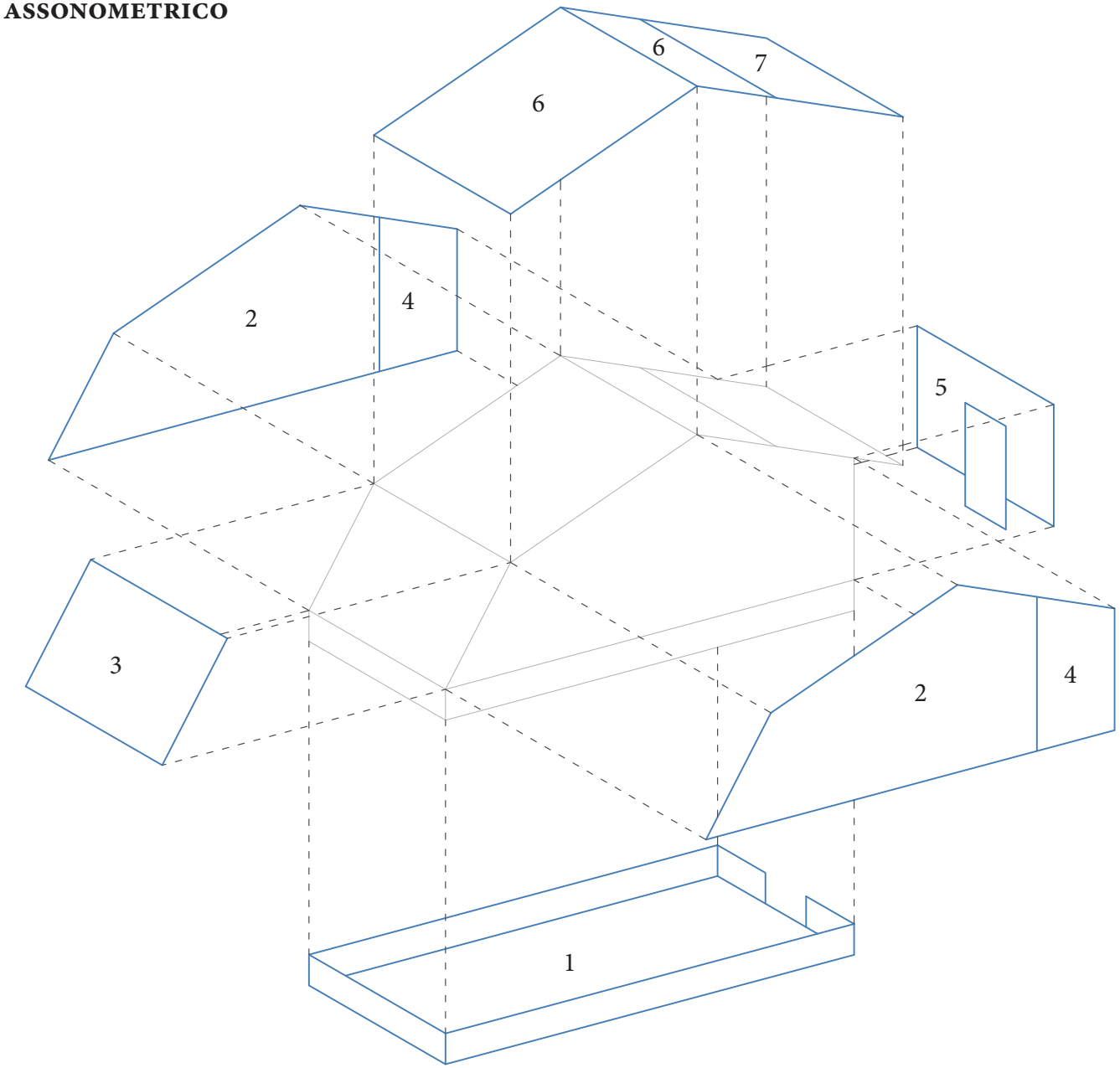
Il modulo serra è composto da tre insiemi principali. All'interno di ogni insieme ci sono più elementi.

1. Il basamento. (1)
La serra è collocata su una base costituita da un *vespaio aerato* attorno al quale corre una *trave rovescia;* su di essa si innesta il *muro perimetrale* al quale è ancorata tutta la struttura. Il calcestruzzo utilizzato per realizzare la base è il *Lecacls 1600* con resistenza caratteristica a compressione certificata in laboratorio a 28 giorni pari a 35 N/mm2 (cubica). Questo calcestruzzo è definito leggero poiché una parte degli aggregati sono sostituiti con *argilla espansa Leca strutturale.* Siccome esternamente il calcestruzzo rimane a vista ed è esposto alle intemperie è stato aggiunto al "mix design" l'additivo *Penetron Admix* che impermeabilizza il calcestruzzo per cristallizzazione.

2. Le parti trasparenti. (2-3-6)
La struttura delle facciate vetrate è realizzata tramite l'uso del sistema costruttivo *Poliedra-Sky 60 della Metra*. Siccome le facciate vetrate sono molto disperdenti si è scelto di adoperare una *vetrocamera* realizzato dalla *Pilkington.* La vetrocamera si compone di un vetro chiaro temperato all'esterno e sul lato interno di un vetro basso emissivo temperato. Sugli elementi n. 3 e 6 i vetri possono essere sostituiti da *pannelli fotovoltaici trasparenti* per serre realizzati da *energyglass gruppo stg.*

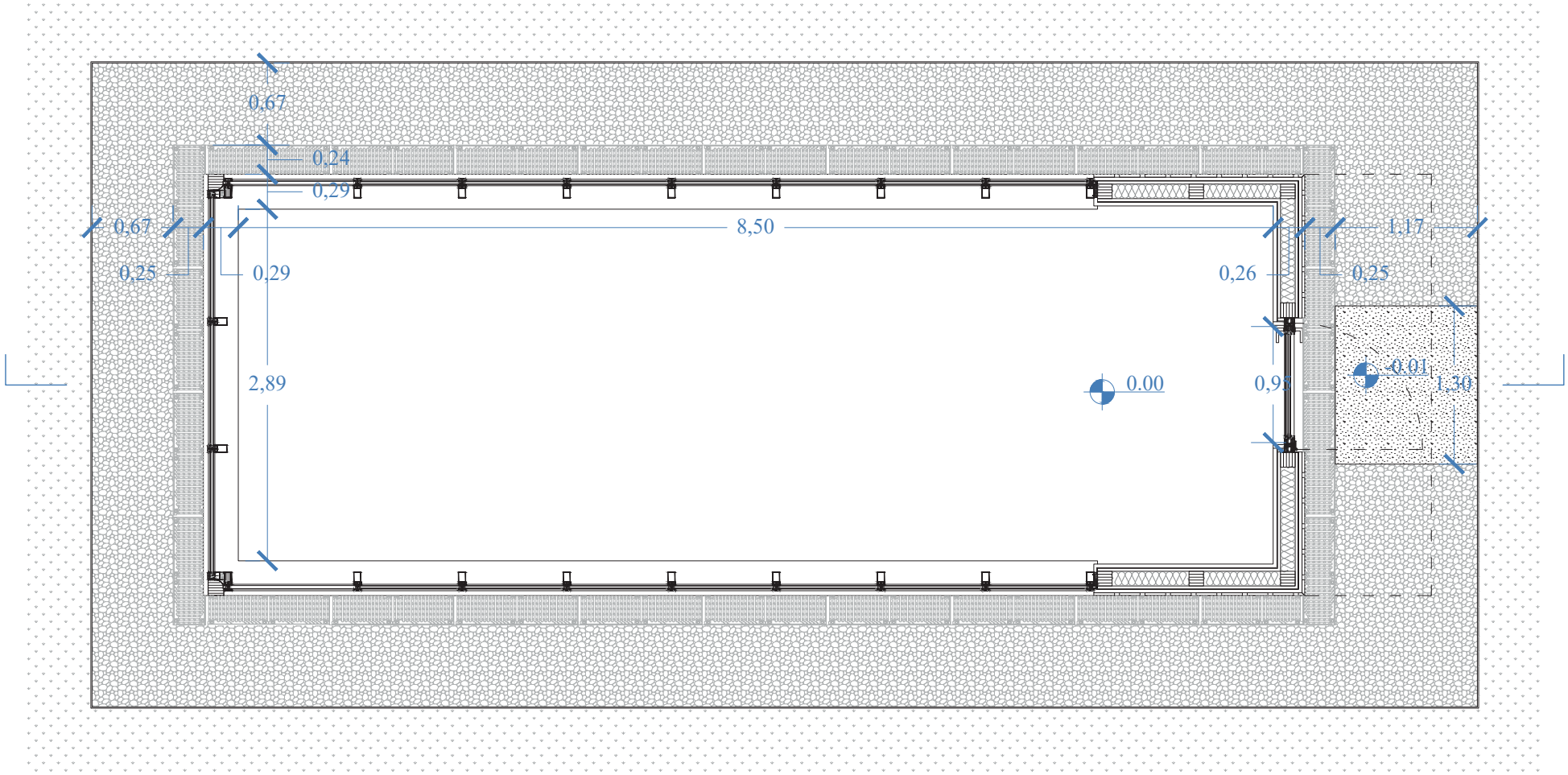
3. Le parti opache. (4-5-7)
La struttura delle chiusure opache è realizzata con un *telaio in legno lamellare* ancorato sul muro perimetrale. Questa struttura è tamponata sul lato interno ed esterno con *pannelli in OBS* in modo da creare una struttura rigida, tra i pannelli è inserito *l'isolante a celle aperte in fibra di legno celenit fl/110*. Verso il lato interno sopra il pannello di OBS è applicato prima il *pannello pcm della ditta 4e* e poi come finitura è applicato il *pannello celenit N in fibra di legno mineralizzata*. Sul lato esterno sopra al pannello in OBS viene applicata una *guaina impermeabile della Stamisol*. La finitura esterna è realizzata tramite l'applicazione di assi distanziati tra loro di quattro centimetri e distanziati tre centimetri dalla guaina.

Esploso assonometrico



Disegni

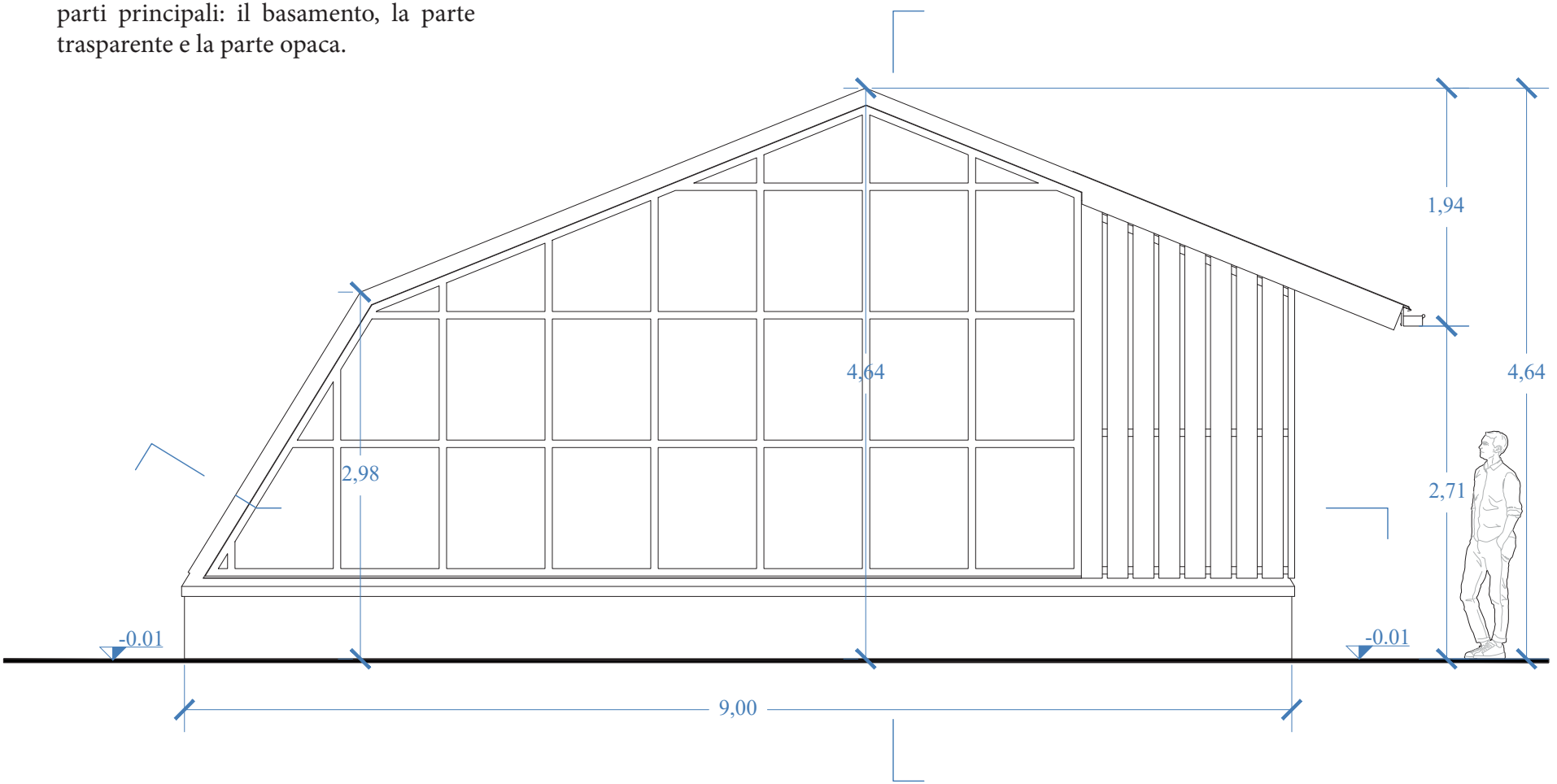
Pianta



Scala 1:50 0 0,5 1 1,5 2 2,5 m

Prospetto laterale est/ovest

I due prospetti laterali est e ovest sono uguali, per questo è rappresentato solo una volta. Il prospetto è suddiviso in tre parti principali: il basamento, la parte trasparente e la parte opaca.



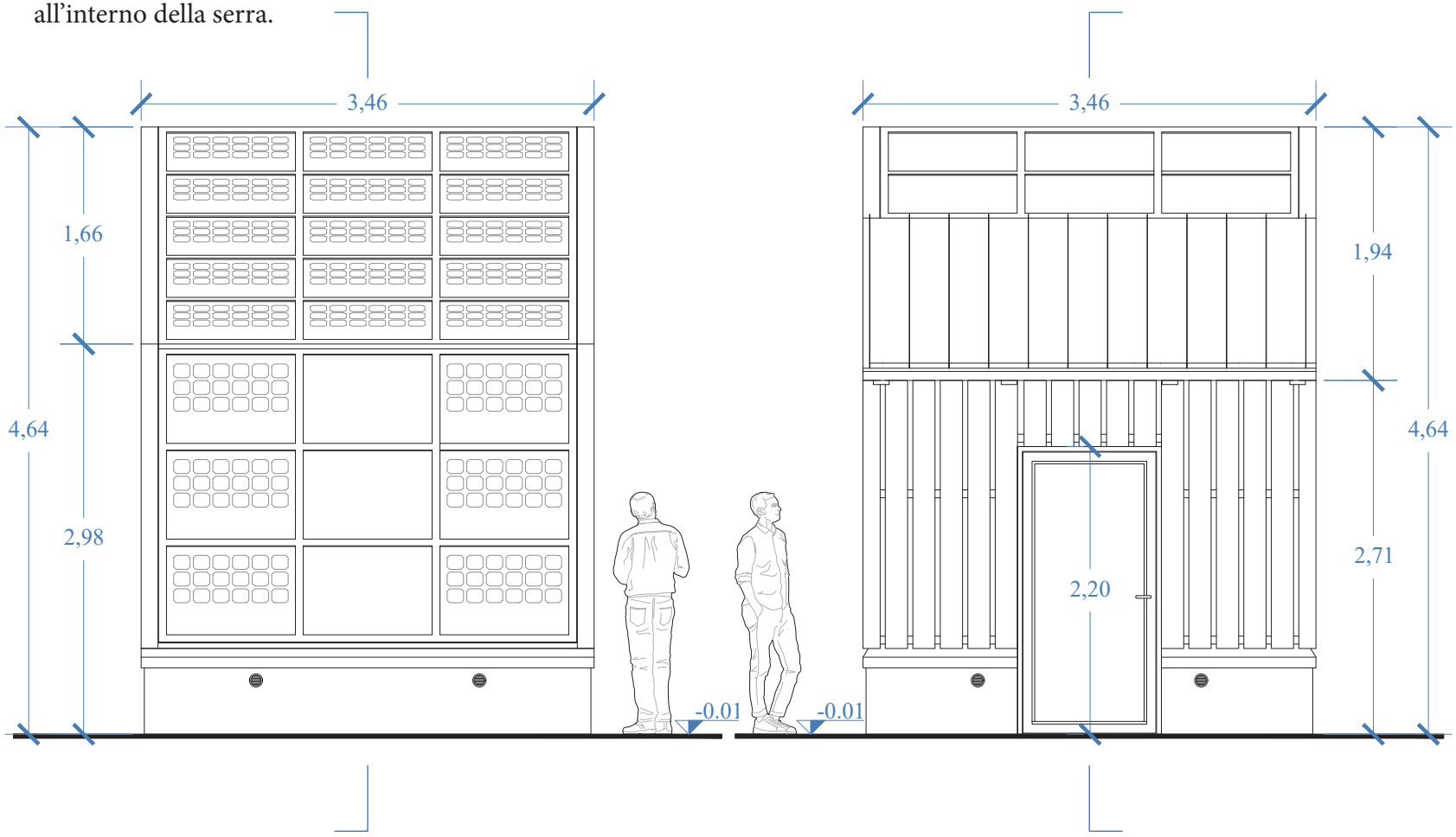
Scala 1:50 0 0,5 1 1,5 2 2,5 m

Prospetto frontale sud

Il prospetto sud è interamente vetrato per garantire il massimo apporto solare all'interno della serra.

