



POLITECNICO MILANO 1863

Scuola di Architettura, Urbanistica e Ingegneria delle Costruzioni

Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura
Anno Accademico 2021-2022

The Higest Capanna Osservatorio Regina Margherita il rifugio
più alto d'Europa: strategie per la riqualificazione spaziale ed
energetica.

Autori

Enrico Rota 818781

Relatore

Prof. Graziano Salvalai

Indice			
Abstract		4	
1 Storia dei rifugi nelle alpi		6	
1.1 il rifugio alpino		8	
1.2 I primi rifugi nelle alpi		8	
1.3 L'alpinismo eroico		10	
1.4 I club alpini e la montagna per tutti		11	
1.5 I rifugi-albergo e la Prima guerra mondiale		15	
1.6 La tradizione delle baite		17	
1.7 Il periodo di sperimentazione		18	
1.8 Tra distruzione e ricostruzione la Seconda guerra mondiale		21	
1.9 L'elicottero		22	
1.10 Le costruzioni in cemento e le prime grandi firme		24	
1.11 Il tema della protezione ambientale		26	
1.12 Rifugi moderni Immagine e landmark		26	
2 Monte Rosa		30	
2.1 Classificazione e toponomastica		32	
2.2 Geologia		34	
2.3 Flora		38	
2.4 Fauna		41	
3 Capanna Osservatorio Regina Margherita		44	
3.1 La Capanna Regina Margherita: introduzione e localizzazione		46	
3.2 Storia ed evoluzione dell'edificio		49	
3.3 Analisi, rilievo e restituzione dello stato di fatto		54	
3.4 Caratteristiche geometriche		72	
3.5 Caratteristiche impiantistiche		84	
3.6 Caratteristiche tecnologiche d'involucro		88	
4 Innovazione in alta quota, esempi di rifugi ad alta efficienza energetica		90	
4.1 Monte Rosa hütte		92	
4.2 Rifugio Gouter		95	
4.3 Tracuit Hutte		97	
4.4 Rifugio al sasso nero		99	
5 Progetto architettonico		102	
5.1 Obiettivi e strategie di progetto		104	
5.2 Lo sviluppo spaziale		108	
5.3 Materiali per esterni e sviluppo altimetrico		120	
6 Progetto Tecnologico		130	
6.1 Requisiti tecnologici		132	
6.2 Stratigrafie di progetto		134	
6.3 Nodi tecnologici		142	
7 Progetto energetico		152	
7.1 Premessa		154	
7.2 Il contesto climatico		154	
7.2.1 Temperatura ambientale		154	
7.2.2 Umidità relativa		155	
7.2.3 Radiazione solare diretta		155	
7.3 Simulazioni energetiche		158	
7.3.1 Il software Termolog		158	
7.3.2 Modellazione delle zone		158	
7.4 L'involucro		159	
7.4.1 Trasmittanza termica		159	
7.4.2 Trasmittanza termica periodica		160	
7.4.3 Sfasamento termico		160	
7.4.4 Fattore di attenuazione		161	
7.4.5 Condensa superficiale ed interstiziale		161	
7.5 Fabbisogno energetico		162	
7.6 Calcolo potenza di riscaldamento		163	
7.7 Potenza e consumo di acqua calda sanitaria		166	
7.8 illuminazione ed apparecchi elettrici		167	
7.9 Fotovoltaico		168	
7.10 Certificazione energetica		169	
7.10.1 Dati identificativi		169	
7.10.2 Fabbisogno di energia termica		169	
7.10.3 Fabbisogno di energia primaria		169	
7.10.4 Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento stagionale		169	
7.10.5 Fabbisogno di energia primaria per la produzione di ACS		170	
7.10.6 Fabbisogno globale		170	
8 Progetto impiantistico		174	
8.1 calcolo impianto di riscaldamento		176	
8.2 Funzionamento e caratteristiche dell'impianto		178	
8.3 Impianto fotovoltaico		181	
8.3.1 Caratteristiche impianto fotovoltaico		181	
8.3.2 Generatore di corrente alternata		182	
8.4 Impianto elettrico		183	
8.4.1 Livelli prestazionali secondo la CEI 64-8		183	
8.4.2 Numero di circuiti da prevedere		184	
8.4.3 Criteri generali di posizionamento delle prese		185	
8.5 Impianto idraulico e produzione acqua calda sanitaria		187	
8.6 Acque reflue		109	
8.6.1 Trattamento acque di scarico		190	
8.6.2 Recupero acque grigie		192	
8.6.3 Smaltimento acque nere		194	
9 Progetto strutturale		196	
9.1 Dati generali		198	
9.2 Riferimenti normativi		198	
9.3 Materiali		198	
9.4 Azioni e carichi sulla struttura		199	
9.5 Azioni sulle costruzioni		202	
9.5.1 Carichi permanenti strutturali		202	
9.5.2 Carichi permanenti strutturali		202	
9.5.3 Carichi d'esercizio		203	
9.6 Carichi variabili da vento		204	
9.7 Carichi variabili da neve		205	
9.8 Struttura in legno		206	
9.9 Analisi dei carichi		206	
9.10 Travi secondarie		209	
9.10.1 Dimensionamento travi secondarie		209	
9.10.2 Calcolo della sezione teorica e verifica a flessione		211	
9.10.3 La verifica a taglio		212	
9.10.4 Verifica della freccia		212	
9.11 Travi Principali		213	
9.11.1 Dimensionamento travi primarie		213	
9.11.2 Calcolo della sezione teorica e verifica a flessione		214	
9.11.3 La verifica a taglio		215	
9.11.4 Verifica della freccia		215	
9.11.5 Verifica di instabilità della trave		216	
9.12 Pilastri		218	
9.13 Verifiche REI		220	
10 Conclusioni		228	
11 Bibliografia e indici		230	

Abstract

Il lavoro di tesi affronta la riqualificazione funzionale energetica e strutturale del rifugio Osservatorio Capanna Regina Margherita situato a quota 4552 metri sul monte Rosa nel comune di Alagna Valsesia. Il primo passo è stato quello di raccogliere informazioni storiche sulla costruzione dei rifugi nelle Alpi e sulla morfologia del territorio del monte Rosa. In seguito, si analizza il rifugio partendo dalla sua storia e dal suo rilievo andando ad individuare le caratteristiche geometriche tecnologiche e costruttive dell'edificio. Prima della progettazione si analizzano le più attuali concezioni di rifugio, le tipologie edilizie e le tecnologie più innovative, guardando agli esempi di architetture montane odierne di particolare interesse. Dopo aver studiato attentamente questi esempi si procede con il progetto architettonico di ristrutturazione dell'edificio andando a sviluppare gli obiettivi concordati con la committenza del CAI. La tecnologia costruttiva da utilizzare viene determinata mediante un processo di confronto che evidenzia la soluzione più vantaggiosa per il caso specifico. Successivamente si vanno a calcolare il consumo energetico dell'edificio e si procede con la progettazione degli impianti tecnologici per sviluppare un confort maggiore all'interno del rifugio. L'ultima operazione è quella di progettare e verificare le strutture in legno della costruzione concludendo con un'analisi finale sul lavoro svolto. Si ritiene che il progetto di tesi possa rappresentare un esempio valido di ristrutturazione e sostenibilità energetica in alta quota.