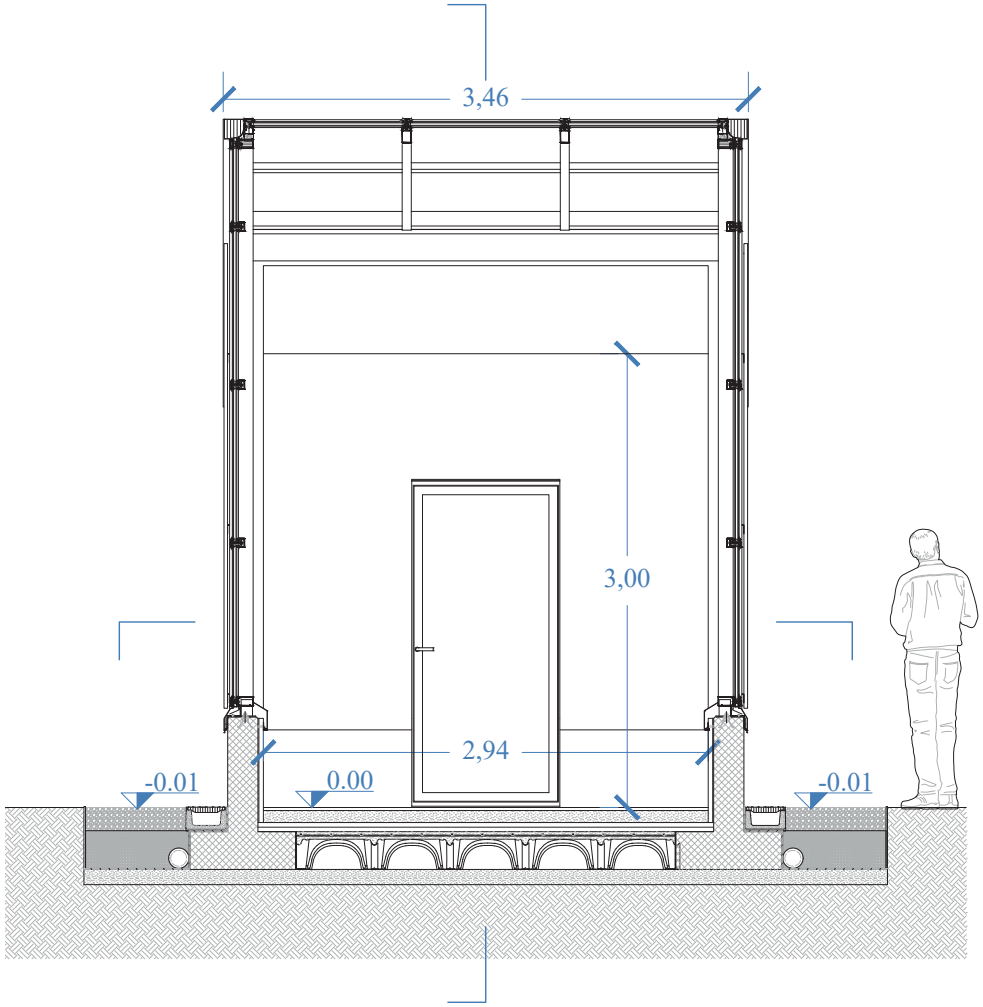
Prospetto frontale nord

Il prospetto nord è opaco per ridurre al minimo la dispersione del calore.



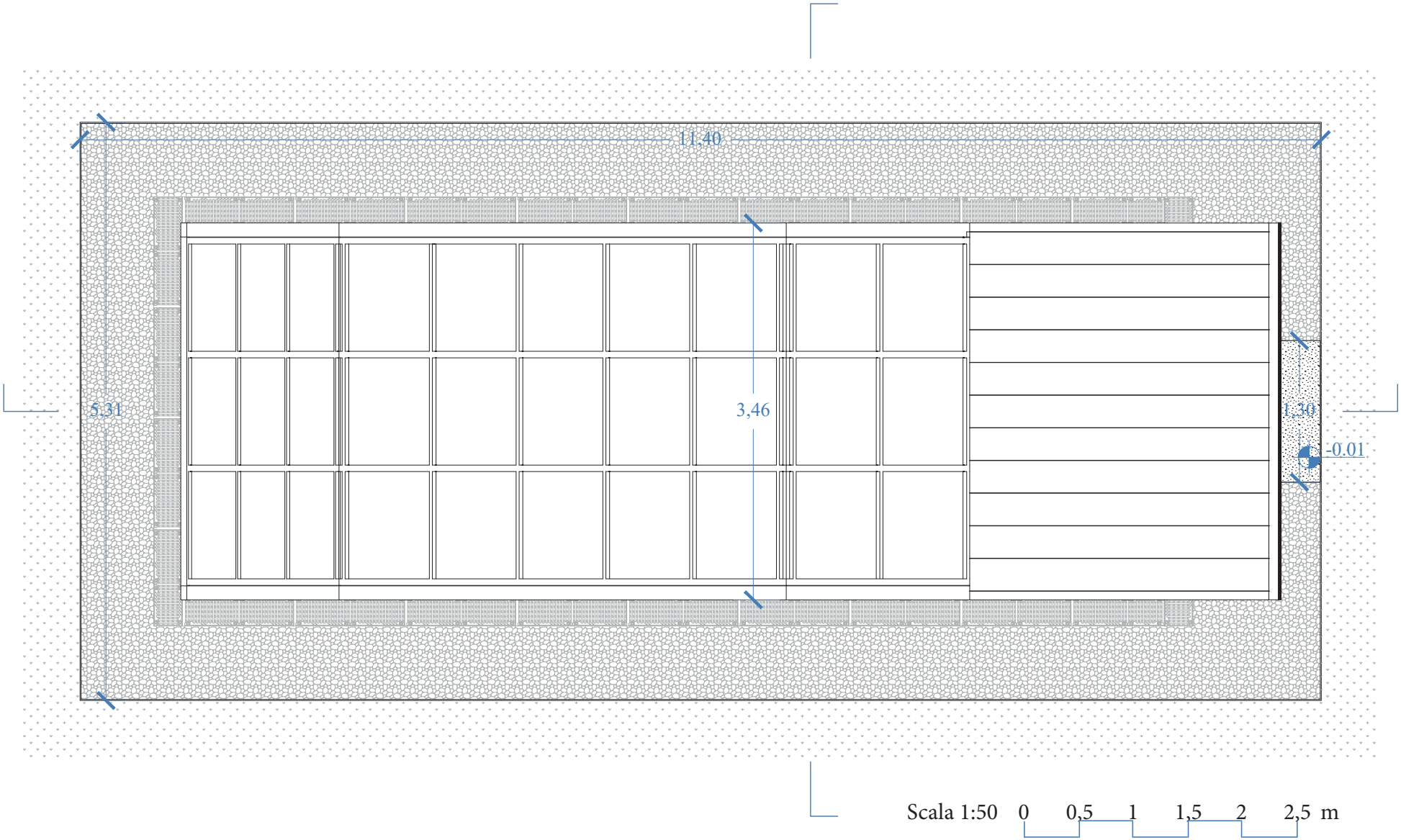
Scala 1:50 0 0,5 1 1,5 2 2,5 m

Sezione trasversale

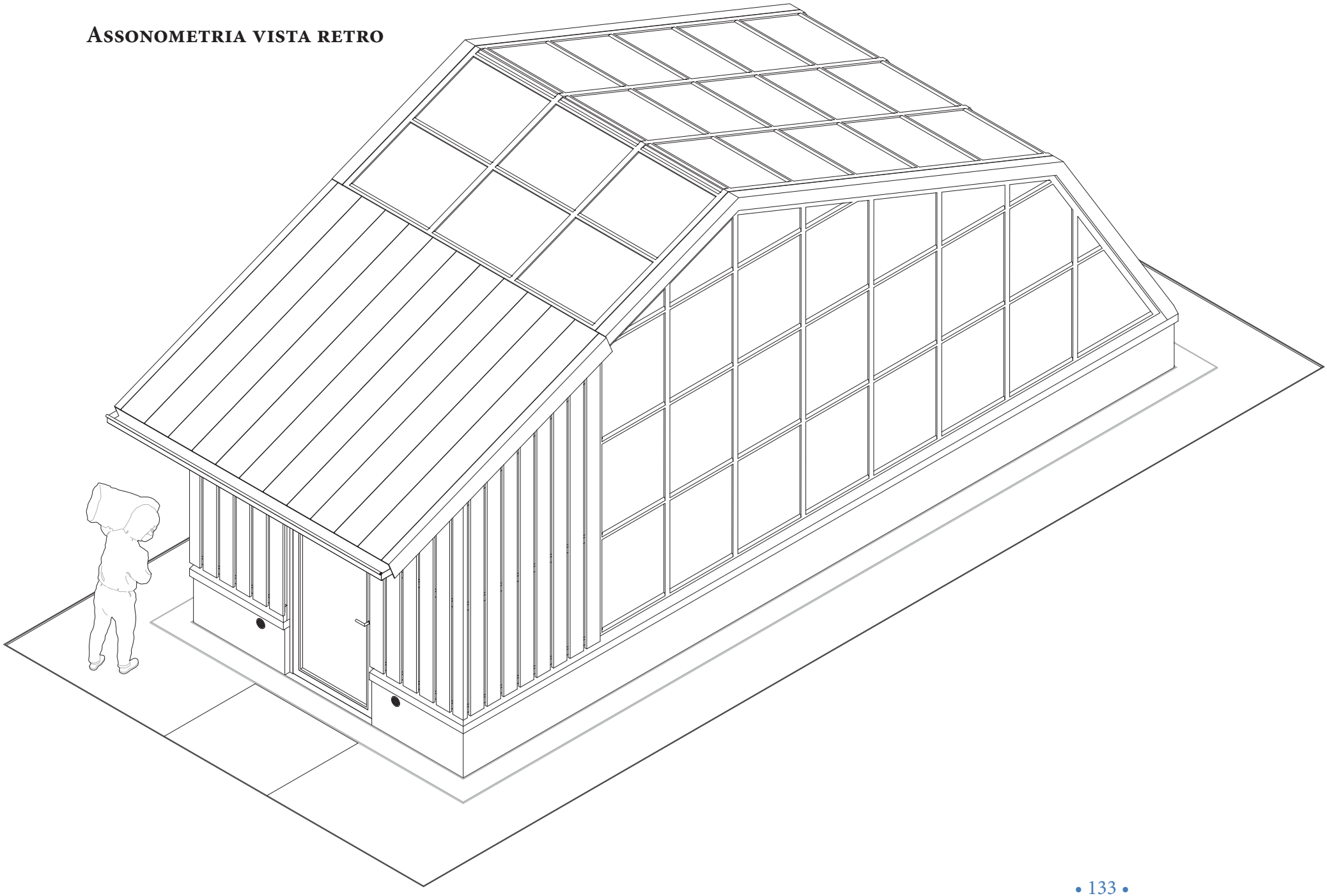


Scala 1:50 0 0,5 1 1,5 2 2,5 m

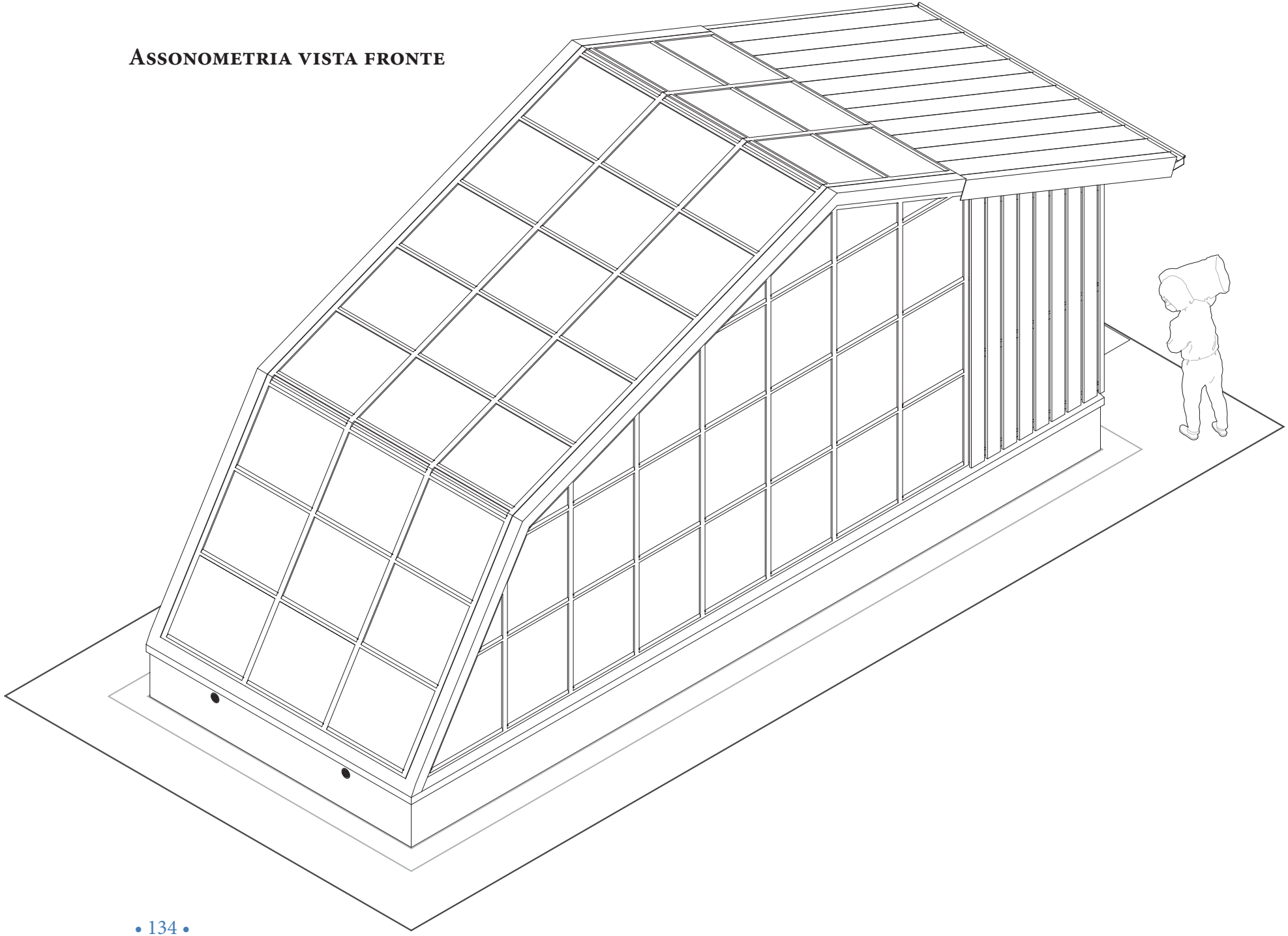
Pianta copertura



Assonometria vista retro

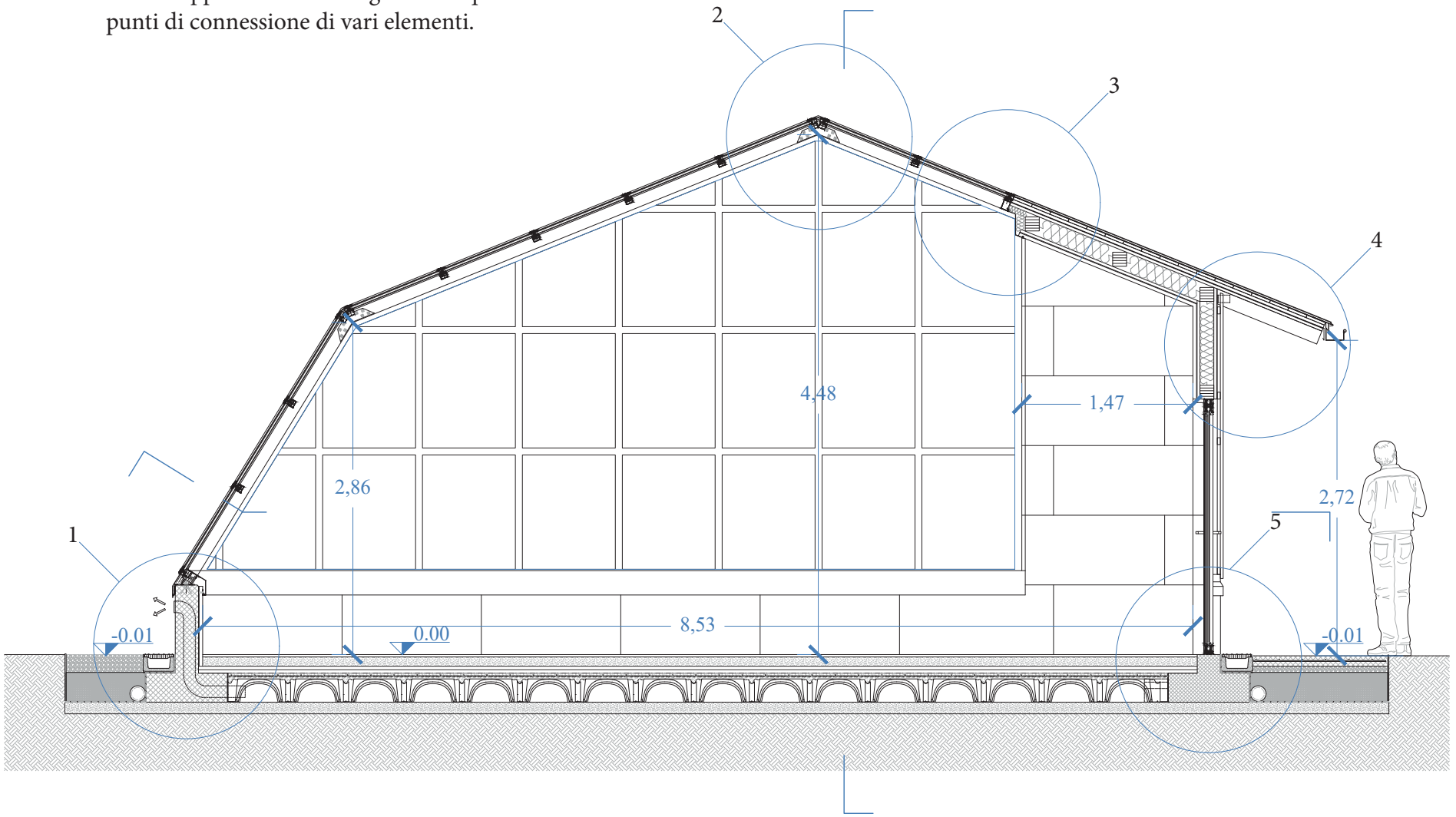


Assonometria vista fronte

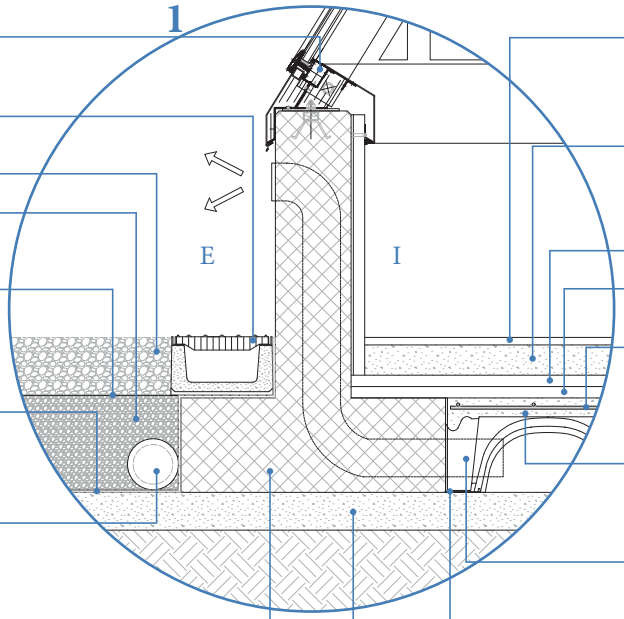


Cinque particolari costruttivi

Sono rappresentati di seguito cinque punti di connessione di vari elementi.