Abstract

The thesis deals with the functional, energetic and structural redevelopment of the Osservatorio Capanna Regina Margherita refuge located at 4552 meters on Monte Rosa in the municipality of Alagna Valsesia.

The first step was to collect historical information on the construction of refuges in the Alps and on the morphology of the Monte Rosa territory. Later the refuge is studied starting from its history and its evaluation, identifying the geometric, technological and constructive characteristics of the building. The most up-to-date concepts of refuge, the building types and the most innovative technologies are analysed before the design phase, looking at the examples of current mountain architecture of particular interest.

After studying these examples carefully, we proceed with the architectural renovation project of the building, developing the objectives agreed with the CAI client. The construction technology to be used is determined through a comparison process that highlights the most useful solution for the specific case. Subsequently, the energy consumption of the building is calculated and the technological systems are designed to develop a greater comfort inside the shelter. The last step is to design and verify the wooden structures of the building, concluding with a final analysis on the work done. It is believed that the thesis project can represent an efficient example of renovation and energy sustainability at high altitude.

1 Storia dei rifugi nelle Alpi



In questo capitolo viene fatta una breve panoramica sulla storia dei rifugi partendo dalla preistoria fino ad arrivare ai giorni nostri. Una parte fondamentale per capire l'evoluzione nel tempo e le motivazioni per cui sono stati costruiti.



1.1 il rifugio alpino

Si potrebbe definire il rifugio come una sorta di luogo di soglia, punto dove s'incontrano l'infinitamente grande della natura e l'infinitamente piccolo dell'uomo che, risalendo i fianchi della montagna, viene a porsi di fronte al creato. È qualcosa che tocca e mette in movimento le corde del primigenio: fuori la maestosità della natura ostile, dentro il microcosmo della comunità degli uomini, in un'ancestrale opposizione di caldo e freddo, luce e oscurità. Tra loro, le membra protettrici e materna del rifugio o del bivacco. In quanto a rappresentazione di uno spazio-limite, il rifugio si differenzia da tutte le altre architetture realizzate dall'uomo, in un intreccio complesso di ragioni al contempo simboliche e tecniche, culturali e costruttive.¹ Il rifugio alpino riassume in sé una serie molto ampia di strutture, che vanno dal bivacco inospitale in cima a un ghiacciaio, alle trattorie tipiche travestite in chiave folkloristica con ampio parcheggio e ottima cucina, invase la domenica dai turisti. Ma proprio perché la montagna è per prima cosa un ambiente inospitale ed estremo, vengono considerati rifugi, solo quelle strutture fuori dal normale, ovvero posizionate in luoghi difficilmente raggiungibili, costruite con tecniche par-

¹ Dini R., Gibello L., Girondo S., Rifugi e bivacchi gli imperdibili delle alpi Architettura storia e paesaggio, Torino 2018



Fig 1.1 La prima capanna registrata dalle fonti storiche a Montevervs.

ticolari, o che debbano resistere a temperature estremamente rigide. A questo punto non rimane che stabilire una quota oltre la quale tutto ciò sia possibile, in generale si può dire oltre i 2.000m, ovvero sopra la quota in cui non crescono gli alberi. Le storie dei rifugi sono tutte diverse tra loro, si differenziano principalmente per area geografica, per la funzione che svolgono, e infine per come sono stati reperiti i fondi per poter costruire il rifugio stesso.

1.2 I primi rifugi nelle alpi

I primi esempi di rifugi vengono creati nell'antichità e sono semplicemente delle coperture in granito o calcare costruite da pastori o cacciatori per ripararsi e far dormire le bestie. Durante l'epoca dei Romani i rifugi vengono utilizzati come ricoveri per le milizie nel corso dell'attraversamento di valichi e passi Alpini. Qualche secolo più tardi, nel medioevo, l'impiego principale del rifugio è quello di ricovero per fornire un posto letto a monaci e viandanti. L'inizio delle ascensioni turistiche sulle Alpi risale ai primi decenni del 1800 quando nobili inglesi e tedeschi influenzati dalla cultura romantica del tempo iniziano a desiderare l'ebbrezza delle notti alpine. La prima capanna registrata dalle fonti storiche si trova a Montevervs (1913m. slm), è stata costruita nel 1779 in sostituzione di un rudimentale riparo posto sotto un masso che era noto come "Pier-



Fig 1.2 La "Pierre des anglais", Chamonix, in una veduta di Rodolphe Töpffer del 1844

re des anglais". Donata dallo svizzero di origine britannica Charles Blair, la struttura viene utilizzata fin da subito come ricovero per le guide alpine di Chamonix che portavano i turisti a godere delle meravigliose viste sul ghiacciaio del Monte Bianco. Tra i turisti famosi troviamo ad esempio il famoso scrittore e drammaturgo tedesco Johann Wolfgang von Goethe, dove tra la bellezza di questi luoghi ha trovato l'ispirazione per le sue opere. Per gli intellettuali della seconda metà del Settecento la capanna ricopre il ruolo di principale riferimento architettonico, essa è stata promossa dalle teorie dell'abate francese Marc Antoine Lugier nell'opera "Essai sur l'architecture"; basandosi sulla razionalità dei principi e delle forme, il francese identifica nella capanna l'archetipo di qualsiasi architettura, composta fondamentalmente da una struttura a telaio ricavata da tronchi col fusto irregolare. La vicinanza dei primi rifugi a

questa idea emerge anche nella denominazione "capanna" che spesso è il sostantivo generico cui si affianca il nome proprio del rifugio stesso; addirittura in tedesco il termine "hütte" (capanna) è la traduzione stessa del termine rifugio. Nel 1795, lo scrittore viaggiatore Marc-Theodore Bourrit costruisce davanti alla vecchia capanna uno spettacolare tempio, in seguito chiamato "Temple de la Nature". La costruzione è di forma ottagonale, al suo interno si trovano un caminetto, uno specchio, delle sedie e quattro brande; rappresenta il primo tentativo di rifugio che si discosti dall'archetipo della capanna. Sarà la cultura illuminista della seconda metà del Settecento a creare "l'estetica delle Alpi", luoghi abitati da forze occulte, baluardi insormontabili e ostili all'uomo. La prima ascensione al Monte Bianco avviene nel 1786 ad opera del ginevrino Horace Benedict de Saussure, un naturalista scien-



Fig.1.3 Rifugio ai grand Mulets costruito nel 1786.

ziato, amico di Bourrit e sponsor principale della scalata. Questa impresa ha un eco straordinario in tutta Europa e dà inizio alla corsa alla conquista delle vette. Gli studi scientifici spingono de Saussure ad impegnare molto denaro nella costruzione di tre basi semipermanenti in quota:

- 1786 ai Grands Mulets (3050m.slm) è il punto d'appoggio all'ascesa della vetta del Bianco,
- 1788 al Colle del Gigante (3370m.slm),
- 1789-92 al Colle del Teodulo (3317m.slm) sui resti di alcune fortificazioni volute da Amedeo di Savoia nel 1688.