Scala 1:50 0 0,5 1 1,5 2 2,5 m



h. 6 cm - Poliedra Sky 60 - *Metra*

h. 15.5 cm - Canale grigliato S200 R - *Eurobeton*

h. 15 cm - Ghiaia grossolana

h. 25 cm - Ghiaia fine

s. 0.1 cm - Geotessile nontessuto Geotex R/RC - *Pavitex*

s. 0.65 cm - Telo bentonitico impermeabilizzante Mapeproof- *Mapei*

Ø 12.5 cm - Tubo corrugato a doppia parete per drenaggio CR30125V4 - *SystemGroup*

h. 25 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

h. 2 cm - Finitura pavimento industriale

h. 8 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

h. 3 cm - Celenit N - *Celenit*

h. 3 cm - Celenit N - *Celenit*

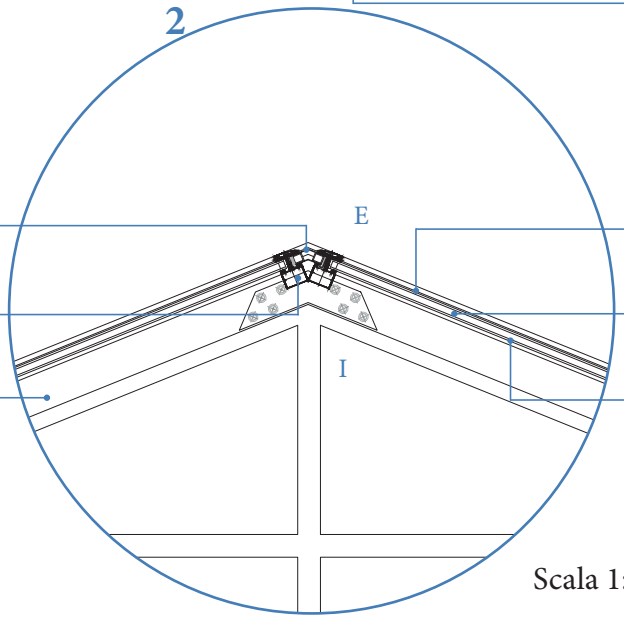
Ø 0.8 cm - Rete elttrosaldata 520/4 - *Alfa Acciai*

h. 5 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

h. 20 cm - Iglù h20 - *Daliform*

h. 20.5 cm - L-plast pannelllo fermagetto - *Daliform*

h. 10 cm - Magrone



s. 0.1 cm - Lamiera copri giunto - *Metra*

h. 6 cm - Poliedra Sky 60 - *Metra*

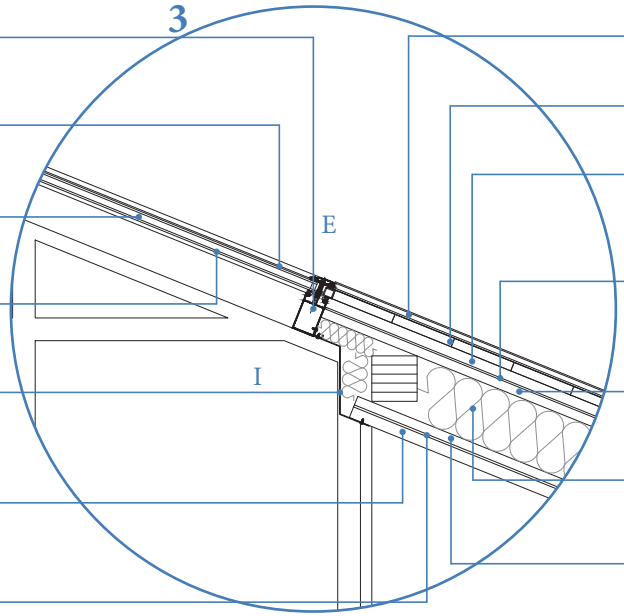
h. 10 cm - Poliedra Sky 60 - *Metra*

s. 0.4 cm - Vetro optifloat clear temprato - *Pilkington*

s. 1.5 cm - Intercapedine d'aria - *Pilkington*

s. 0.4 cm - Vetro optitherm S3 temprato - *Pilkington*

Scala 1:20 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1 m



h. 10 cm - Poliedra Sky 60 - *Metra*

s. 0.4 cm - Vetro optifloat clear temprato - *Pilkington*

s. 1.5 cm - Intercapedine d'aria - *Pilkington*

s. 0.4 cm - Vetro optitherm S3 temprato - *Pilkington*

s. 0.2 cm - Lamiera copri giunto - *Metra*

s. 3 cm - Fibra di legno mineralizata Celenit N - *Celenit*

s. 0.6 cm - Thermatile Pcm - e-*4e*

s. 0.1 cm - Lamiera rheinzink® color tile red - *Rheinzink*

s. 2.4 cm - Assito - *Dataholz*

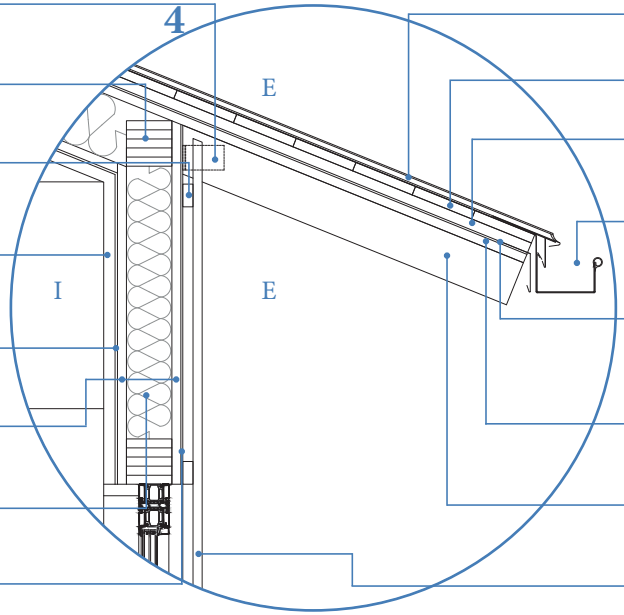
s. 2.4 cm - Piallati distanziati di 50 cm- *Dataholz*

s. 0.05 cm - Membrana altamente traspirante traspir 150 - *Rothoblaas*

s. 2.4 cm - Pannello OBS - *Dataholz*

s. 16 cm - Fibra di legno celenit fl/110 - *Celenit*

s. 2.4 cm - Pannello OBS - *Dataholz*



h. 6.5cm - Staffa a scomparsa allumidi - *Rothoblaas*

h. 12 cm - Trave lamellare - *Dataholz*

h. 6 cm - Profilo a C Plus 27/60/27- *Knauf*

s. 3 cm - Fibra di legno mineralizata Celenit N - *Celenit*

s. 0.6 cm - Thermatile Pcm - e-*4e*

s. 2.4 cm - Pannello OBS - *Dataholz*

s. 12 cm - Fibra di legno celenit fl/110 - *Celenit*

s. 0.5 cm - Guaina per facciate Advanced FA POP - *Stamisol*

s. 0.1 cm - Lamiera rheinzink® color tile red - *Rheinzink*

s. 2.4 cm - Assito - *Dataholz*

s. 2.4 cm - Piallati distanziati di 50 cm - *Dataholz*

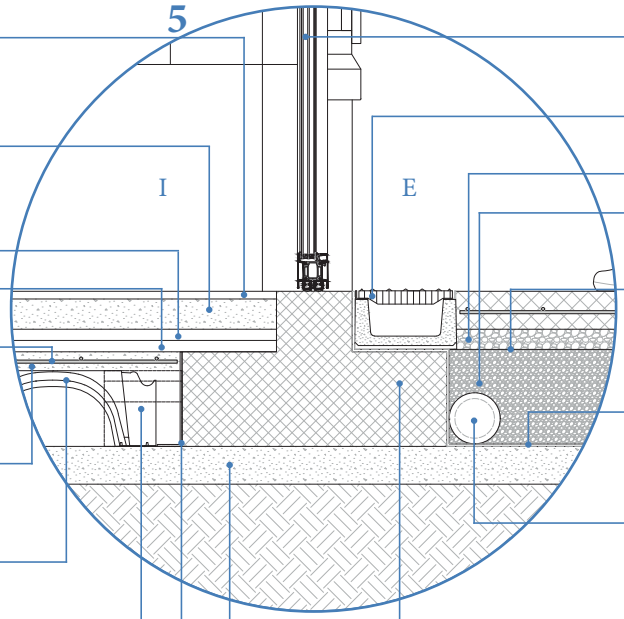
l. 15 cm -Grondaia rheinzink® color tile red - *Rheinzink*

s. 0.05 cm - Membrana altamente traspirante traspir 150 - *Rothoblaas*

s. 2.4 cm - Pannello OBS - *Dataholz*

h. 12 cm - Trave lamellare - *Dataholz*

s. 2.4 cm - Piallati distanziati di 4 cm - *Dataholz*



h. 2 cm - Finitura pavimento industriale

h. 8 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

h. 3 cm - Celenit N - *Celenit*

h. 3 cm - Celenit N - *Celenit*

Ø 0.8 cm - Rete elttrosaldata 520/4 - *Alfa Acciai*

h. 5 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

h. 20 cm - Iglù h20 - *Daliform*

h. 20.5 cm - Prolunga - *Daliform*

h. 20.5 cm - L-plast pannelllo fermagetto - *Daliform*

h. 210 cm - Porta ad un'anta complanare 8050 - *Palladio*

h. 15.5 cm - Canale grigliato S200 R - *Eurobeton*

h. 15 cm - Ghiaia grossolana

h. 25 cm - Ghiaia fine

s. 0.1 cm - Geotessile nontessuto Geotex R/RC - *Pavitex*

s. 0.65 cm - Telo bentonitico impermeabilizzante Mapeproof- *Mapei*

Ø 12.5 cm - Tubo corrugato a doppia parete per drenaggio CR30125V4 - *SystemGroup*

h. 25 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

h. 10 cm - Magrone

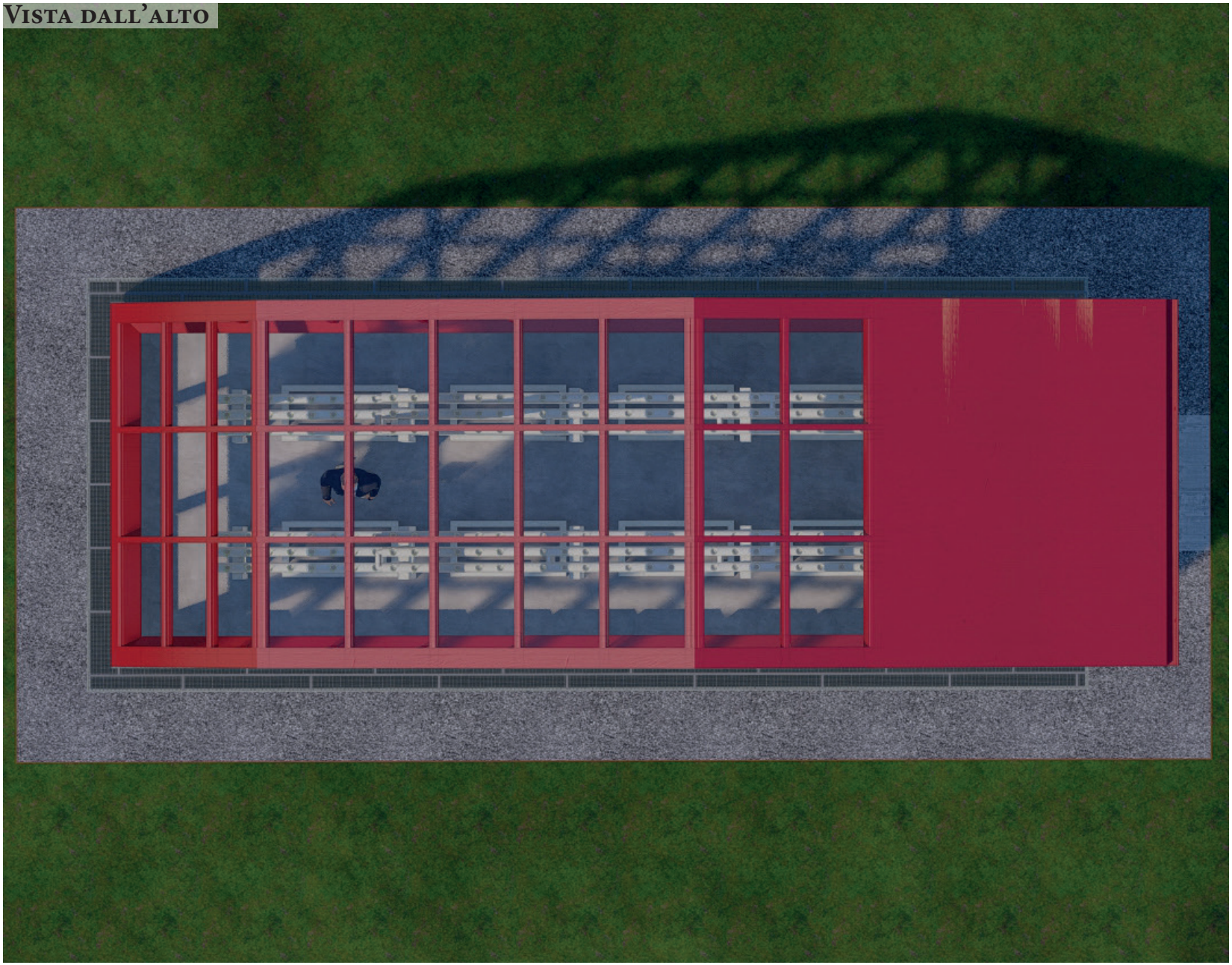
Scala 1:20 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1 m

Render

Vista assonometrica

Le seguenti viste renderizzate del modello 3D mostrano uno dei possibili sistemi inseribili all'interno della serra.