In quest'ultimo luogo, noto già ai Romani come valico per la Svizzera, sorge una capanna di 5 x 2,5 metri, dove per ben 13 mesi vi ha soggiornato il meteorologo alaziano Daniel Dolfus Ausset. I rifugi in alta quota nel corso dell'800 sono soprattutto stazioni scientifiche per lo studio della meteorologia e della glaciologia. Il confine tra accademia e alpinismo è segnato dal naturalista e geologo svizzero Franz Josef Hugi il quale, tra il 1827 e il 1829, allestisce un riparo sulla morena dell'Unteraargletscher in Svizzera. I rifugi alpini moderni, a differenza di quelli presenti in epoca medioevale che erano perlopiù ricoveri e ospizi per ristorare e viandanti affaticati, sono costruzioni di modeste dimensioni, solo di appoggio, per l'osservazione dell'ambiente e per l'esplorazione.

1.3 L'alpinismo eroico

Intorno alla metà dell'Ottocento il numero di ascensioni in vetta inizia ad aumentare in modo sensibile, soprattutto grazie ad inglesi e tedeschi, che mossi dallo spirito di conquista e dalla sfida uomo-ambiente designano le Alpi come meta principale del loro viaggio e tracciano un nuovo Grand tour alternativo agli itinerari classici. Le popolazioni locali delle vallate iniziano ad organizzarsi per ospitare i nuovi viandanti, da cui ottenere un guadagno a fronte di nuovi servizi. Situazione opposta per quanto riguarda i servizi e le comodità la troviamo in quota, nei bivacchi, strutture costruite in fretta e furia per ripararsi dagli agenti atmosferici, a volte composti da solo quattro muri e un tetto. La moda dell'alpinismo eroico inizia a divagare e questo grazie anche alla pubblicazione di articoli e immagini sulle testate giornalistiche d'Europa. Sir Leslie Stephen (letterato, filosofo e padre di Virginia Woolf, presidente dell'Alpine Club dal 1865 al 1868) scrive nel 1871 sull'Alpine Journal l'articolo *The Playground of Europe*, definendo la Svizzera "il terreno di gioco d'Europa"².

La storia dell'alpinismo eroico inizia sul Monte Bianco, la montagna più alta d'Europa divisa tra Francia e Italia, con la formazione della prima società delle guide alpine a Chamonix nel 1821 e con la costruzione del primo rifugio nel 1853 ai Grands

² Stephen L., *The playground of Europe*, Longmans, Green & C., Londra 1871



Fig. 1.4 Rifugio originale ai Grand Mulets.



Fig. 1.5 Rifugio originale ai Grand Mulets.

Mulets (3050m.slm). "Una capanna in legno fu realizzata a Chamonix, ne furono numerati i pezzi, il consiglio delle Guide votò una tassa obbligatoria per tutti e ciascuno portò la sua tavola ai Grands Mulets"³. Questa struttura inizialmente rettangolare di 2,15 x 4,3 metri, viene successivamente ampliata nel 1866 con tre nuove stanze e l'insediamento di un custode fisso durante il periodo estivo. Il fatto che il rifugio fosse privato, ovvero di proprietà non di un club alpino, ma delle guide alpine, sottolinea la mentalità imprenditoriale che stava alla base di queste opere, nate per offrire servizio ai turisti e quindi per trarre profitto. Questi primi rudimentali rifugi nascono appoggiati alla montagna, ovvero tre pareti lasciate ai venti ed una posizionata a ridosso di una porzione di roccia viva. Non si ha ancora fiducia a staccarsi del tutto per porsi sulle creste, ma si cerca un riparo sicuro con una parete spiovente o in un punto al riparo dalle valanghe. L'idea di avere una parete in comune con la montagna non si rivela però strategica. Troppi vincoli influenzavano la buona riuscita del manufatto, come la mancanza di denaro, di mano d'opera, di spazio, di materiali e di tempo. Le strutture collassavano alle prime nevicate invernali e si riempivano di ghiaccio. Un'altra pratica assodata era sfruttare le cavità naturali come grotte per trovare riparo, o crearne di artificiali a forza di dinamite. Il primo tentativo di costruzione un ricovero in legno avviene nel 1863 ad opera delle guide di Courmayeur al Col du Midi (3532m.slm), la struttura rimase costantemente inservibile a causa del ghiaccio che lo invadeva.

1.4 I club alpini e la montagna per tutti

La seconda metà dell'Ottocento vede la nascita del fenomeno dei Club alpini in

³ Serre P., Jeudy J., *Refuges des Alpes de Nice au Léman*, Glénat, Grenoble 1985

tutta Europa. Il primo risale al 1857, ad opera degli inglesi, fondato a Birmingham (Alpine Club), seguono gli austriaci (OEAV 1862) svizzeri e italiani assieme (CAS e CAI 1863) e infine i tedeschi (DAV 1869) e francesi (CAF 1874). I compiti principali dei Club sono quelli di costruire e mantenere i rifugi presenti sul suolo nazionale. Il primo rifugio promosso dal CAI risale al 1866 alle pendici del Monviso successivamente alla conquista della vetta da parte dell'alpinista Quintino Sella nel 1863 e viene chiamato Alpetto (2268 m. slm). La struttura disponeva di due vani in grado di ospitare una decina di persone in 12 metri quadrati. Un anno più tardi il CAI costruisce un secondo rifugio su proposta del canonico Georges Carrel, presso la "Balma della Cravatta" al Pic Tyndall (4134m.slm). "Il sito detto "La Cravatta", posto ad un'altitudine di oltre 4000 metri, è quello ove nel 1866 avevo passato cinque notti contri una rupe che faceva sporto di qualche metro. Ivi io avea allora tracciato un casottino di rifugio da costruire in pietre a secco". Gli interni di queste costruzioni ci vengono documentati dalle foto dell'epoca, non si discostano molto dalle baite dei pastori. Questi rifugi, non venivano progettati scientificamente, ma eretti per prova ed errore. Ovvero ogni decisione era legata a valutazioni approssimative.

Per sapere se e dove erigere un rifugio, le guide alpine ammassavano nel punto prestabilito una piramide di sassi e attendevano il passare dell'inverno. Se in estate rimaneva ancora in piedi allora quello era il luogo giusto e sicuro. Ma ciò non diceva nulla a riguardo della qualità del suolo, che in montagna tende a cambiare molto facilmente. Nel frattempo, nuove vie vengono aperte sul Bianco e tra i nuovi rifugi ricordiamo la Capanne de l'Aiguilles Grises (3107m.slm), la capanna Quintino Sella e Regina Margherita al Colle del Gigante (3370m.slm), ambiente unico di 3 x 2,5 metri rica-



Fig.1.6 La piramide di sassi sul luogo prescelto per la capanna Valsesia, Monte Rosa, nel 1898.



Fig.1.7 Rifugio dell'Alpetto al Monviso, il primo del CAI (2268 m s.l.m).



Fig.1.8 Vista del rifugio Gran Torre al Cervino 3890 m.slm.



Fig.1.9 Rifugio Amedeo di Savoia al Cervino 3840 m.slm.



Fig.1.10 Vista del rifugio Grandhornhutte nelle Alpi svizzere.

vato nella roccia con la dinamite. Il primo rifugio tedesco è una capanna sullo Zugspitze (2962m.slm) del 1883, in questo punto oggi sorge un nuovo rifugio. Mentre sul versante italiano il primo rifugio nelle Alpi centrali risale al 1875 ad opera della sezione di Praga del DOAV, il Payer all'Ortles (3029 m.slm). Ancora posteriore è la creazione del primo rifugio sulle Dolomiti: scavato nella roccia a suon di mine nella dolomia della Marmolada a 3100m nel 1875-77 ad opera di Paul Grohmann austriaco e primo conquistatore della vetta. Sempre sulle Dolomiti, ma del Brenta, la SAT edifica il rifugio Tosa (2489 m.slm) e la capanna Disgrazia (2559 m.slm) sull'omonimo gruppo montuoso. Passaggio importante nella storia dell'alpinismo è la conquista della Meije, ultima grande vetta alpina ad essere raggiunta nel 1877. Secondo Gian Piero Motti cambia l'approccio stesso dell'alpinista alla montagna: "L'azione si dirige alla ricerca di vie nuove e più difficili su montagne già salite lungo l'itinerario più facile e naturale"⁴. A questo mutamento corrisponde anche una innovazione della pratica edilizia in alta quota, Le strutture costruite degradano molto rapidamente per il clima, le valanghe e gli incendi quindi necessitano di interventi serrati e ravvicinati per mantenerne l'efficienza. Significativo il passaggio dalla costruzione in pietra addossata alla montagna, dal profilo irregolare, a quella in legno, razionalizzata e in alcuni casi prefabbricata. In passato era molto importante l'allestimento di un cantiere in quota, in quanto i materiali da costruzione venivano trasportati interamente a mano; questo richiedeva uno studio per unire dimensioni, quantità e pesi in relazione alla capacità di carico di ogni singolo portatore. Vennero quindi progettate le prime capanne prefabbricate, dove i singoli pezzi

⁴ Motti G.P., *La storia dell'alpinismo, L'Arciere/Vivalda*, Cuneo 1994

venivano lavorati a valle e poi semplicemente portati in cima e montati. All'esterno richiamavano le semplici baracche militari, ma al loro interno presentavano una suddivisione tra zona giorno e zona notte, la prima con stufa tavolo e dispensa, la seconda con le cuccette per dormire. La tipologia militare rappresentava un grandissimo campo di sperimentazione per l'edilizia temporanea, rapida da montare e smontare in caso di necessità. I veri progettisti di queste strutture erano i mastri carpentieri e falegnami che abitavano nelle valli, nelle loro botteghe avvenivano le prove di montaggio e smontaggio di queste strutture. Erano loro quindi a prendere decisioni in merito a tecnologie e materiali, grazie alla loro consolidata esperienza empirica. Inizia così a consolidarsi la figura del tecnico-intellettuale, che firma e dirige i cantieri. La rivoluzione della costruzione indipendente dalla parete rocciosa permette una maggiore flessibilità e facilità nelle operazioni di ampliamento in caso di necessità, vista la tipica forma rettangolare a sviluppo lineare. L'iniziale ambiente unico e aperto viene così ingrandito di volta in volta con ampliamenti in serie differenziati per funzione. Le strutture presentano ancora una notevole vicinanza alla montagna e con il tetto a falda unica inclinato verso valle, quasi a rappresentare la paura ad esporsi al vuoto. Il primo rifugio con il tetto a falde tipico delle capanne è quella della Gran Torre al Cervino (3890m.slm) lungo la via di ascensione alla vetta. Il primo rifugio ad essere totalmente separato dalla roccia e ad avere una doppia falda è il Luigi Amedeo di Savoia (3840m.slm) del 1893 sempre sul Cervino. Il rifugio Vittorio Emanuele II (2275m.slm) situato sul Gran Paradiso e tuttora esistente, è stato voluto dal CAI di Torino nel 1884-85 per onorare il primo re d'Italia. Con l'inizio del coinvolgimento di ingegneri e architetti nel processo costruttivo dei rifugi, dagli anni '80 dell'Ottocento ci sono

pervenuti i primi elaborati tecnici. Del 1880 è il progetto esecutivo redatto da Emil Hilgard per la Spannorthütte, un rifugio di tipo addossato realizzato in pietra con travi in legno. La firma del primo architetto invece è datata 1885 ed è quella di Hilarius Knobel per la Glarnischhütte. In questo periodo storico in Svizzera il CAS si pone il problema dell'edilizia alpinistica all'interno di un regolamento specifico è il "Règlement concernant les cabanes du SAC" del 4 settembre 1886. Il documento, secondo l'associazione, è necessario a fissare regole chiare e semplici per codificare la buona pratica costruttiva, ricercando la massima essenzialità come:

- Il rifugio deve essere lontano dalle rocce per evitare crolli.
- La struttura deve avere quattro pareti (la forma quadrangolare garantisce maggiori economie di spazio, costi di cantiere più contenuti e minori dispersioni termiche).

- Il tetto deve essere costruito a capanna.
- L'inserimento di focolare per il riscaldamento.
- L'arredamento nell'ambiente unico deve avere tavolo e cuccette dotate di paglia o fieno.

La prima raccolta documentata e illustrata con estrema cura è del costruttore Julius Becker-Becker che pubblica nel 1892 "Le Capanne del Sac" che illustra ben quaranta rifugi, tra esistenti e progetti, costruiti in legno. In questo libro inoltre sono illustrate le tecniche costruttive ideali, tra le quali il tipo di legno, il periodo di abbattimento, e i trattamenti per resistere al meglio ad insetti e intemperie anche se risulta molto più infiammabile. La meta più ambita dell'arco alpino resta il Monte Bianco, di estrema importanza fu l'epopea di Joseph Vallot astronomo e geografo, che sul versante francese di Chamonix ha compiuto 34 ascensioni e ha vissuto per un anno tra i 4358m e la vet-

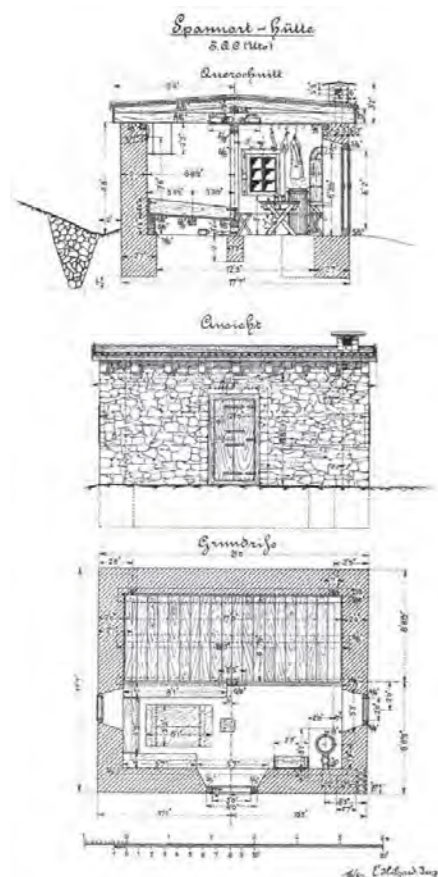


Fig.1.11 Progetto di Emil Hilgard per la Spannorthütte del 1880.