Vista dall'alto

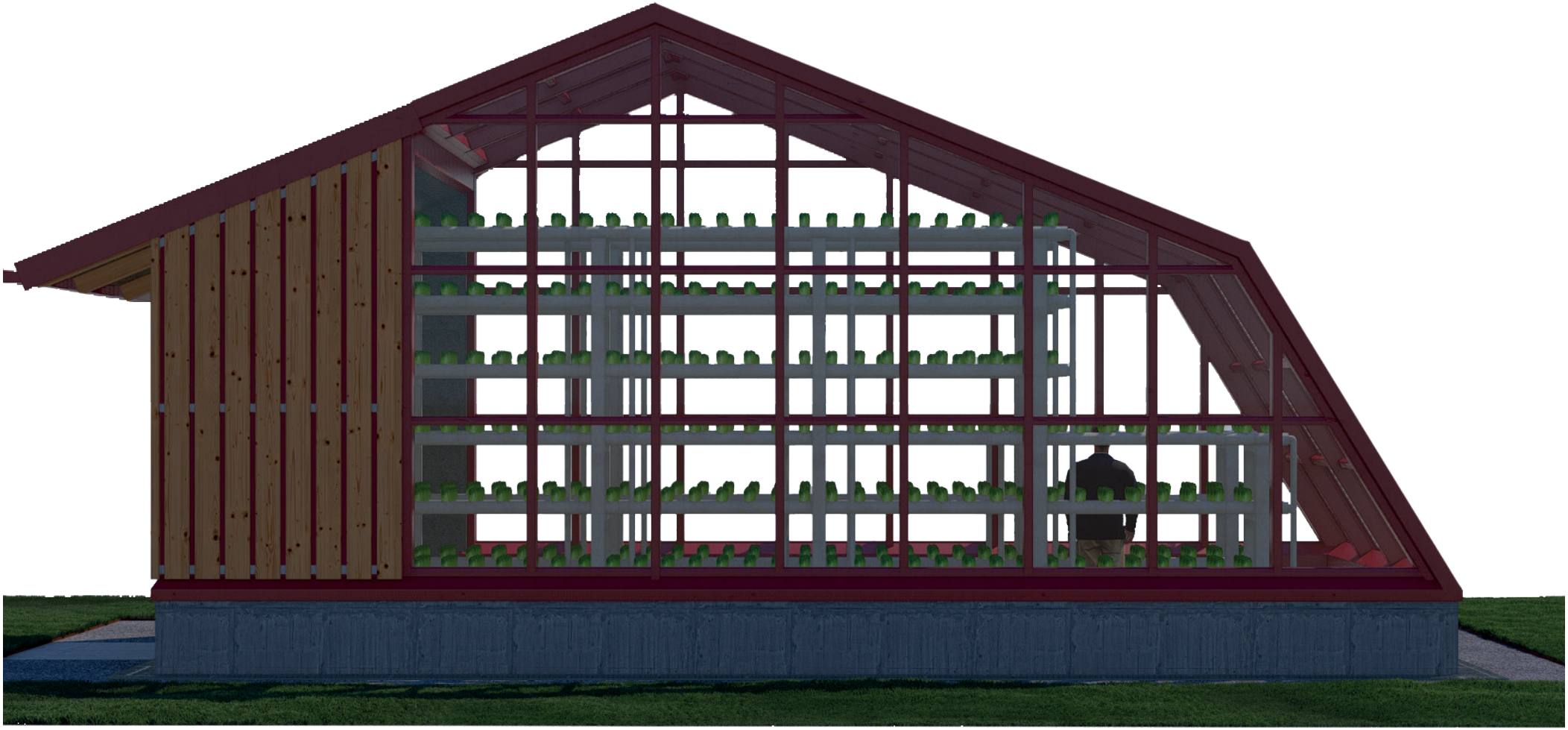


Prospetto sud

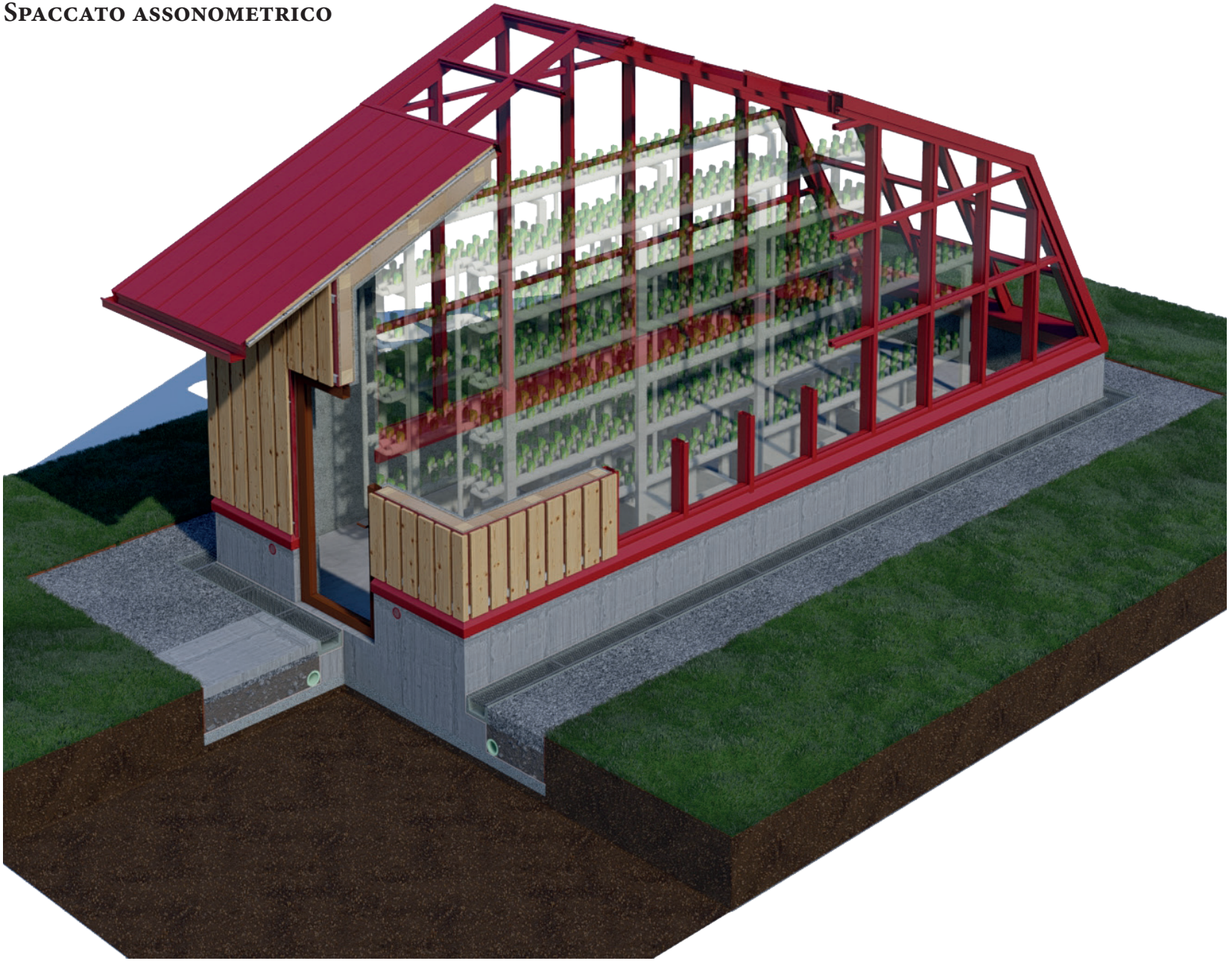
Prospetto nord

Prospetto est

Prospetto ovest



Spaccato assonometrico



Studio dei fenomeni termoigrometrici dell'involucro edilizio

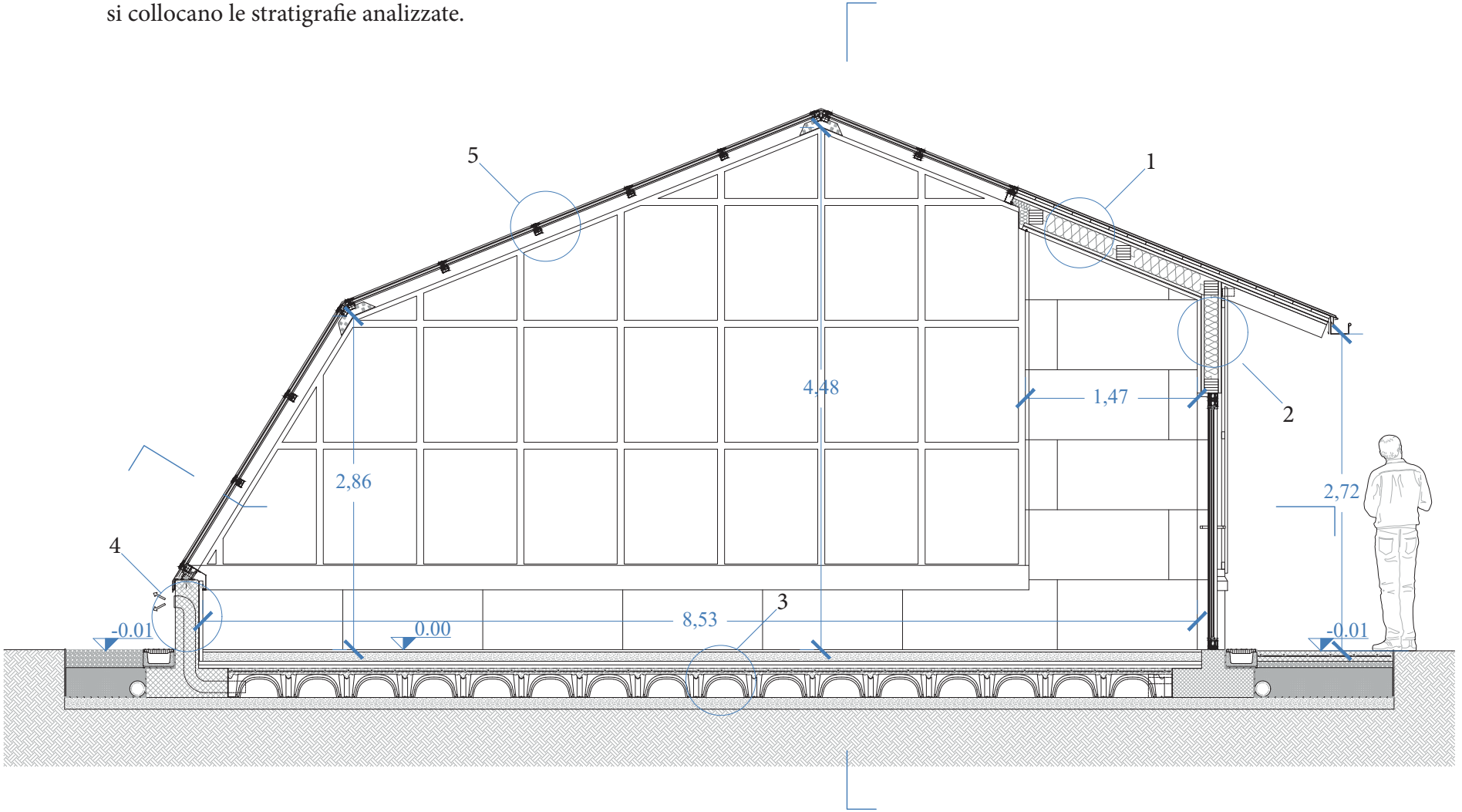
Caratterizzazione dell'involucro

La trasmissione del calore attraverso una parete avviene per una differenza di temperatura tra ambiente interno e ambiente esterno. Dato che l'area in cui è collocato il progetto si trova in zona climatica F, è importante che l'involucro opaco abbia delle **buone prestazioni igrotermiche** per garantire temperatura e umidità costanti nell'ambiente interno senza avere un enorme consumo di energia, diminuendo così i costi di riscaldamento e raffrescamento. I due principali requisiti termici sono: l'isolamento termico e l'inerzia termica. **L'isolamento termico** dell'involucro edilizio opaco è dato dalla presenza di un'adeguata coibentazione ed è definibile come l'attitudine della parete a ridurre la trasmissione del calore dall'interno all'esterno o dall'esterno all'interno. **L'inerzia termica** dell'involucro edilizio opaco è fortemente legata alla massa del componente, essa è la capacità della parete di ridurre e ritardare l'effetto delle sollecitazioni dinamiche sul carico termico dell'ambiente.
Per evitare i fenomeni di condensa sono stati eseguiti i calcoli dei parametri termici dinamici e delle prestazioni igrotermiche dei componenti edilizi secondo le norme UNI EN ISO e 13786: 2008 e UNI EN ISO 13788: 2013. I calcoli sono stati eseguiti attraverso l'ausilio del file Excel realizzato dal prof. Vincenzo Corrado del DENERG (Dipartimento Energia) del Politecnico di Torino.
I fenomeni di condensa si dividono in due categorie: la condensa superficiale e la condensa interstiziale.
La condensa superficiale si forma quando la temperatura superficiale delle pareti interne è inferiore alla temperatura di rugiada. I danni causati da questo fenomeno sono: la crescita di funghi, il degrado degli intonaci, la variazione dimensionale e il danneggiamento di manufatti. Anche se la condensa superficiale non è visibile, se la temperatura della superficie interna è prossima a quella di saturazione dell'aria che lambisce le pareti, può verificarsi la formazione di muffe o macchie.
La condensa interstiziale è dovuta alla condensazione del vapore all'interno delle strutture perimetrali. I danni causati da questo fenomeno sono: l'imputridimento delle strutture linee, la riduzione del grado di isolamento termico dell'involucro, la variazione dimensionale e il danneggiamento di manufatti, la migrazione di sali e la conseguente formazione di efflorescenze. I motivi che determinano la formazione di condensa sono: le caratteristiche dell'involucro edilizio, le condizioni climatiche esterne, la mancanza di un adeguato ricambio d'aria ed un eccesso di produzione di vapore all'interno dell'ambiente.

Oltre al progetto architettonico è stata svolta un'analisi dal punto di vista fisico dell'involucro edilizio. Dai calcoli svolti è emerso che le stratigrafie realizzate hanno ottime prestazioni igrotermiche durante tutto l'anno, presentano un elevato sfasamento e non sono soggette a fenomeni di condensa.

Sezione longitudinale

Questa sezione serve ad individuare dove si collocano le stratigrafie analizzate.

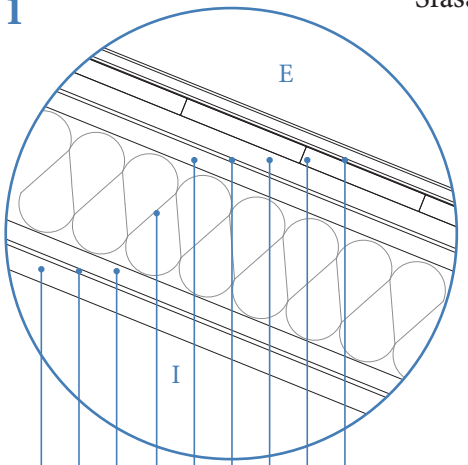


Scala 1:50 0 0,5 1 1,5 2 2,5 m

Chiusura superiore - Copertura opaca

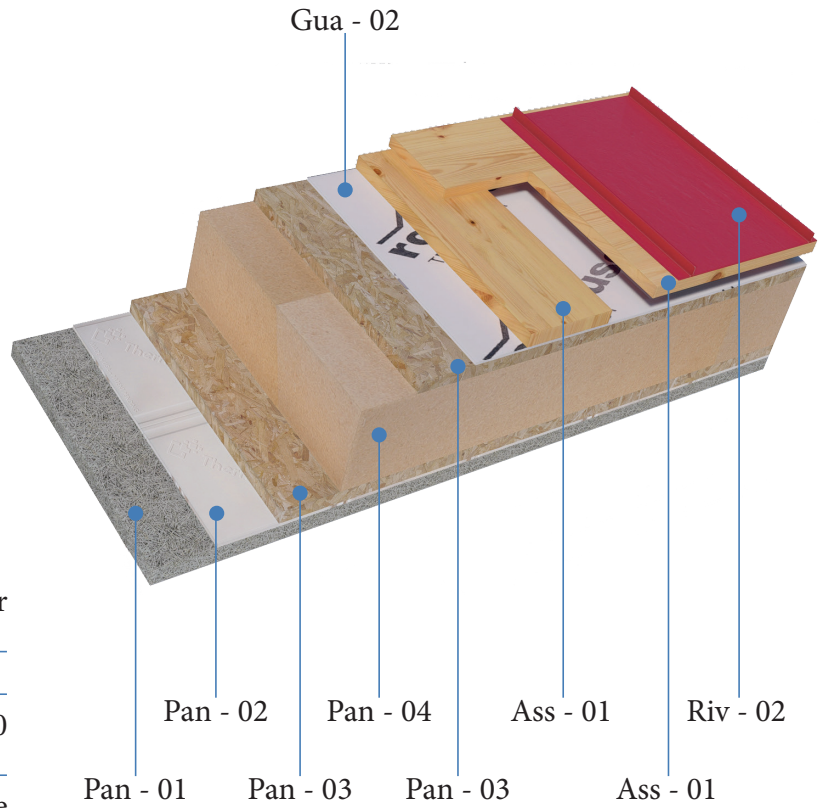
Spessore (s) 24,5 cm
Massa superficiale (m) 177 kg/m²
Resistenza termica (R) 5,418 (m²K)/W
Trasmittanza termica (U) 0,185 W/(m²K)
Sfasamento (φ) 16,27 h

1



- s. 0.1 cm - Lamiera rheinzink® color tile red - *Rheinzink*
- s. 2.4 cm - Assito - *Dataholz*
- s. 2.4 cm - Piallati distanziati di 50 cm- *Dataholz*
- s. 0.05 cm - Membrana altamente traspirante traspir 150 - *Rothoblaas*
- s. 2.4 cm - Pannello OBS - *Dataholz*
- s. 16 cm - Fibra di legno celenit fl/110 - *Celenit*
- s. 2.4 cm - Pannello OBS - *Dataholz*
- s. 0.6 cm - Thermatile Pcm - e-*4e*
- s. 3 cm - Fibra di legno mineralizata Celenit N - *Celenit*

Riferimento schede tecniche



Scala 1:10 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 m

Chiusura superiore - Copertura opaca

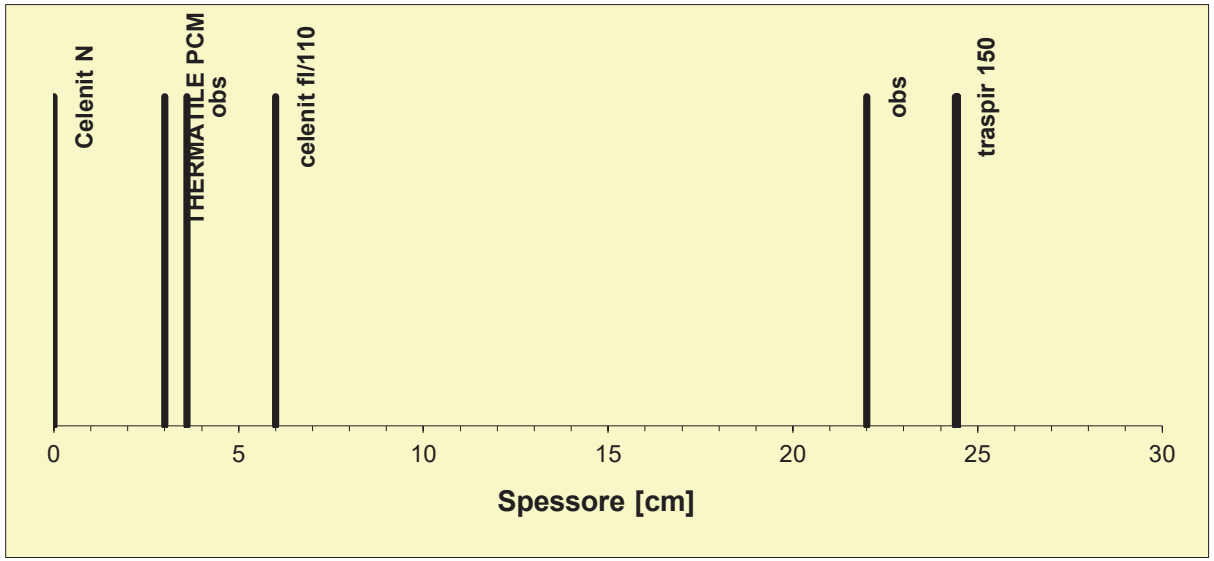
Tabella 1.

Tipo di componente	Partizione orizzontale

Stratigrafia (int-est)		s [cm]	ρ [kg/m³]	μ [-]	c [J/kg°C]	λ [W/m°C]	R [m²°C/W]	opz. λ→R
Strato liminare interno							0,13	
I	Celenit N	3,0	1300	5	1810		0,45	☑
II	THERMATILE PCM	0,6	5700	11	3140	0,160		☐
III	obs	2,4	550	30	1700	0,130		☐
IV	celenit fl/110	16,0	110	3	2100		4,30	☑
V	obs	2,4	550	30	1700	0,130		☐
VI	traspir 150	0,1	300	40	1800	0,300		☐
VII								☐
VIII								☐
IX								☐
X								☐
Strato liminare esterno							0,13	

Parametro	Modulo	Sfasamento
Ammettenza termica interna (Y_{ii})	2,423 W/(m²K)	1,78 h
Ammettenza termica esterna (Y_{ee})	1,829 W/(m²K)	3,63 h
Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})	**0,013 W/(m²K)**	7,73 h
Capacità termica areica interna (κ_i)	**33,3 kJ/(m²K)**	
Capacità termica areica esterna (κ_e)	25,1 kJ/(m²K)	
Resistenza termica (R)	5,418 (m²K)/W	
Trasmittanza termica (U)	**0,185 W/(m²K)**	
Fattore di attenuazione (f)	**0,070**	

Spessore (s)	**24,5 cm**	
Massa superficiale (m)	**117 kg/m²**	
Sfasamento (φ)	**16,27 h**	



LEGENDA
s = spessore
ρ = massa volumica
μ = fattore di resistenza al vapore
c = calore specifico
λ = conducibilità termica
R = resistenza termica

Tabella 2.

Città	Zona climatica
Arvier	F

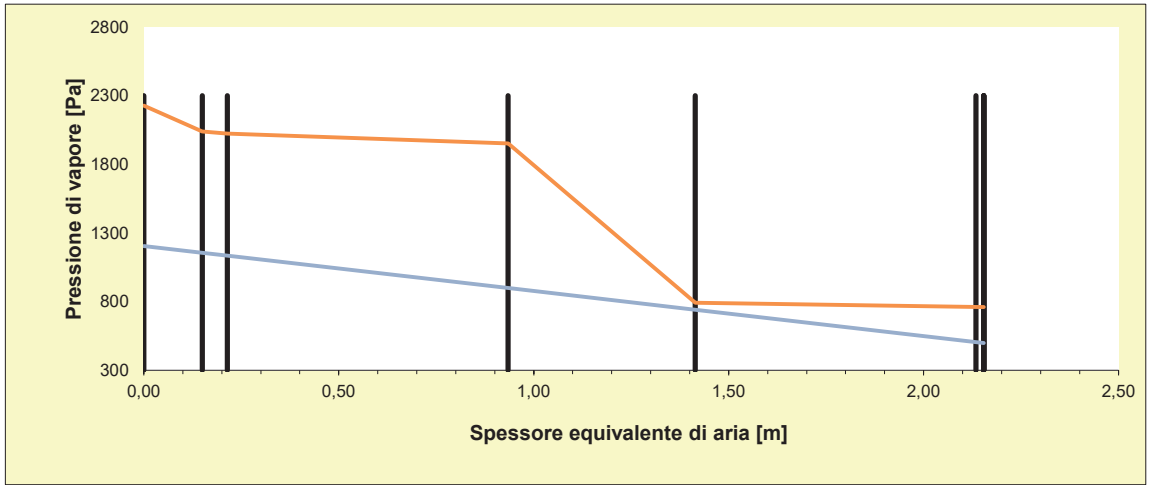
			Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura esterna	θ_e	[°C]	2,9	3,7	8,4	12,3	15,4	20,1	21,9	21,2	17,4	12,0	6,5	3,6
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]	499	518	629	809	1027	1383	1473	1507	1228	1001	730	556
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]	66%	65%	57%	56%	59%	59%	56%	60%	62%	71%	75%	70%
Temperatura interna	θ_i	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	20,1	21,9	21,2	18,0	20,0	20,0	20,0
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]	706	678	513	372	264	100	100	100	191	382	578	683
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]	1205	1196	1142	1181	1291	1483	1573	1607	1419	1383	1308	1239
Umidità relativa interna	φ_i	[%]	52%	51%	49%	50%	63%	63%	60%	64%	69%	59%	56%	53%
(in alternativa) Umidità relativa interna controllata da impianto	$\varphi_{i\ (controllata)}$	[%]	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Temperatura superficiale min.	$\theta_{si,min}$	[°C]	12,9	12,8	12,1	12,6	14,0	16,1	17,1	17,4	15,4	15,1	14,2	13,4
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]	0,59	0,56	0,32	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,57	0,60
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m^2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

810	Δp_{max}	Classe di umidità 3

NO COND. SUP.