Fig.1.12 Cartolina rifugio Joseph Vallot sul Monte Bianco 4810 m.slm.



Fig.1.13 Fotografia dell'Osservatorio Joseph Vallot sul Monte Bianco.

ta. Su progetto di suo cugino, Ingegnere Henri, fece erigere nel 1890 un osservatorio scientifico; la costruzione era in legno a doppia parete con doppie porte e finestre, rivestita di lastre di feltro bitumato ignifugo e pietre appoggiate sui fianchi per proteggerlo dalle intemperie. Originariamente era composto solamente da due locali, nei due anni successivi diventano prima quattro e poi otto, con l'aggiunta di un osservatorio esterno e nuove stanze per le guide. A causa dell'inaspettato sovraffollamento, Vallot si è visto costretto a costruire una seconda capanna composta da due locali ad uso esclusivo degli alpinisti. Nel 1898 viene costruito un nuovo osservatorio ricoperto in lastre di rame, leggermente spostato perché il precedente venne totalmente ricoperto dalla neve. L'arredamento all'interno richiamava motivi cinesi con un divano laccato in madreperla, oggetti di valore e tappeti ricamati. Nel 1893 un nuovo osservatorio viene insediato proprio sulla cima, a 4810m, dall'astrofisico francese Pierre Jules César Janssen. Per la realizzazione si rivolge al più grande ingegnere allora in circolazione, Gustave Eiffel già progettista della tour Eiffel, di diversi ponti ferroviari e del cantiere del canale di Suez che rinuncia per le difficoltà di costruire in quota. La

perizia tecnica sviluppata presentava diverse incertezze e molte problematiche riguardanti soprattutto la profondità delle fondazioni. L'astrofisico si rivolge allora ad un architetto, Joseph Auguste Emile Vaudremer, proveniente dalla Ecole des Beaux-Arts, non molto afferrato con le difficoltà dei cantieri d'alta quota. La struttura è una gabbia tronco-piramidale lignea, montata fuori Parigi e poi smontata per essere assemblata in quota. Per qualche anno la struttura riesce a galleggiare sui ghiacci grazie a dei martinetti idraulici posti sotto al basamento, ma lentamente scivola e sprofonda nel ghiaccio e gli strumenti vengono salvati e portati a valle. Una notte dello stesso anno, nel 1893, Sua Maestà la Regina Margherita di Savoia dorme nella Capanna Osservatorio sulla Punta Gnifetti (4559m.slm) sul Monte Rosa, successivamente dedicata a lei. La capanna è progettata fabbricata e montata a valle, per poi essere smontata trasportata a spalle dalle guide con i muli e rimontata in tre mesi. Poggiava su una intelaiatura di travi e pilastri lignei a loro volta ancorati alla roccia viva, portata alla luce con mine e picconi, tramite piastre metalliche. Altra particolarità fu il rivestimento che era composto da tre strati lignei separati da intercapedini d'aria.

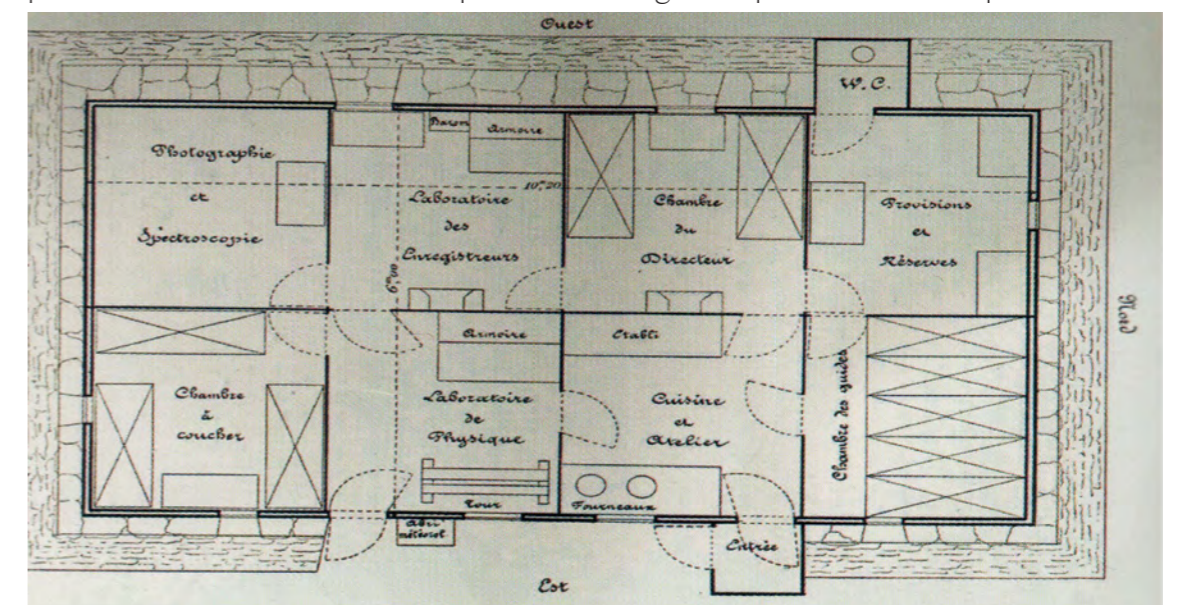


Fig.1.14 Pianta dell'Osservatorio Joseph Vallot sul Monte Bianco .

1.5 I rifugi-albergo e la Prima guerra mondiale

In questo periodo compreso tra il 1900 e il 1943 assistiamo ad una crescente diffusione dell'alpinismo come pratica sportiva, e questo implica una sempre maggiore frequentazione delle vette. Agli scalatori si affianca una più ampia clientela legata alle attività delle guide alpine, quindi non solo aristocratici inglesi, ma persone comuni che si possono e vogliono permettere questa esperienza. Un enorme e importantissimo strumento di pubblicizzazione dell'alpinismo sono le esposizioni universali, in grado di richiamare l'attenzione del grande pubblico e educandolo alla cultura e ai valori della montagna. La fine dell'alpinismo eroico, solo per pochi adepti, e l'inizio del turismo vero e proprio coincide con la necessità di allargamento delle strutture esistenti per ospitare un maggior numero di persone. Nasce così la tipologia ibrida del rifugio-albergo, le strutture si modificano, diventano di maggiori dimensioni e prevedono anche l'alloggio privato per il gestore; inoltre con l'aumento delle metrature cambia anche la struttura che quasi sempre è in muratura portante di pietra reperito in loco, sviluppata su più piani. Il primo e più rivoluzionario rifugio-albergo è il Bartolomeo Gastaldi (2659m.slm) nel 1904 presso il Crot del Ciaussinè.

Gli aspetti che gli conferiscono un'aria particolarmente signorile sono:

- La costruzione su tre piani.
- La prevalenza di stanze singole.
- I termosifoni per il riscaldamento.
- I bagni con acqua calda
- La sala da pranzo centrale al primo piano con montacarichi.

In fine una importantissima innovazione inserita nei nuovi rifugi-albergo è la linea telefonica, utilizzata per la prima volta al Grands Mulets nel 1908. Un altro esempio viene introdotto dal CAI con il rifugio Torino, sul Colle del Gigante, a (3300 m s.l.m.), l'edificio si sviluppa su due piani con sottotetto e può ospitare sessanta persone. Le strutture che sorgono negli anni a venire presentano caratteristiche simili tra loro, tutte dai tratti quasi signorili se confrontate con gli esempi degli anni precedenti. Successivamente si levano voci di indignazione su questo fenomeno in difesa di un'etica della montagna aderente al vecchio spirito avventuriero dei primi alpinisti. Negli anni Venti Eugenio Fasana dichiara in merito alla crescente infrastrutturazione dei monti: "Le capanne sorsero come funghi (...) di maniera che molte di quelle imprese già famose persero il carattere del passato. (...) è certo che le capanne (...) sono come tanti cavalli di Troia che preparano l'ingresso nell'alpinismo anche ai meno puri. Allora le capanne diventano celle senza religione". Nonostante le avversioni, la tendenza è irreversibile, soprattutto dopo la Prima guerra mondiale,

quando alcune delle preesistenti strutture diventano alberghi per passeggeri; questo avviene soprattutto negli alpeggi in cui sentieri e mulattiere erano state convertiti in strade carrozzabili.

1.6 La tradizione delle baite

L'Heimatschutz, che in tedesco significa difesa della patria, è la maggiore organizzazione elvetica che guida gli ideali architettonici del territorio, ha un ruolo chiave nella scelta dei caratteri stilistici e nelle scelte che prendono committenti e progettisti assumendo a volte caratteri politici di stampo conservatore. L'obiettivo è quello di individuare e valorizzare i caratteri propri dell'identità nazionale all'interno delle tecniche costruttive. Gli elementi che dovranno quindi andare a caratterizzare ogni progetto saranno quelli tipici delle capanne, con l'aggiunta della solidità e solennità che dovranno trasmettere le facciate oltre che protezione e calore all'interno. Si inseriscono successivamente elementi di modellazione plastica decorativi e le tecnologie da usarsi saranno le coperture a due falde in Eternit e l'utilizzo della pietra per le murature. Il modello quindi individuato è quello della baita degli alpeggi, un modello rurale che nulla aveva a che fare con queste fasce di territorio dove mai nulla venne costruito. Da qui l'idea consolidatasi col tempo che l'immagine del rifugio fosse quella della baita della tradizione folkloristica. Il tutto

inizia sulle alpi svizzere per poi espandersi lungo tutto l'arco alpino. della migliore posa e qualità dei materiali, l'immagine dei rifugi non si discosta di molto di quelli di sessant'anni prima e questo proprio grazie all'onda conservatrice dell'Heimatschutz.

La prima costruzione che risponde a questi principi è la Capanna Campo Tencia in Canton Ticino (2140 m s.l.m.) del 1912. La lunga durata di questo approccio è testimoniata dal fatto che, edificata nel 1984, la Almagellerhütte in Vallese rispetta gli stessi principi. In settanta anni, mentre radicali modifiche hanno interessato l'edilizia civile, la prassi dell'edilizia d'alta quota in Svizzera è rimasta congelata. L'Heimatschutz è stato, quindi, un freno alla ricerca progettuale ed ha contribuito a consolidare il carattere conservativo ed elitario dell'ambiente alpinistico, tendenzialmente restio a innovazioni.

L'interazione tra rifugi e guerra è stata nel corso del Novecento un argomento di rilievo, in quanto strettamente connesso alla presa di possesso di un territorio. L'essenza stessa dell'alpinismo, tra l'altro, è legata all'idea di conquista, pertanto la costruzione di rifugi diventa l'occasione per dimostrare una supremazia e piantare una bandiera; talvolta basta l'azione di cambiare il nome ad una struttura o modificarne lo status giuridico per ottenere il medesimo effetto di affermazione sul territorio. Nell'Italia post-unitaria di fronte



Fig.1.15 Rifugio Gran Torino originale costruito agli inizi del 900 al colle del gigante 3300 m.slm.



Fig.1.16 Cartolina del Rifugio Gran Torino originale.



Fig.1.17 Capanna Tencia costruita nel 1912 in Svizzera.



Fig.1.18 Capanna Tencia costruita nel 1912 in Svizzera.

ai sentimenti nazionalisti si presenta il problema delle terre occupate, escluse dal processo di unificazione. Sono i monti del Trentino-Alto Adige a essere al centro della contesa; lo dimostra l'edificazione nel 1905 di due rifugi alla Vedretta del Brenta, uno promosso dalla SAT (Società alpinisti tridentini) e l'altro dal DOAV.

Gli anni del primo conflitto mondiale complicano ulteriormente le cose, vedendo l'arco alpino orientale scenario della guerra. Il fronte, spesso anche a quote superiori a 3000 metri, viene allestito con opere infrastrutturali e baraccamenti che al termine dei conflitti verranno trasferiti al CAI. Le conseguenze della guerra sui rifugi sono soprattutto di tipo politico, sebbene talvolta i manufatti subiscono danneggiamenti e anche distruzione. La problematica maggiore una volta finita la guerra è il lungo iter burocratico che riguarda i passaggi di proprietà dei fabbricati in base alla riconfigurazione dei confini nazionali. Già nel 1916 il CAI chiede all'autorità militare la proprietà dei rifugi costruiti sui territori che in base al trattato di Londra del 1915 dovevano essere annessi all'Italia. Finito il conflitto la problematica si pone ancora e si rende necessario il presidio di truppe militari nei rifugi al fine di scongiurarne degrado e vandalismi. Solo nel 1921 il Ministero dispone che i rifugi proprietà di sezioni estere passino in consegna al CAI. È importante ricordare le vicende sto-

riche di un secolo fa perché, mentre all'epoca i rifugi di confine erano strumento di divisioni e controversie, oggi è proprio la loro particolare collocazione territoriale a farne simbolo di unione tra genti.