NO COND. INT.

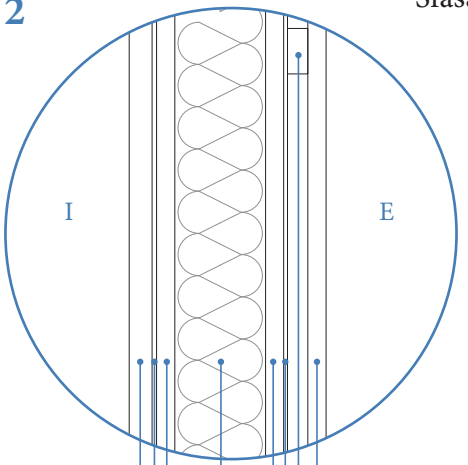
Mese
Gennaio



Chiusura verticale - parete opaca a nord

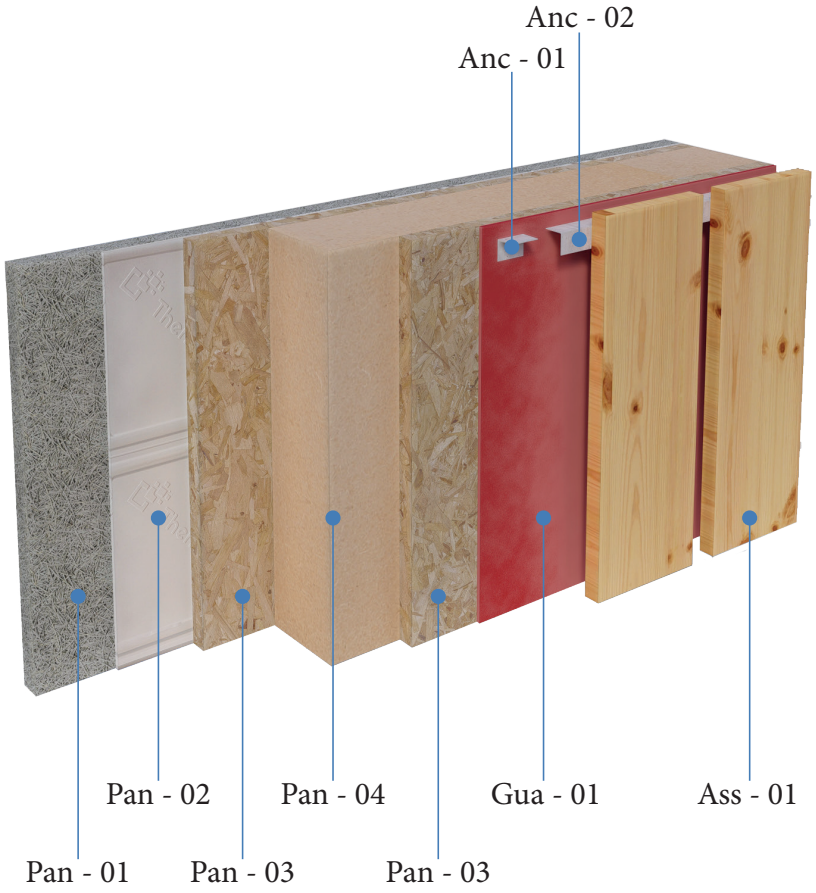
Spessore (s) 20,5 cm
Massa superficiale (m) 113 kg/m²
Resistenza termica (R) 4,319 (m²K)/W
Trasmittanza termica (U) 0,232 W/(m²K)
Sfasamento (φ) 13,94 h

2



s. 2.4 cm - Piallati distanziati di 4 cm - *Dataholz*
h. 6 cm - Profilo a C Plus 27/60/27- *Knauf*
s. 0.5 cm - Guaina per facciate Advanced FA POP - *Stamisol*
s. 2.4 cm - Pannello OBS - *Dataholz*
s. 12 cm - Fibra di legno celenit fl/110 - *Celenit*
s. 2.4 cm - Pannello OBS - *Dataholz*
s. 0.6 cm - Thermatile Pcm - e-*4e*
s. 3 cm - Fibra di legno mineralizata Celenit N - *Celenit*

Riferimento schede tecniche



Scala 1:10 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 m

Chiusura verticale - parete opaca a nord

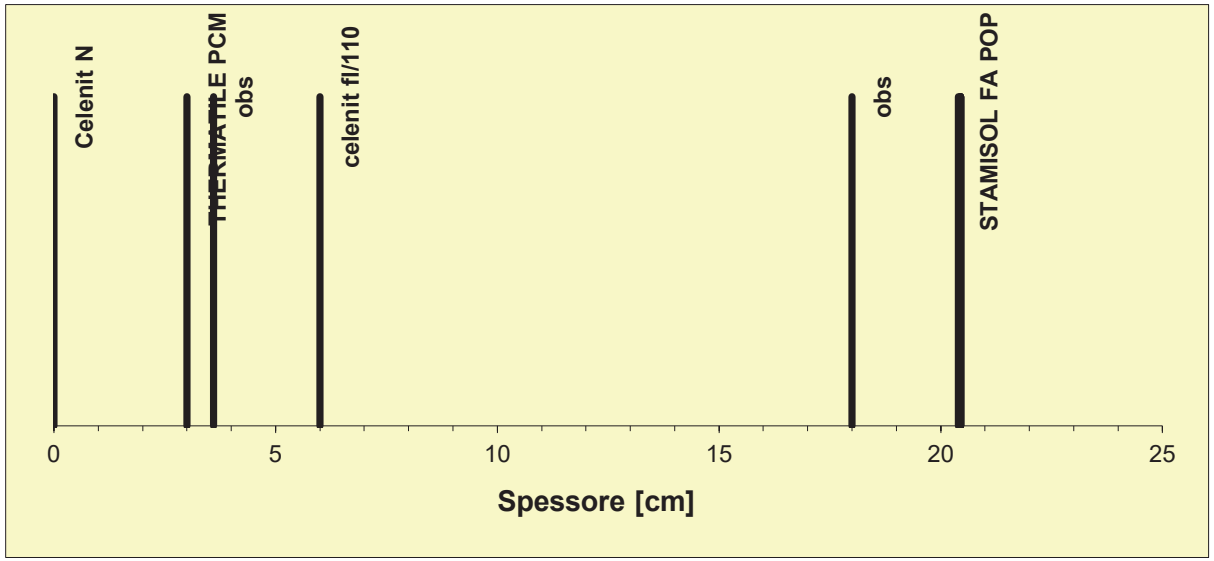
Tabella 1.

Tipo di componente	Partizione verticale

Stratigrafia (int-est)		s [cm]	ρ [kg/m³]	μ [-]	c [J/kg°C]	λ [W/m°C]	R [m²°C/W]	opz. λ→R
Strato liminare interno							0,13	
I	Celenit N	3,0	1300	5	1810		0,45	☑
II	THERMATILE PCM	0,6	5700	11	3140	0,160		☐
III	obs	2,4	550	30	1700	0,130		☐
IV	celenit fl/110	12,0	110	3	2100		3,20	☑
V	obs	2,4	550	30	1700	0,130		☐
VI	STAMISOL FA POP	0,1	600	40	1700	0,220		☐
VII								☐
VIII								☐
IX								☐
X								☐
Strato liminare esterno							0,13	

Parametro	Modulo	Sfasamento
Ammettenza termica interna (Y_{ii})	2,423 W/(m²K)	1,78 h
Ammettenza termica esterna (Y_{ee})	1,838 W/(m²K)	3,66 h
Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})	**0,023 W/(m²K)**	10,06 h
Capacità termica areica interna (κ_i)	**33,5 kJ/(m²K)**	
Capacità termica areica esterna (κ_e)	25,3 kJ/(m²K)	
Resistenza termica (R)	4,319 (m²K)/W	
Trasmittanza termica (U)	**0,232 W/(m²K)**	
Fattore di attenuazione (f)	**0,101**	

Spessore (s)	**20,5 cm**	
Massa superficiale (m)	**113 kg/m²**	
Sfasamento (φ)	**13,94 h**	



LEGENDA
s = spessore
ρ = massa volumica
μ = fattore di resistenza al vapore
c = calore specifico
λ = conducibilità termica
R = resistenza termica

Tabella 2.

Città	Zona climatica
Arvier	F

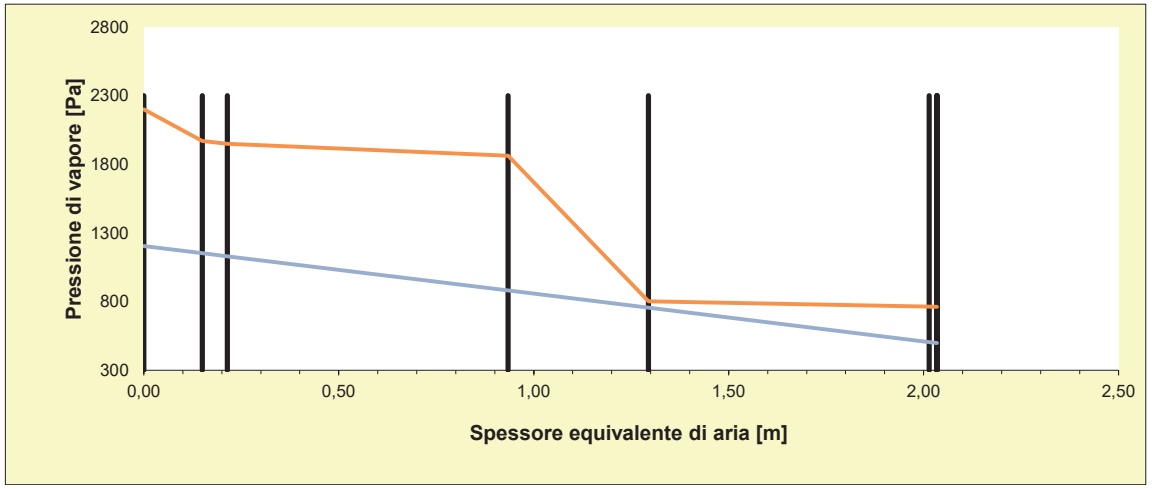
			Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura esterna	θ_e	[°C]	2,9	3,7	8,4	12,3	15,4	20,1	21,9	21,2	17,4	12,0	6,5	3,6
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]	499	518	629	809	1027	1383	1473	1507	1228	1001	730	556
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]	66%	65%	57%	56%	59%	59%	56%	60%	62%	71%	75%	70%
Temperatura interna	θ_i	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	20,1	21,9	21,2	18,0	20,0	20,0	20,0
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]	706	678	513	372	264	100	100	100	191	382	578	683
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]	1205	1196	1142	1181	1291	1483	1573	1607	1419	1383	1308	1239
Umidità relativa interna	φ_i	[%]	52%	51%	49%	50%	63%	63%	60%	64%	69%	59%	56%	53%
(in alternativa) Umidità relativa interna controllata da impianto	$\varphi_{i\ (controllata)}$	[%]	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Temperatura superficiale min.	$\theta_{si,min}$	[°C]	12,9	12,8	12,1	12,6	14,0	16,1	17,1	17,4	15,4	15,1	14,2	13,4
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]	0,59	0,56	0,32	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,57	0,60
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m^2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

810	Δp_{max}	Classe di umidità 3

NO COND. SUP.

NO COND. INT.

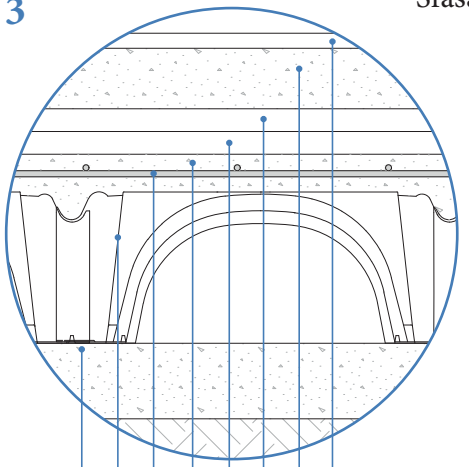
Mese
Gennaio



Chiusura orizzontale - Solaio a terra

Spessore (s) 21 cm
Massa superficiale (m) 318 kg/m²
Resistenza termica (R) 1,388 (m²K)/W
Trasmittanza termica (U) 0,721 W/(m²K)
Sfasamento (φ) 13,29 h

3



s. 2 cm - Finitura pavimento industriale

s. 8 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

s. 3 cm - Celenit N - *Celenit*

s. 3 cm - Celenit N - *Celenit*

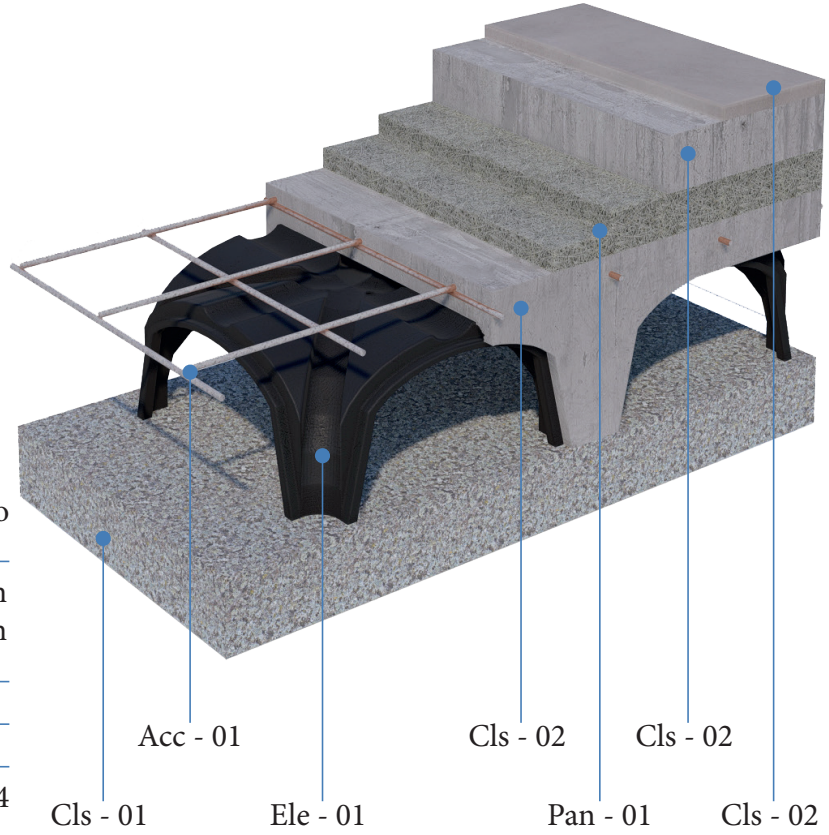
Ø 0.8 cm - Rete elttrosaldata 520/4 - *Alfa Acciai*

s. 5 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

s. 20 cm - Iglù h20 - *Daliform*

s. 10 cm - Magrone

Riferimento schede tecniche



Scala 1:10 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0.5 m

Chiusura orizzontale inferiore - Solaio a terra

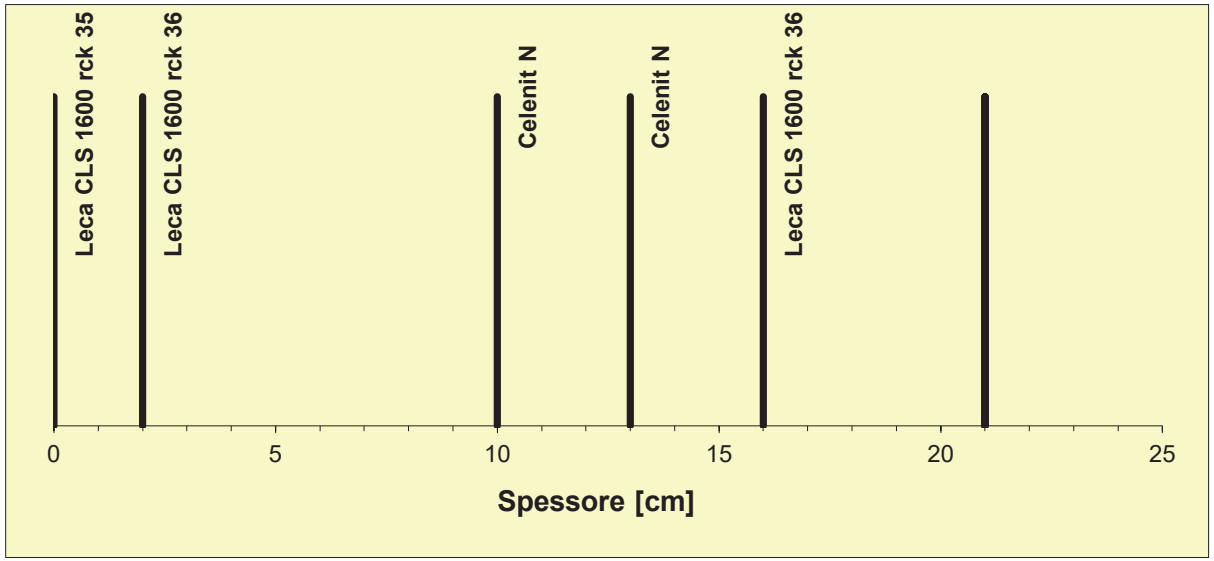
Tabella 1.