1.7 Il periodo di sperimentazione

Fino a questo momento i nomi dei progettisti rimangono spesso anonimi, vista la modestia dell'incarico, o la predominante tecnica costruttiva artigianale. Pochi fino ad ora sono gli architetti che si occupano di questi progetti, perché da un lato snobbano l'incarico e perché dall'altro la richiesta di competenza tecnica supera quella intellettuale o di elaborazione simbolica. La Heimatschutz contribuisce all'inserimento del tema nel dibattito architettonico. Con l'affermarsi del movimento moderno assistiamo ad un aumento di interesse per ogni aspetto dell'ambiente costruito e alla democratizzazione del progetto, quindi ad una distanziamento dalla committenza di prestigio e dal mondo accademico. Sono i temi meno nobili ad interessare la sperimentazione come la pianificazione di zone in espansione o l'abitazione popolare-operaia, i nuovi luoghi di lavoro, la razionalizzazione delle tecniche costruttive, l'organizzazione del cantiere in chiave industriale, la standardizzazione, i nuovi materiali e gli spazi minimi. Molti di questi aspetti hanno una ricaduta sul mondo dell'alpinismo, in Svizzera

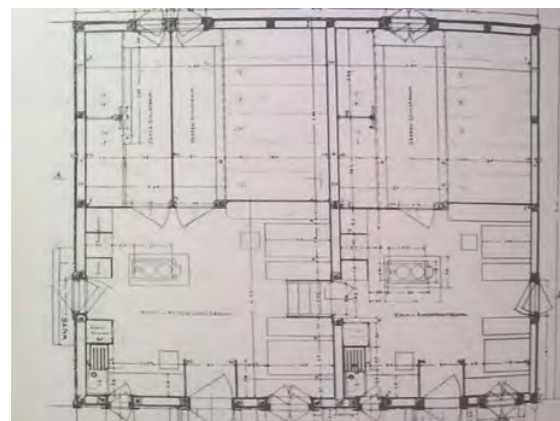


Fig.1.19 Pianta struttura prefabbricata della Modelserhütte.



Fig.1.20 Le aperture irregolari, le finestre a nastro la copertura a falda singola della planurahutte.

nel cantone dei Grigioni l'architetto Max Guyer nel 1910 erige il primo rifugio interamente prefabbricato montato in opera, il Modelserhütte a Forcula de Lavaz (2540 m.slm). Un altro progetto rivoluzionario e di grande importanza fu la Planurahutte al Clariden Pass (2970 m.slm) dell'architetto Hans Leuzinger nel 1930. L'innovazione di questo progetto sta nell'organizzazione spaziale in pianta e nel linguaggio rivoluzionario applicato alle facciate finestre a nastro, nicchie, finestre irregolari, angolari, bovindo, non che nella grande falda unica di copertura. Un'altra interpretazione originale della costruzione in alta quota è data da Il nuovo Rifugio Vittorio Emanuele II al Gran Paradiso (2735m.slm) dell'architetto torinese Armando Melis eretto nel 1931, il quale si immagina una struttura portante in ferro, a semi botte, insistente su di un arco parabolico che parte direttamente da terra, potremmo dire quasi un hangar o un bivacco deforme. Durante gli anni del fascismo il CAI passa sotto al diretto controllo del Coni, controllato direttamente dal regime, e la federazione degli alpinisti fiancheggia e si confonde con gli Alpini. I rifugi diventano così avamposti militari di controllo ai confini della patria. Nel 1933 il CAI partecipa per la prima volta all'esposizione internazionale di architettura, la V Triennale di Milano, principale vetrina sul mondo architettonico per il grande pubblico. Vengono allestite tre mostre e un concorso per individuare un modello

di rifugio alpino replicabile. Nascono in questo periodo i primi architetti specializzati nella progettazione di edifici d'alta quota come il francese Paul Chevalier, ideatore di una nuova gabbia lignea estremamente elaborata, con un rivestimento in grado di assicurare un'eccellente resistenza e un ottimo isolamento termico. Vengono utilizzati nuovi materiali come le membrane bituminose, l'alluminio laminato e per riempire le intercapedini vengono inseriti dei nuovi pannelli isolanti di Isorel, un materiale composto in fibre predecessore delle lane di roccia o di vetro. Lo studio e l'organizzazione del cantiere diventa sempre più importante, spettacolare è la sostituzione della ormai obsoleta Capanna Vallot, ricostruita in leggerissimi pannelli di alluminio, che per abbattere i costi vengono paracadutati dall'aereo. Tra le figure chiave della sperimentazione architettonica troviamo una donna, Charlotte Perriand, architetto di grandissimo talento e collaboratrice di Le Corbusier, non che si dice vera artefice della famosissima chaise longue. La Perriand era una grandissima appassionata di montagna e mette a punto un innovativo e quanto rivoluzionario sistema costruttivo per bivacchi, basato sulla una struttura a telaio in tubi d'alluminio chiusa da pannelli di compensato di dimensioni standard, il tutto sollevato dal terreno con trampoli. Rapido da montare e smontare, in soli otto metri quadri era in grado di ospitare sei per-



Fig.1.21 Rifugio Planurahutte al Clariden Pass 2970 m.slm.



Fig.1.22 Rifugio Vittorio Emanuele secondo al Gran Paradiso 2735 m.slm.

sone tavoli e brande ribaltabili. L'idea ha una applicazione ragionevole solamente a bassa quota a causa dello scarso isolamento termico e della scarsa resistenza al vento, ma ne vennero comunque installati ben quattro, di cui il più famoso in Alta Savoia sul Mont Joly (2000m.slm). Successivamente Pierre Jeanneret, cugino di Le Corbusier, progetta nel 1938 il Refuge Tonneau: una capsula a forma di prisma poligonale in grado di ospitare da 8 a 48 persone sollevata da terra e formata da pannelli in alluminio leggeri ma ad elevata resistenza, facilmente montabili e trasportabili. In poco tempo tutte queste esperienze sperimentali d'avanguardia verranno inglobate all'interno di progetti per strutture temporanee e reversibili da utilizzare durante le operazioni militari. Giulio Apollonio progetta ampliamenti, ricostruzioni e nuove costruzioni di rifugi. Molti di questi interventi, compiuti in varie parti delle Alpi, fanno parte del Piano qua-

driennale dei lavori nelle Alpi Occidentali, iniziativa promossa tra il 1937 e il 1941 finalizzata a migliorare l'offerta nel settore Ovest dell'arco alpino, considerata inferiore rispetto a quella della parte orientale. Nonostante l'impegno del CAI, gli interventi sono diversi l'uno dall'altro perché, a differenza di quanto fatto dal CAS, in Italia manca un insieme di precetti per l'edificazione in montagna. Nel 1936 il CAI commissiona uno studio esplorativo e stipula un accordo con la Direzione generale del Genio per fissare le norme tecniche e amministrative del Piano. Il quale verrà approvato dal Ministero della Guerra, che finanzia in parte costruzione e arredi fissi, e dal Ministero per la Cultura popo-

lare, che contribuirà per gli arredi mobili. I criteri fissati dal piano sono basati sul presupposto che il rifugio abbia una nuova accezione: non più luogo in cui trascorrere qualche ora, ma strutture, pensate per lo specifico sito e non replicabili altrove, in cui il turista passi delle giornate di vacanza.