Tipo di componente	Chiusura orizzontale inferiore

Stratigrafia (int-est)		s [cm]	ρ [kg/m³]	μ [-]	c [J/kg°C]	λ [W/m°C]	R [m²°C/W]	opz. λ→R
Strato liminare interno							0,17	
I	Leca CLS 1600 rck 3	2,0	1600	69	1000	0,540		☐
II	Leca CLS 1600 rck 3	8,0	1600	69	1000	0,540		☐
III	Celenit N	3,0	1300	5	1810		0,45	☑
IV	Celenit N	3,0	1300	5	1810		0,45	☑
V	Leca CLS 1600 rck 3	5,0	1600	69	1000	0,540		☐
VI								☐
VII								☐
VIII								☐
IX								☐
X								☐
Strato liminare esterno							0,04	

Parametro	Modulo	Sfasamento
Ammettenza termica interna (Y_{ii})	3,793 W/(m²K)	1,36 h
Ammettenza termica esterna (Y_{ee})	5,907 W/(m²K)	3,17 h
Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})	**0,121 W/(m²K)**	10,71 h
Capacità termica areica interna (κ_i)	**53,4 kJ/(m²K)**	
Capacità termica areica esterna (κ_e)	81,9 kJ/(m²K)	
Resistenza termica (R)	1,388 (m²K)/W	
Trasmittanza termica (U)	**0,721 W/(m²K)**	
Fattore di attenuazione (f)	**0,168**	

Spessore (s)	**21,0 cm**	
Massa superficiale (m)	**318 kg/m²**	
Sfasamento (φ)	**13,29 h**	



LEGENDA
s = spessore
ρ = massa volumica
μ = fattore di resistenza al vapore
c = calore specifico
λ = conducibilità termica
R = resistenza termica

Tabella 2.

Città	Zona climatica
Arvier	F

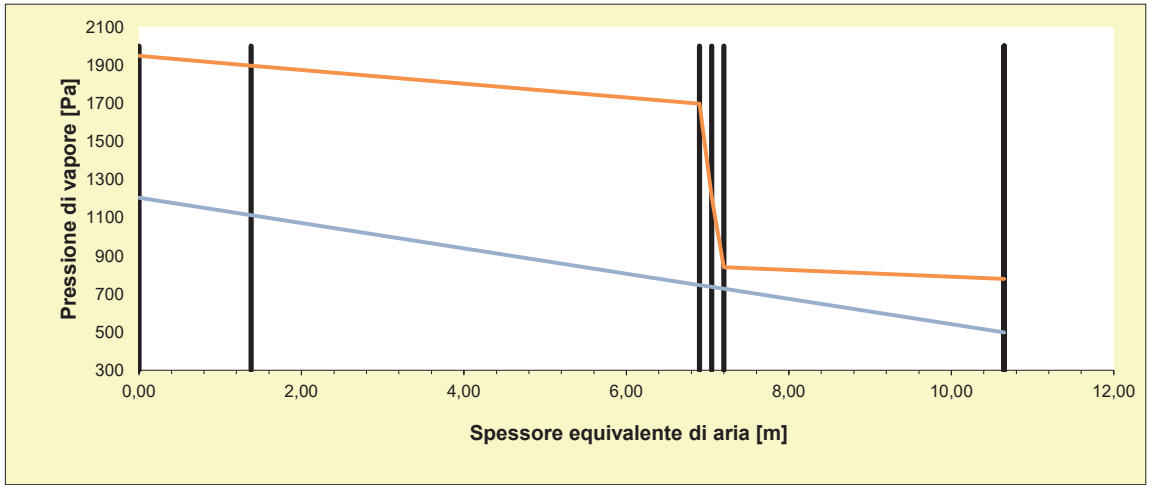
			Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura esterna	θ_e	[°C]	2,9	3,7	8,4	12,3	15,4	20,1	21,9	21,2	17,4	12,0	6,5	3,6
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]	499	518	629	809	1027	1383	1473	1507	1228	1001	730	556
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]	66%	65%	57%	56%	59%	59%	56%	60%	62%	71%	75%	70%
Temperatura interna	θ_i	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	20,1	21,9	21,2	18,0	20,0	20,0	20,0
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]	706	678	513	372	264	100	100	100	191	382	578	683
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]	1205	1196	1142	1181	1291	1483	1573	1607	1419	1383	1308	1239
Umidità relativa interna	φ_i	[%]	52%	51%	49%	50%	63%	63%	60%	64%	69%	59%	56%	53%
(in alternativa) Umidità relativa interna controllata da impianto	$\varphi_{i\ (controllata)}$	[%]	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Temperatura superficiale min.	$\theta_{si,min}$	[°C]	12,9	12,8	12,1	12,6	14,0	16,1	17,1	17,4	15,4	15,1	14,2	13,4
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]	0,59	0,56	0,32	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,57	0,60
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m^2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

810	Δp_{max}	Classe di umidità 3

NO COND. SUP.

NO COND. INT.

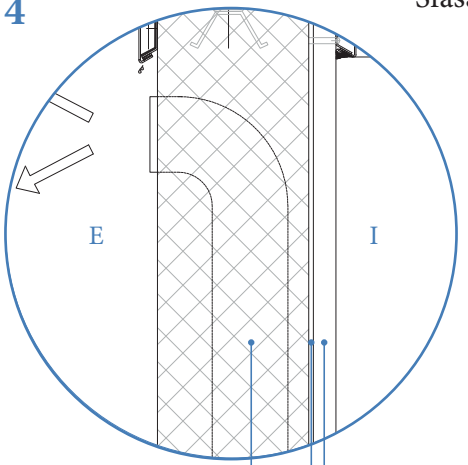
Mese
Gennaio



Chiusura verticale - basamento

Spessore (s) 28,6 cm
Massa superficiale (m) 473 kg/m²
Resistenza termica (R) 1,120 (m²K)/W
Trasmittanza termica (U) 0,892 W/(m²K)
Sfasamento (φ) 14,35 h

4



s. 3 cm - Celenit N - *Celenit*
s. 0.6 cm - Thermatile Pcm - e-*4e*
s. 25 cm - Lecacls 1600 Rck 35 con aggiunta di additivo Penetron Admix - *LECA & Penetron*

I muri perimetrali della base della serra sono realizzati in loco attraverso il getto di calcestruzzo. Hanno uno spessore di 28,6 cm di cui 25 cm sono di CLS. Il classico isolante è stato sostituito con un materiale innovativo: il PCM.

Riferimento schede tecniche

Scala 1:10 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 m

Chiusura verticale - basamento

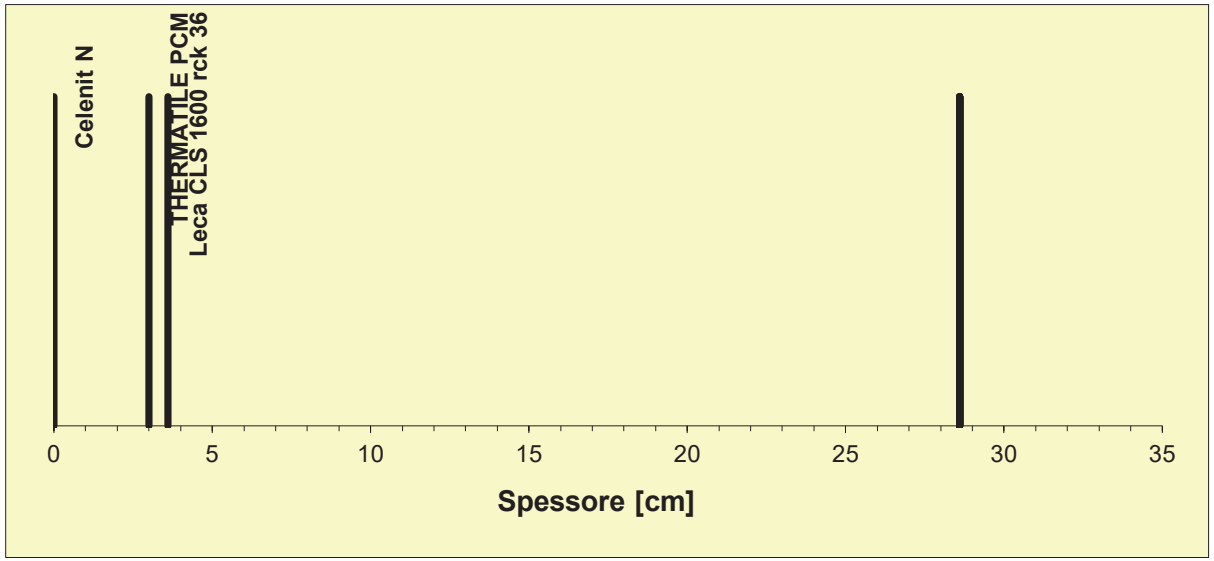
Tabella 1.

Tipo di componente	Chiusura verticale

Stratigrafia (int-est)		s [cm]	ρ [kg/m³]	μ [-]	c [J/kg°C]	λ [W/m°C]	R [m²°C/W]	opz. λ→R
Strato liminare interno							0,13	
I	Celenit N	3,0	1300	5	1810		0,45	☑
II	THERMATILE PCM	0,6	5700	11	3140	0,160		☐
III	Leca CLS 1600 rck 3	25,0	1600	69	1000	0,540		☐
IV								☐
V								☐
VI								☐
VII								☐
VIII								☐
IX								☐
X								☐
Strato liminare esterno							0,04	

Parametro	Modulo	Sfasamento
Ammettenza termica interna (Y_{ii})	2,360 W/(m²K)	1,82 h
Ammettenza termica esterna (Y_{ee})	6,362 W/(m²K)	2,31 h
Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})	**0,083 W/(m²K)**	9,65 h
Capacità termica areica interna (κ_i)	**33,0 kJ/(m²K)**	
Capacità termica areica esterna (κ_e)	87,9 kJ/(m²K)	
Resistenza termica (R)	1,120 (m²K)/W	
Trasmittanza termica (U)	**0,892 W/(m²K)**	
Fattore di attenuazione (f)	**0,093**	

Spessore (s)	**28,6 cm**	
Massa superficiale (m)	**473 kg/m²**	
Sfasamento (φ)	**14,35 h**	



LEGENDA
s = spessore
ρ = massa volumica
μ = fattore di resistenza al vapore
c = calore specifico
λ = conducibilità termica
R = resistenza termica

Tabella 2.

Città	Zona climatica
Arvier	F

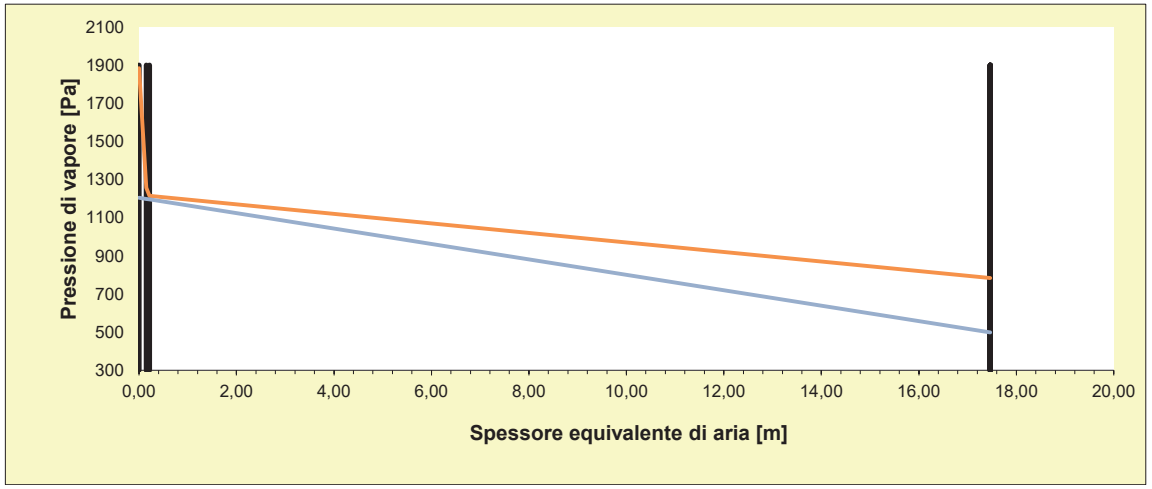
			Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura esterna	θ_e	[°C]	2,9	3,7	8,4	12,3	15,4	20,1	21,9	21,2	17,4	12,0	6,5	3,6
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]	499	518	629	809	1027	1383	1473	1507	1228	1001	730	556
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]	66%	65%	57%	56%	59%	59%	56%	60%	62%	71%	75%	70%
Temperatura interna	θ_i	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	20,1	21,9	21,2	18,0	20,0	20,0	20,0
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]	706	678	513	372	264	100	100	100	191	382	578	683
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]	1205	1196	1142	1181	1291	1483	1573	1607	1419	1383	1308	1239
Umidità relativa interna	φ_i	[%]	52%	51%	49%	50%	63%	63%	60%	64%	69%	59%	56%	53%
(in alternativa) Umidità relativa interna controllata da impianto	$\varphi_{i\ (controllata)}$	[%]	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Temperatura superficiale min.	$\theta_{si,min}$	[°C]	12,9	12,8	12,1	12,6	14,0	16,1	17,1	17,4	15,4	15,1	14,2	13,4
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]	0,59	0,56	0,32	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,57	0,60
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m^2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

810	Δp_{max}	Classe di umidità 3

NO COND. SUP.

NO COND. INT.

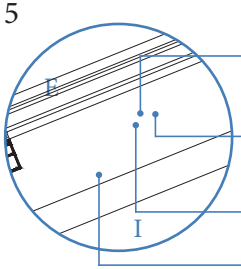
Mese
Gennaio



Chiusura verticale trasparente*

Vetro

5



s. 0.4 cm - Vetro optifloat clear temprato - *Pilkington*

s. 1.5 cm - Intercapedine d'aria - *Pilkington*

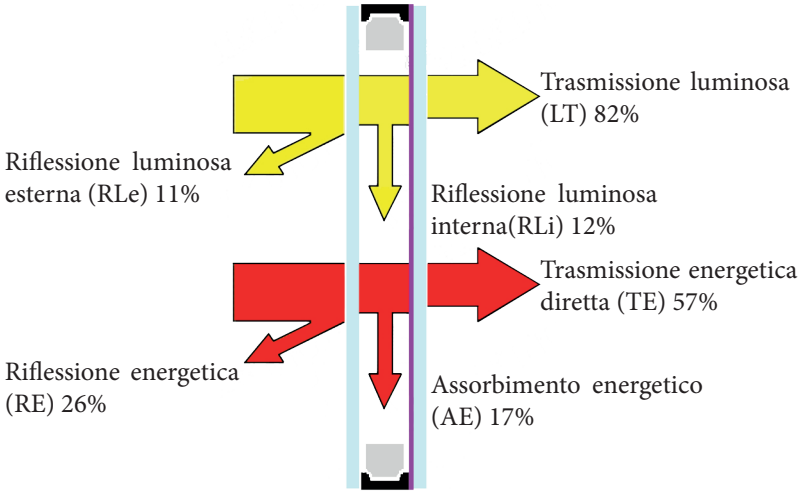
s. 0.4 cm - Vetro optitherm S3 temprato - *Pilkington*

h. 10 cm - Poliedra Sky 60 - *Metra*

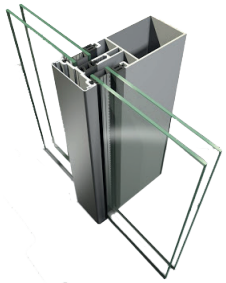
Optifloat clear della Pilkington è un vetro chiaro prodotto con il metodo float, può essere temprato per aumentarne la resitenza e la sicurezza.

Optitherm S3 della Pilkington è un vetro con rivestimento basso emissivo off-line, può essere temprato per aumentarne la resitenza e la sicurezza.

Spessore (s)	2.3 cm
Massa superficiale (m)	20 kg/m^2
Trasmittanza termica (U)	1,4 W/(m^{2}K)
Trasmissione luminosa (LT)	82%
Riflessione luminosa (LT)	11%
Fattore solare (FS)	65%



Telaio



Poliedra-Sky 60 principali caratteristiche

- Facciata tradizionale (a montante e traversi)
- Larghezza struttura da 60 mm, visibile internamente ed esternamente
- Montante tubolare: profondità da 42 a 250 mm
- Dimensione del vetro: da 8 a 45 mm
- Taglio termico: distanziale isolante rigido in Tecno CMP
- Finitura: anodizzato o verniciato
- Lega in alluminio EN AW-6060
- Integrazione con i sistemi Poliedra-Sky 50,50I, 50S, 50CV, Sistemi a Battente e Frangisole

Tenuta all'acqua statica EN 12154 Capacità di una facciata di impedire infiltrazioni quando è investita da un flusso d'acqua ed è presente una differente pressione tra interno ed esterno.	Pressione d'aria applicata: Velocità: Classe raggiunta:	(>900Pa) 111.54 [Km/h] RE 1050
Permeabilità all'aria EN 12152 Caratteristica di una facciata chiusa di lasciare filtrare aria quando è presente una differenza di pressione tra l'interno e l'esterno; minori saranno i volumi dispersi, maggiore sarà la qualità della facciata.	Pressione d'aria applicata: Velocità: Classe raggiunta:	(750Pa) 124,70 [Km/h] AE
Resistenza al vento EN 12179 - EN 13116 Capacità di una facciata sottoposta a forti pressioni e/o depressioni, come quelle causate dal vento, di mantenere una deformazione ammissibile, di conservare le proprietà iniziali a salvaguardia della sicurezza degli utenti.	Carico di progetto: Carico di sicurezza:	2000 [Pa] 3000 [Pa]
Trasmittanza Termica del telaio **EN ISO 10077-2** La trasmittanza termica U è il flusso di calore che passa attraverso un m^2 di superficie e per ogni grado di differenza di temperatura tra interno ed esterno. L'unità di misura della trasmittanza termica è il W/m^2 K.	Uf:	1,5 [W/m^2 K]

*Dati desunti da scheda tecnica.

Conclusioni e prospettive

Conclusioni

Nello schema che segue vorrei ripercorrere il lavoro che mi ha portato ad elaborare la proposta di una serra modulare da utilizzare in zona alpina quale attività integrativa a quelle funzioni oggi garantite dalla propria abitazione per le esigenze personali e della propria vita: l'igiene personale, il riposo, lo studio, l'alimentazione; funzioni assicurate dalla attuale organizzazione degli spazi: camera, cucina, bagno, studio, soggiorno.

Contesto

Partendo dalla crisi attuale che ha evidenziato la fragilità del sistema in atto la tesi si è orientata, dopo una ricerca di esempi virtuosi nell'arco alpino, su un tema poco conosciuto, anche se in realtà molto diffuso storicamente nelle aree rurali alpine, legato alla autoproduzione alimentare.

Che cosa può fare l'architettura per valorizzare non solo le grandi produzioni agricole dei marchi conosciuti, ma anche in termini di contributo alla lotta contro il cambiamento climatico, affiancando a questa emergenza quella della possibile crisi nell'approvvigionamento alimentare fortunatamente evitata, per ora, nella crisi pandemica legata al COVID19.
Tutti ci ricordiamo le code ai grandi magazzini per fare le scorte all'annuncio del *lockdown*, o la difficoltà degli abitanti delle zone alpine ad approvvigionarsi per la mancanza di esercizi commerciali nel proprio Comune. In queste aree per l'evoluzione del commercio dovuto alla globalizzazione, sono scomparsi i negozi di prossimità ed anche i tradizionali metodi di approvvigionamento.
Ci si chiede sia immaginabile una soluzione locale?

Da sempre nelle aree montane esiste una tradizione legata all'originaria autarchia dovuta alle difficoltà dei collegamenti, al clima, all'isolamento. Questa autarchia era costituita dalla abitudine a produrre e conservare il cibo in modo da assicurarsi il sostentamento fino alla buona stagione. Già in passato le nostre valli alpine hanno conosciuto gravi crisi dovute alle epidemie, alle guerre, che hanno generato grandi migrazioni ma che hanno spinto chi rimaneva a sviluppare le abitazioni, il territorio in modo da poter trarre il massimo vantaggio da essi anche in momenti di grandi difficoltà.
Le tradizionali abitazioni rurali che rinchiudevano in uno stesso edificio le funzioni dell'abitare, dell'allevare, del produrre e trasformare i prodotti della terra sono ormai sostituite da abitazioni che possono garantire la vita ai propri abitanti solo se arriva dall'esterno tutto quanto serve per farla funzionare: elettricità, acqua, combustibile. Allo stesso modo tutto quello che serve per vivere arriva oggi dalla grande distribuzione commerciale: alimenti, vestiti, oggetti ed attrezzature necessarie. Le abitazioni moderne non prevedono più spazi per la produzione, trasformazione e conservazione di generi alimentari. Oggi si produce in luoghi molto lontani, si acquistano cibi già pronti e si conserva in frigorifero solo il tempo necessario per consumare.

Non intendo certo rivoluzionare il modo di vivere in montagna per riproporre stili di vita ormai non più attuali. Tuttavia come esiste una volontà e una necessità di riqualificazione del patrimonio edilizio verso una maggiore sostenibilità ambientale, di usare materiali che entrino in una economica circolare con il riciclo, la tesi ha l'ambizione di proporre di reinserire nel concetto di abitare anche e nuovamente l'idea di produrre,

trasformare e conservare una parte del cibo che consumiamo giornalmente.
In fondo nelle nostre montagne l'orto rappresenta ancora per molti una attività di svago ma rappresenta anche un atteggiamento etico nei confronti del consumismo, una scelta di qualità del cibo, un modo per realizzare economie famigliari. Peraltro anche nella città il concetto di orto trova esempi sempre più numerosi.
Questa attività può però essere svolta solo nel periodo estivo ed in relazione all'altitudine, nemmeno in tutti i nuclei abitati.

Può esserci una soluzione che l'architettura, sia con un progetto che con uno stimolo alla pianificazione ed uso del territorio, possa suggerire ai cittadini, decisori e progettisti?

Ricerca

Nella ricerca condotta su esempi virtuosi nell'arco alpino sono numerosi i progettisti che sempre di più si cimentano nella ricerca di soluzioni anche innovative tecnicamente, che valorizzino il territorio o il prodotto e che si inseriscano nel paesaggio sia con mimetismo che con lo scopo invece di caratterizzarlo.

Si é quindi ritenuto opportuno approfondire alcuni esempi di strutture agricole realizzate nell'arco alpino e destinate a diverse tipologie di produzione. I risultati della ricerca, riportati nella apposita sezione della tesi, hanno sicuramente incoraggiato l'idea di proseguire nella scelta di capire come l'architetto possa portare il suo contributo su una tematica legata al costruire in montagna, territorio che sta cercando una nuova identità ed un riconoscimento su larga scala. In questo senso la rivista dello I.A.M. è stata stimolante per portare avanti l'idea di riproporre il concetto dell'autoproduzione nelle aree alpine.
Autoproduzione che integra quelle produzioni tipiche o di nicchia e di qualità che già esistono in queste aree e che può diventare una linea interessante di sviluppo fino ad immaginare una sorta di "comunità di produzione" locale.

Obbiettivi

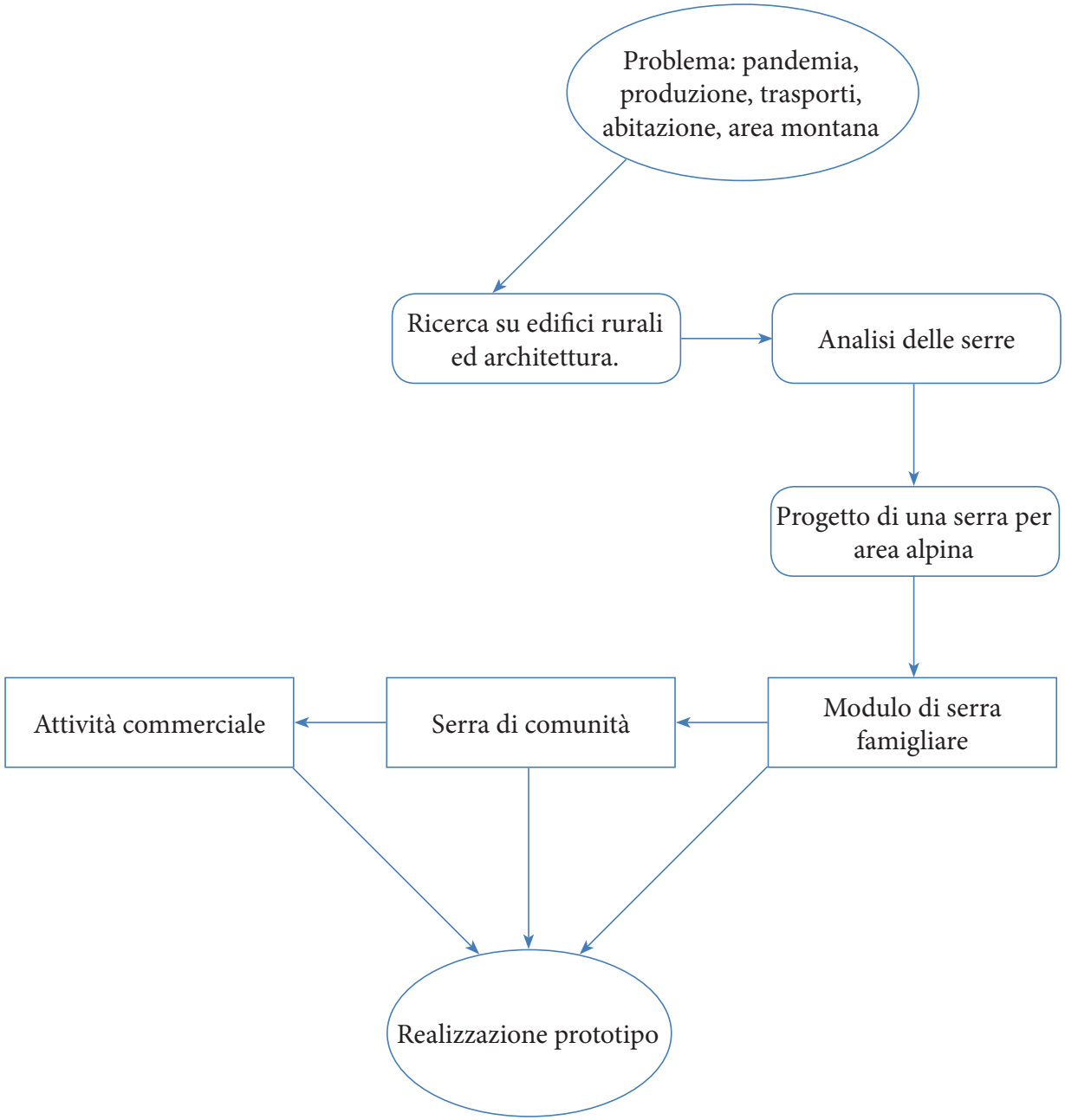
La scelta progettuale è stata una scelta di campo particolare quale quello della serra; scelta animata più dalla volontà di introdurre una riflessione sul tema che un progetto finito.
La proposta progettuale è un punto di partenza non di arrivo, una proposta che vuole essere provocatoria e intende accendere i riflettori sui possibili modelli di sviluppo della proposta, un modello scalabile ed adattabile.
Poiché però è una tesi di architettura si è deciso di elaborare una proposta progettuale che partisse da alcuni presupposti:

- L'individuazione di un sito che potesse essere idoneo alla realizzazione del progetto;
- La scelta della forma basata su precise esigenze tecniche che garantissero il miglior apporto energetico dalle condizioni locali;
- La scelta dei materiali disponibili sul mercato;
- La verifica delle risultanze fisiche delle stratigrafie;
- L'inserimento del progetto nel contesto come elemento caratterizzante il paesaggio identificandone la specifica funzione.

La tesi si è posta anche altri obbiettivi legati al ruolo che un architetto deve avere nella società quando progetta un edificio o un manufatto. Tale contributo è legato all'apporto che l'architetto può dare al contenimento del riscaldamento globale, alla riduzione dell'inquinamento, oppure alla valorizzazione dei rapporti sociali. In tal senso la tesi ha voluto proporre:

- Un modello scalabile e adattabile ad altri contesti;
- Una proposta che possa contribuire alla riduzione dell'inquinamento;
- Un'idea che favorisca la socializzazione e la condivisione di obbiettivi e di mutualità tra gli abitanti;
- Una iniziativa che possa generare posti di lavoro locali;
- Una azione per la valorizzazione di aree oggi marginali e con rischio di abbandono.

Perché ciò si realizzi è necessario che anche la pianificazione urbanistica preveda la possibilità di realizzare questo tipo di manufatti e/o volumi connessi all'abitazione sottraendoli dai computi volumetrici o dalle superfici utili determinate con gli indici urbanistici.
Allo stesso modo anche le procedure autorizzative dovrebbero prevedere iter semplificati, infatti dall'esame delle norme urbanistiche effettuato per il progetto appare evidente che la necessità di ottenere autorizzazioni o permessi di costruire con le procedure attuali potrebbe disincentivare la realizzazione di questi manufatti.
Per favorire questo tipo di attività sarebbe altresì auspicabile che anche le politiche fiscali agevolassero la nascita di queste iniziative.



Il Progetto

L'idea era comunque quella di progettare un manufatto con la finalità di produrre ortaggi e piccoli frutti in territorio montano quale supporto per la produzione in situazione di crisi generale. Il settore della produzione di ortaggi in area montana, come è stato rilevato, non è per ora stato trattato nei diversi esempi osservati.

Dopo una ricerca storica e tecnica sulle serre al fine di valutare potenzialità e prospettive, come riportato nella apposita sezione, ci si è trovati di fronte a due linee di sviluppo:

- Progettare una serra di grandi o medie dimensioni come visto in alcuni esempi più recenti;
- Progettare un modello scalabile dal livello famigliare a quello commerciale.

La sfida che pareva più interessante era quella di pensare ad un modello di serra scalabile che potesse rispondere alla richiesta locale in base alle diverse esigenze del territorio.
Partendo nel definire la "forma" che potesse rispondere, come tecnicamente studiato nella ricerca, a massimizzare l'apporto luminoso ed energetico, si è provveduto ad analizzare nel sito prescelto il ciclo solare definendo quindi le migliori inclinazioni delle pareti e della copertura al fine di ottenere, nelle diverse stagioni, il miglior contributo solare con esposizione sud.
Sul lato nord, sia per contenere la dispersione che per caratterizzare il manufatto, è stato previsto un lato opaco con funzione anche regolatrice del clima interno mediante applicazione di un pannello PCM e rivestimento in legno come materiale locale.
Nel progetto si è scelta una soluzione chiusa infatti anche il basamento è realizzato per un completo isolamento dal terreno. La coltivazione è prevista mediante coltura idroponica, che non è però oggetto del progetto.
In realtà il modulo potrebbe anche prevede una coltivazione in terra limitando il basamento alle fondazioni laterali.

La realizzazione di un prototipo potrebbe anche consentire la produzione in stabilimento e la semplice posa in opera.
La scelta dei diversi materiali è meglio illustrata nella parte tecnica ed è accompagnata dalle schede tecniche dei materiali utilizzati.
Dal progetto è quindi scaturito un modello base che potrebbe essere sviluppato in serie per realizzare dimensioni maggiori, moduli per consentire la realizzazione di assemblaggi in curva o in pendenza per un migliore adattamento alle condizioni locali.

Il risultato della progettazione è quindi un manufatto riconoscibile sul territorio, che potrebbe essere presente in modo diffuso caratterizzando lo stesso per la funzione a cui è adibito e sostituendo le attuali costruzioni precarie, non sempre autorizzate e a volte impattanti.

La normativa urbanistica locale potrebbe recepire la realizzazione di questi manufatti prevedendo norme di agevolazione per la loro messa in opera ed esenzione da tributi.

Il suo utilizzo viene descritto nei paragrafi che seguono con alcune applicazioni possibili.

Modulo di serra familiare

Il modulo di base è stato immaginato per essere utilizzato da parte di una famiglia e posizionato in adiacenza della abitazione. Il modulo una volta installato viene gestito direttamente dalla famiglia per l'autoproduzione di ortaggi e piccoli frutti. (vedi esempio 2)

Modulo serra di comunità

Nel caso di piccole unità plurifamiliari, la serra in uno o più moduli può essere installata nell'area della abitazione ed utilizzata da più famiglie.
Si può anche immaginare che un gruppo di serre possa essere installato in un'area adiacente ai piccoli nuclei in particolare dove gli spazi interni non siano disponibili ed utilizzato da più famiglie.

Modulo serra: attività commerciale

La serra in questo modello di utilizzo potrebbe dare luogo alla nascita di una attività produttiva - commerciale secondo alcuni possibili assi:

- Realizzazione ed installazione della serra;
- Servizio di assistenza alla manutenzione e/o alla produzione per la famiglia o rivolto alla serra di comunità realizzata da tecnici esperti;
- Attività sviluppata da una cooperativa che potrebbe promuovere attività di vendita e consegna dei prodotti direttamente al consumatore o a servizio di ristoranti e esercizi commerciali della zona.

Nel caso di studio sarebbe immaginabile una sinergia con la cooperativa che produce il vino dell'Enfer e la condivisione di alcuni spazi della struttura sociale per il confezionamento e la commercializzazione degli ortaggi e dei frutti. (vedi esempio 1)
Questa attività, vista la zona agricola potrebbe poi svilupparsi anche in esterno come ulteriore offerta nel periodo estivo.

Nella configurazione di attività commerciale i moduli possono essere posti in opera singolarmente per favorire l'individuazione personale del proprio spazio a ciascuna famiglia, che potrebbe anche occuparsene nel tempo libero, oppure in serie per offrire maggiori superfici produttive nel caso di comunità.

Ogni famiglia avrebbe la possibilità di scegliere tra diversi servizi:

- Acquisto della serra e gestione diretta.
- Acquisto della serra e gestione assicurata dal servizio tecnico con ritiro dei prodotti direttamente o consegnati a casa.
- Noleggio della serra negli spazi dedicati per gestione diretta o con assistenza.
- Acquisto dei soli prodotti direttamente dal soggetto produttore.

Questa iniziativa sarebbe una risposta alle problematiche assunte all'inizio della tesi:

- Crisi generata dalla pandemia e rischio di paralisi dell'approvvigionamento;
- Inquinamento generato dai trasporti e dalle conseguenze dovute dalla concentrazione della produzione in pochi punti;
- Scarsa qualità del prodotto;
- Impatto sul paesaggio.

Potrebbe generare al contrario diversi benefici oltre a quelli già evidenziati:

- Maggiore consapevolezza e rispetto dell'ambiente;
- Sviluppo delle relazioni sociali generate dalla condivisione di obbiettivi e scambi di prodotti;
- Nascita di attività imprenditoriali e creazione di posti di lavoro;
- Riuso del territorio e valorizzazione dei prodotti locali;
- Attrattività turistica per lo sviluppo di una filiera gastronomica locale;
- Identificazione nel paesaggio di elementi comuni che caratterizzano l'uso e ne definiscono tipologia e materiali;
- Riduzione dei costi dovuti alla produzione dei moduli in serie;
- Realizzazione di moduli adattabili al contesto.

Esempi

1. Modulo serra di comunità

1. Modulo serra di comunità

2. Modulo serra familiare esistente

2. Modulo serra familiare

Bibliografia e sitografia

Prefazione

Marta Rodriguez Martinez, "*Città post-coronavirus: come la pandemia trasformerà il design urbano*", Euronews.com, pubblicato in data: 01-05-2020, *https://it.euronews.com/2020/05/01/citta-post-coronavirus-come-la-pandemia-trasformera-il-design-urbano, consultato il 01-06-2020*

Agnese Ferrara, "*Abitare, c'è un prima e dopo covid-19. Le soluzioni dei designer.*", Ansa.it, pubblicato in data: 01-05-2020, *https://www.ansa.it/canale_lifestyle/notizie/design_giardino/2020/05/20/abitare-ce-un-prima-e-dopo-covid-19.-le-soluzioni-dei-designer_93bde3da-13a5-42f2-a131-7ae86ad5d0da.html, consultato il 01-06-2020*

Stefan Wallisch, "*Orti sui balconi, giardinaggio in quarantena fa boom.*" Ansa.it, pubblicato in data: 25-04-2020, *https://www.ansa.it/canale_lifestyle/notizie/design_giardino/2020/04/24/orti-sui-balconi-giardinaggio-in-quarantena-fa-boom_8c840713-f8dd-4a43-a099-80e5cf65b327.html, consultato il 01-06-2020*

Massimiliano Fuksas, "Fuksas: "*Serve un nuovo Umanesimo. Torniamo nei paesini e lavoriamo da casa*", Linda Varlese, HuffPost News, pubblicato in data: 31-05-2020, *https://www.huffingtonpost.it/entry/fuksas-serve-un-nuovo-umanesimo-torniamo-nei-paesini-e-lavoriamo-da-casa_it_5ed354e5c5b6921167eea2c6?ncid=fcbklnkithpmg00000001&ref=fbph, consultato il 01-06-2020*

- *Rivista*
- *Articolo*
- *Libro/Tesi*
- *Sito web*

Agricoltura in montagna: esperienze architettoniche contemporanee

Antonio De Rossi, "*Agricoltura di montagna e architettura: Una sfida ancora da cogliere*", in "ArchAlp" n.° 11, giugno 2016, p.7, *https://areeweb.polito.it/ricerca/IAM/wp-content/uploads/2016/07/ArchAlp_11-1.pdf, consultato il 31-07-2020*

La cantina vinicola

Stefano Girodo, "*Le architetture del vino di Walter Angonese*", in "ArchAlp" n.°6, p.14, pubblicato in data: dicembre 2013, p.14, *https://areeweb.polito.it/ricerca/IAM/wp-content/uploads/2017/12/archalp6.pdf, consultato il 29-07-2020*

"*Manincor vineyard in Caldaro*", Domus Web, pubblicato in data 6/04/2008 *https://www.domusweb.it/it/architettura/2008/04/06/manincor-vineyard-in-caldaro.html, consultato il 29-07-2020*

EUMiesAward, *https://miesarch.com/work/1310, consultato il 29-07-2020*

Cantina Manincor, *http://www.manincor.com/de/neuer-keller.html, consultato il 29-07-2020*

Werner Tscholl Architekt, *http://www.werner-tscholl.com/revitalisation/kellerei-tramin-tramin-2010/#, consultato il 28-07-2020*

Archilovers, *https://www.archilovers.com/projects/27893/cantina-tramin.html#images, consultato il 28-07-2020*

Archimagazine, *http://www.archimagazine.com/acantramin.htm, consultato il 28-07-2020*

"Werner Tscholl: Cantina Tramin, Termeno", Domus Web, pubblicato in data 29/06/2010, *https://www.domusweb.it/it/architettura/2010/03/29/werner-tscholl-cantina-tramin-termeno.html, consultato il 28-07-2020*

Cantina Tramin, *http://www.cantinatramin.it/IT/3/44/foto.htm, consultato il 28-07-2020*

Werner Tscholl Architekt, *http://www.werner-tscholl.com/new-constructions/puni-destillerie-glurns-2012/, consultato il 28-07-2020*

Architetti.com, *https://www.architetti.com/werner-tscholl-distilleria-puni.html, consultato il 28-07-2020*

Architizer, *https://architizer.com/projects/puni-distillery/, consultato il 28-07-2020*

Archilovers, *https://www.archilovers.com/projects/197146/puni-destillerie.html#images, consultato il 28-07-2020*

Roberto Dini, Mattia Giusano, "*Aosta (Napa) Valley? Nuove architetture per il vino*", *in "ArchAlp"*n.°6, dicembre 2013, pp.28-30, *https://areeweb.polito.it/ricerca/IAM/wp-content/uploads/2017/12/archalp6.pdf, consultato il 28-07-2020*

Domenico Mazza, *http://www.architettomazza.it/cantina-vinicola-les-cr--tes-115.html, consultato il 28-07-2020*

Les Crêtes, *https://www.lescretes.it/news-press/galleria-fotografica/, consultato il 28-07-2020*

Roberto Dini e Mattia Giusiano, "*Aosta (Napa) Valley?*", Dislivelli.eu, pubblicato in data: 31/05/2013, *http://www.dislivelli.eu/blog/aosta-napa-valley.html, consultato il 28-07-2020*

- *Rivista*
- *Articolo*
- *Libro/Tesi*
- *Sito web*

Il caseificio

Massimo Crotti, "*Buona architettura per buoni formaggi*", Dislivelli.eu, pubblicato in data: 04/10/2017, *http://www.dislivelli.eu/blog/architetture-perl%E2%80%99allevamento-esempi-virtuosi-nelle-alpi.html, consultato il 11-05-2020*

NextRoom, *https://www.nextroom.at/building.php?id=38244&inc=home&sid=42498, consultato il 10-05-2020*

Robert Potokar, "*Hohengasser Wirnsberger Architekten: Cheese Dairy Kaslab´n Nockberge, Radenthein, Austria*", in "Piranesi" n.°40, pubblicato in data: 19/12/2018, *http://www.piranesi.eu/hohengasser-wirnsberger-architekten-cheese-dairy-kaslabn-nockberge-radenthein-austria/, consultato il 10-05-2020*

Kaslab'n Nockberge, *https://www.kaslabn.at/k%c3%a4se-verstehen%2c-f%c3%bchlen-und-schmecken.html, consultato il 10-05-2020*

Piuarch, *https://piuarch.it/it/progetti/latteria-sociale-valtellina, consultato il 10-05-2020*

Infobuild, *https://www.infobuild.it/progetti/latteria-sociale-valtellina-sondrio-piuarch/, consultato il 10-05-2020*

Lineacontinua, *https://www.lineacontinua.org/lavori/, consultato il 10-05-2020*

Casseificio Val d'Aveto, *http://www.caseificiovaldaveto.com/perche-una-casa-piu-grande-ci-ha-aiutato-a-muovere-in-avanti-la-nostra-storia/, consultato il 10-05-2020*

- *Rivista*
- *Articolo*
- *Libro/Tesi*
- *Sito web*

I RICOVERI PER GLI ANIMALI

Roberto Dini, "*Architettura per l'allevamento e l'agricoltura vecchi e nuovi esempi virtuosi*", in "ArchAlp" n.° 11, giugno 2016, pp.27-44, *https://issuu.com/archalp-iam/docs/archalp_11/57, consultato il 11-05-2020*

Massimo Crotti, "Buona architettura per buoni formaggi", Dislivelli.eu, pubblicato in data: 04/10/2017, *http://www.dislivelli.eu/blog/architetture-per-l%E2%80%99allevamento-esempi-virtuosi-nelle-alpi.html, consultato il 11-05-2020*

Roberto Dini, "Architetture per l'allevamento: esempi virtuosi nelle Alpi", Dislivelli.eu, pubblicato in data: 07/09/2015, *http://www.dislivelli.eu/blog/buona-architettura-per-buoni-formaggi.html, consultato il 11-05-2020*

"*Etable De Stabulation Libre*", Archdaily Web, pubblicato in data 30/10/2013, *https://www.archdaily.com/442813/etable-de-stabulation-libre-localarchitecture, consultato il 11-05-2020*

LocalArchitecture, *http://localarchitecture.ch/projects/etable/, consultato il 11-05-2020*

Marcello Mariana, "*Es Arch Enrico Scaramellini Architetto Piccola stalla per sei mucche*", Divisare.com, pubblicato in data 14-01-2015, *https://divisare.com/projects/279728-es-arch-enricoscaramelliniarchitetto-marcello-mariana-piccola-stalla-per-sei-mucche, consultato il 29-07-2020*

Enrico Scaramellini, "*Sovrapporre progetti in contesti rurali alpini*", in "ArchAlp" n.° 11, giugno 2016, pp.45-48, *https://issuu.com/archalp-iam/docs/archalp_11/57, consultato il 11-05-2020*

Osservatorio del paesaggio trentino, "*Case per animali. Ricerca su architettura e allevamento: strategie, operazioni e progetti per nuovi spazi e manufatti nei paesaggi trentini*", in "Quaderni di lavoro", pubblicato in data 12/2015, pp. 82-85, *http://www.paesaggiotrentino.it//documenti/Documentazione/Quaderni%20di%20lavoro/Q03_Case%20per%20animali_ridotto.pdf, consultato il 29-07-2020*

Kury Stähelin Architekten, *https://www.staehelinpartner.com/fr/projects/categories-index/44/etable-a-stabulation-libre-wildenstein-bl, consultato il 11-05-2020*

"*Kury Stähelin Architekten Cowshed Wildenstein*", Divisare Web, pubblicato in data 12/12/2014, *https://divisare.com/projects/277645-kury-stahelin-architekten-cowshed-wildenstein, consultato il 11-05-2020*

"*Cowshed Wildenstein*", Domus Web, pubblicato in data 26/06/2014, *https://www.domusweb.it/it/architettura/2014/06/26/cowshed_wildenstein.html, consultato il 11-05-2020*

Kuehnlein Architektur, *https://www.kuehnlein-architektur.de/projekte/ziegenstall/, consultato il 12-05-2020*

- *Rivista*
- *Articolo*
- *Libro/Tesi*
- *Sito web*

Osservatorio del paesaggio trentino "*Case per animali, Ricerca su architettura e allevamento: strategie, operazioni e progetti per nuovi spazi e manufatti nei paesaggi trentini.*", Quaderni di lavoro n.°3, pubblicato in data 12/2015, pp.26-29, *http://www.paesaggiotrentino.it/documenti/Documentazione/Quaderni%20di%20lavoro/Q03_Case%20per%20animali_ridotto.pdf, consultato il 12-05-2020*

L'ambiente protetto: la serra

Corriere della Sera, *https://dizionari.corriere.it/dizionario_italiano/S/serra_1.shtml, consultato il 25-05-2020*

Breve storia dell'evoluzione della serra

National Geographic, *https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/09/holland-agriculture-sustainable-farming/?utm_source=Facebook&utm_medium=Social&utm_content=link_fb20170905ngm-hollandag&utm_campaign=Content&sf110941767=1&lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3BRwwytBncTuiNpAMLQb26fw%3D%3D, consultato il 25-05-2020*

Plinio il Vecchio, *Naturalis Historia*, libro XIX, par. 64, traduzione da: *http://www.latin.it/autore/plinio_il_vecchio/naturalis_historia/!19!liber_xix/23.lat, consultato il 5-11-2020*

Lucio Giunio Moderato Columella, *De Re Rustica*, libro XI, cap. III, par. 52, traduzione da: *http://www.latin.it/autore/columella/res_rustica/11/03.lat, consultato il 5-11-2020*

Diretto da Raffaele Pareto, "*Giornale dell'ingegnere-architetto ed agronomo*", n.°4, Stabilimento Saldini, gennaio 1862, p.758, *https://books.google.it/books?id=LBgkv02nrsAC&pg=PA758&dq=coltivazione+in+serre+dei+romani&hl=it&sa=X&ved=0ahUKEwjHp_X5n9bpAhUCcZoKHXZhDGgQ6AEIMDAB#v=onepage&q=coltivazione%20in%20serre%20dei%20romani&f=false, consultato il 25-05-2020*

Architetturaclimatica, *http://architetturaclimatica.blogspot.com/2013/11/serre.html, consultato il 25-05-2020*

Pariszigzag, *https://www.pariszigzag.fr/secret/lieux-insolites/les-plus-belles-serres-de-paris, consultato il 25-05-2020*

Fr.hellokids, *http://fr.hellokids.com/c_60663 / l i re - e t -apprendre/sortie-en-famille/paris-pour-les-enfants/lejardin-des-plantes, consultato il 25-05-2020*

Visisbelfast, *https://visitbelfast.com/partners/botanic-gardens/, consultato il 25-05-2020*

Architecturaldigest, *https://www.architecturaldigest.com/gallery/most-beautiful-greenhouses-slideshow, consultato il 25-05-2020*

Discovernorthernireland, *https://discovernorthernireland.com/Belfast-Botanic-Gardens-and-Palm-House-Belfast-P2787/, consultato il 27-05-2020*

Monarchie.be, *https://www.monarchie.be/fr/patrimoine/serres-royales-de-laeken, consultato il 27-05-2020*

Azonzotour, *https://www.azonzotour.com/blog/serre-reali-di-laeken, consultato il 27-05-2020*

NASA, *https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=pia14146, consultato il 27-05-2020*

NASA, *https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/index.php?search=westland&category=#submit, consultato il 27-05-2020*

Frank Viviano, foto di Luca Locatelli, "*This tiny country feeds the world*", National Geographic magazine, pubblicato in data settembre 2017, *https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/09/holland-agriculture-sustainable-farming/?utm_source=Facebook&utm_medium=Social&utm_content=link_fb20170905ngm-hollandag&utm_campaign=Content&sf110941767=1&lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3BRwwytBncTuiNpAMLQb26fw%3D%3D, consultato il 17-11-2020*

Edwardbur Tynsky, *https://www.edwardbur tynsky.com/projects/photographs/water, consultato il 17-11-2020*

Annagregnanin.photoshelter, *https://annagregnanin.photoshelter.com/image/I0000BdH0VkxdH7g, consultato il 17-11-2020*

- *Rivista*
- *Articolo*
- *Libro/Tesi*
- *Sito web*

Google Maps, *https://www.google.com/maps/@43.8153193,7.7313904,3a,75y,77.02h,83.81t/data=!3m6!1e1!3m4!1s-bBmeTlugSuRoaUUJXI8xw!2e0!7i13312!8i6656, consultato il 29-05-2020*

Una nuova tendenza

Kaelan Burkett, "*Oltre la serra: tendenze in crescita nell'architettura*", architizer.com, *https://architizer.com/blog/inspiration/collections/beyond-the-greenhouse/, consultato il 29-05-2020*

Atelier Kristoffer Tejlgaard, *https://www.behance.net/gallery/52463337/Dome-of-Visions-30-An-experiment-continued, consultato il 04-06-2020*

Archdaily, "*Dome of Visions 3.0*", archdaily.com, pubblicato in data: 2017, *https://www.archdaily.com/870649/dome-of-visions-atelier-kristoffer-tejlgaard, consultato il 04-06-2020*

Domus, "*Dome of Visions*", domusweb.it, pubblicato in data: 04/05/2017, *https://www.domusweb.it/it/notizie/2017/05/04/kristoffer_tejlgaard_dome_of_visions.html, consultato il 04-06-2020*

Heatherwick Studio, *http://www.heatherwick.com/projects/buildings/bombay-sapphire-distillery/, consultato il 04-06-2020*

- *Rivista*
- *Articolo*
- *Libro/Tesi*
- *Sito web*

Archdaily, "*Bombay Sapphire Distillery*", pubblicato in data: 2014, *https://www.archdaily.com/554750/bombay-sapphire-distillery-heatherwick-studio, consultato il 04-06-2020*

Anna Winston, "*Thomas Heatherwick's gin distillery for Bombay Sapphire opens*", dezeen.com, pubblicato in data: 22-09-2014, *https://www.dezeen.com/2014/09/22/thomas-heatherwicks-gin-distillery-bombay-sapphire-opens/, consultato il 04-06-2020*

Le serre in città: due esempi

Raffaella Bregoli, "*Architettura e agricoltura si fondono insieme nei progetti delle città del futuro*", Agritettura.it, pubblicato in data: 23-12-2019, *https://agritettura.it/2019/12/23/architettura-e-agricoltura-si-fondono-insieme-nei-progetti-delle-citta-del-futuro/, consultato il 04-06-2020*

Haas-architekten, *https://www.haas-architekten.de/projekte/glashaeuser/integriertes-dachgewaechshaus/, consultato il 29-05-2020*

Archdaily, "*Administration Building with Rooftop Greenhouse*", archdaily.com, pubblicato in data: 2019, *https://www.archdaily.com/927862/administration-building-with-rooftop-greenhouse-kuehn-malvezzi?ad_source=search&ad_medium=search_result_all, consultato il 29-05-2020*

Haas-architekten, *https://www.haas-architekten.de/projekte/glashaeuser/forschungsdachgewaechshaus-hu-berlin/, consultato il 29-05-2020*

Progettare una serra

Inveramel, *http://www.inveramel.com/en/products/parral-greenhouse, consultato il 08-08-2020*

Troostwijk, *https://www.troostwijkauctions.com/uk/serra,-vivaio-(circa-19500-m2)/03-32817-34304-6410354/, consultato il 08-08-2020*

Lucchini idromeccanica, *https://www.lucchiniidromeccanica.it/prodotti/serre-agricole-tunnel.php, consultato il 08-08-2020*

Normativa

Comitato europeo di normazione, "*Eurocodice – Basi per il calcolo delle strutture*", EN 1990: 2002+A1, dicembre 2005

Comitato europeo di normazione, "*Serre – Calcolo e costruzione – parte 1: Serre per la produzione*", EN 13031-1, dicembre 2019

Indicazioni per le scelte progettuali

- *Rivista*
- *Articolo*
- *Libro/Tesi*
- *Sito web*

Waaijenberg, D. (2006). "*Design, construction and maintenance of greenhouse structures.*" Acta Hortic. 710, 31-42, DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.710.1, *https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.710.1, consultato il 01-06-2020*

Castilla, N. 2001. "*La radiación solar en invernadero en la costa Mediterránea española.*" In: Cajamar (ed.) Incorporación de Tecnología al Invernadero Mediterráneo. Almería: 35-47, *consultato il 27-11-2020*

Baeza, E.J. 2007. "Optimización del diseño de los sistemas de ventilación en invernadero tipo parral." Ph.D. Thesis, Universidad de Almería, Escuela Politécnica Superior, *consultato il 27-11-2020*

Teitel, M., Montero, J.I. and Baeza, E.J. (2012). "*Greenhouse design: concepts and trends.*" Acta Hortic. 952, 605-620, DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.952.77, *https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.77, consultato il 01-06-2020*

e-4epcm S.rl., *http://www.e-4epcm.com/, consultato il 10-08-2020*

Robert A. Aldrich, Robert J. Downs, Donald T. Krizek, Lowell E. Campbell, "*The effect of environment on plant growth*",in Mylo A. Hellickson, John N. Walker, "Ventilation for agricultural structures", ASAE, pubblicato in data 1983, pp.217-241, *https://books.google.it/books/about/Ventilation_of_Agricultural_Structures.html?id=ML9NP-RaRX4C&redir_esc=y, consultato il 27-11-2020*

Riferimenti progettuali

Altoadige.it, *https://www.altoadige.it/cronaca/bolzano/ecco-la-serra-delle-piante-tropicali-1.460915, consultato il 10-08-2020*

Dr.Arch. Ivo Khuen-Belasi, *http://www.khuen-architekt.it/projekte, consultato il 10-08-2020*

Promozioneacciaio, *https://www.promozioneacciaio.it/cms/it6590-serra-giardini-di-castel-trauttmansdorff.asp#prettyPhoto, consultato il 10-08-2020*

I Giardini di Castel Trauttmansdorff, *https://www.trauttmansdorff.it/it/mondo-di-emozioni/stazioni-multisensoriali/serra.html, consultato il 10-08-2020*

Progetto di una serra in alta Valle d'Aosta

Hellotaste.it, *https://www.hellotaste.it/vino/cantine/p/cooperative-co-enfer consultato il 12-11-2020*

Geoportale, *https://geoportale.regione.vda.it/, consultato il 10-11-2020*

Comune di Arvier, *https://arvier.eu/it/sindaco/74-uffici/773-prg-arvier.html, consultato il 10-11-2020*

PRGC Arvier, *https://drive.google.com/drive/folders/1ZRF6bWl2lp7p5fTIHowi1lSlotytwxOB, consultato il 10-11-2020*

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), *https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis, consultato il 25-11-2020*

Spectrum Pilkington, *https://spectrum.pilkington.com/, consultato il 25-11-2020*

Pilkington, *https://www.pilkington.com/it-it/it, consultato il 25-11-2020*

Metra, *http://extranet.metra.eu/FlipBooks/Edilizia/online/cataloghi/POLIEDRA-SKY_60/toc/, consultato il 25-11-2020*

Coltivami.com, *https://www.coltivami.com/idroponica-per-ortaggi-ecco-cosa-si-puo-coltivare-senza-terra/, consultato il 28-11-2020*

Italiadelbio.it, *https://www.italiadelbio.it/bio-italia/ghzero-novara-serra2020-ciclo-chiuso-tecnologia-led/, consultato il 28-11-2020*

Articoli scientifici

- *Rivista*
- *Articolo*
- *Libro/Tesi*
- *Sito web*

Poncet, C., Muller, M.M., Brun, R. and Fatnassi, H. (2012). "*Photovoltaic greenhouses, non-sense or a real opportunity for the greenhouse systems?*" Acta Hortic. 927, 75-79, DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.927.7, *https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.927.7, consultato il 01-06-2020*

Fatnassi Hicham, Stapel Oscar, Paris Bruno, Doise Séverine, Poncet Christine, "*Adapter la gestion climatique pour baisser la pression phyto*", in Phytoma, n.°725 pubblicato in data: giugno-lugnio 2019, pp.36-38, *https://www.researchgate.net/publication/336413626_Adapter_la_gestion_climatique_pour_baisser_la_pression_phyto_Le_controle_de_parametres_tels_que_la_temperature_l'humidite_ou_la_lumiere_pourrait_constituer_un_nouveau_levier_de_protection_des_cultures, consultato il 01-06-2020*

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale
in Architettura per il Progetto Sostenibile

Anno Accademico 2019/2020