1.8 Tra distruzione e ricostruzione la Seconda guerra mondiale

La Seconda guerra mondiale ebbe ripercussioni molto gravi sul patrimonio Alpino, sia sul versante italiano che su quello francese. I rifugi vennero infatti usati da un lato come avamposti partigiani e dall'altro come ospedali improvvisati per le popolazioni delle valli. Lo scenario riportato al termine del conflitto è la distruzione totale di 81 rifugi appartenenti a 35 sezioni differenti, 19 strutture parzialmente distrutte con murature riutilizzabili, mentre vandalismi e furti riguardano 156 rifugi ovvero il 65% delle proprietà

del CAI. I Danni stimati subiti all'estate del 1945 ammontanti a 440 milioni di lire. La ricostruzione parte fin da subito con grande dinamismo e al termine dell'estate del 1947 il CAI ha già stanziato 72 milioni di lire. Nel 1950 il Ministero dell'Economia regola i rifugi, fino ad allora rimasti non codificati da un punto di vista tributario. Il CAI provvede a migliorare lo standard dei servizi di tutte le sue strutture commissionando ad aziende nazionali di primo piano una fornitura standardizzata, ma dedicata di diversi articoli: materassi, coperte, casalinghi, zoccoli o stoviglie. Il CAI cercherà di proseguire il dialogo instauratosi con la cultura architettonica; In occasione della X Triennale di Milano del 1954, viene allestita la "casa-rifugio di montagna" al Parco Sempione ancora una volta ispirata alla baita tradizionale delle malghe. Un altro interessante progetto presentato in quell'edizione della triennale è la



Fig.1.23 Ricostruzione del Refuge tonneau di Jeanneret.



Fig.1.24 Render d'interni del refuge tonneau.



Fig.1.25 Casa rifugio di montagna allestita al parco Sempione per la x triennale dell'architettura.

“casa capriata” di Carlo Mollino; ispirato allo chalet, l’edificio è ligneo, caratterizzato dal tetto a capanna molto spiovente e sollevato da terra su una piattaforma retta da cavalletti. Il progetto rimarrà irrealizzato fino al 2008 quando viene edificato sotto la spinta del Politecnico di Torino.

1.9 L’elicottero

Il vero punto di svolta per le costruzioni d’alta quota è l’arrivo dell’elicottero. Il primissimo rifugio in cui venne utilizzato il nuovo mezzo di trasporto fu il rifugio del Soreiller (2730m.slm) nel 1957 a Oisans. L’edificio, una struttura in pietrame piena, viene totalmente trasportato in quota con l’aiuto dell’elicottero. Se fino ad allora l’incidenza dei costi di trasporto rappresentava circa il 20-30% del costo totale, ora diventerà preponderante. Dall’altra parte però permette di accorciare considerevolmente i tempi di cantiere e di utilizzare soluzioni inedite come quelle nel campo della prefabbricazione. Altri due

importanti esempi sono il nuovo rifugio dei Grands Mulets (3050m.slm), del 1958-59, e il nuovo Gouter (3817m.slm) del 1960, i quali presentano per la prima volta una struttura portante totalmente metallica rivestita da tamponamenti in alluminio di grandi dimensioni, portati in quota e montati grazie all’elicottero. L’opera si distacca così dall’immagine della capanna per diventare un oggetto di industrial design. Queste soluzioni totalmente a secco permettono di costruire anche laddove non era possibile e si rendeva necessario uno sbancamento del terreno, attraverso piattaforme artificiali a griglia, sospese su puntoni metallici che reggono l’intera costruzione e sono interamente reversibili. Una struttura spettacolare di questo tipo è l’aereo Bivacco del Mischabel nel Vallese (3847m.slm) del 1965. Il progettista, Guy Rey-Millet, dedica l’intera attività professionale alla progettazione di rifugi alpini, e fonda “l’Atelier d’architectu-

re en Montagne”. Meritevole di nota è la ricostruzione dell’Argentere (2771m.slm) nel 1974. Formato da un grande ba-

samento in pietra, una compenetrazione di volumi lignei dai profili netti, protesi a sbalzo sulla vallata ed enfatizzati da una



Fig.1.26 Rifugio Soreiller 2730m.slm il primo ad essere costruito tramite l’ausilio dell’elicottero nel 1957.



Fig.1.27 Rifugio ai Grand Mulets del 1958 costruito grazie all’elicottero.



Fig.1.28 Bivacco del Mischabel nel Vallese Svizzera 3847 m.slm. costruito nel 1965.

facciata sporgente. Sul tetto possono poggiare gli elicotteri che durante il cantiere trasportavano 800 chili a rotazione per un totale di 1.500 tonnellate in totale, contro le circa 40 necessarie per la costruzione dello stesso rifugio nel 1934.

1.10 Le costruzioni in cemento e le prime grandi firme

Nel 1973 viene data alle stampe la prima versione di "Vom Bergsteigen und Huttenbauen" (Dell'alpinismo e della costruzione dei rifugi) dell'architetto svizzero Jacob Eschenmoser (1908-1993). Il primo architetto ad essere ricordato per aver realizzato una raccolta delle riflessioni sulla progettazione dei rifugi. Proprio a lui si devono tra il 1957 e il 1986 ben sedici realizzazioni sulle Alpi svizzere. Riesce a rendere riconoscibili le sue realizzazioni, le quali si rifanno all'idea di baita-ricovero, secondo una disposizione planimetrica centralizzata dei volumi interni a matrice

poligonale. Questo conferisce all'esterno un aspetto sfaccettato, la copertura gioca un ruolo determinante, alla consueta doppia falda in aggetto si sostituisce un manto aderente come una pelle, che segue perfettamente le inclinazioni oblique delle pareti. L'organizzazione centralizzata degli spazi dipende da una razionalizzazione e ottimizzazione dello spazio stesso, infatti le forme che tendono al cerchio racchiudono lo spazio maggiore con la superficie minore. L'esempio più emblematico è la Domhutte nel Vallese (2940m.slm) del 1957. Qui la disposizione baricentrica porta ad avere una grande stanza centrale dove vengono posizionati gli elementi di distribuzione oltre che le funzioni che ruotano attorno al fulcro, come la sala da pranzo con i tavoli che corrono lungo le pareti perimetrali o al piano sopra il grande camerone con i letti disposti a raggiera. Ma la sua realizzazione in assoluto più nota rimane la



Fig.1.29 Domhutte nel Vallese 2940 m.slm costruito nel 1957.

Cabane de Bertol a Zinal (3311m.slm) del 1975, una ardita costruzione a torre ottagonale che si erge sulla montagna ma che allo stesso tempo dialoga con questa. Proprio gli anni compresi tra il 1960 e il 1970 vedono le Alpi trasformarsi: dallo spopolamento delle vallate alla nascita e aumento del turismo di massa. In Italia in particolar modo vengono costruite ovunque nuove strutture e il CAI diventa "la più grande organizzazione alberghiera d'Italia". Sono gli anni delle grandi costruzioni in calcestruzzo, come il rifugio Monzino

nel Monte Bianco (2590m.slm) del 1965 di Aldo Cosmacini, per quanto capiente mostra comunque un'elevata articolazione dei volumi e forme originali, contraddistinte da un basamento in pietra e il piano superiore sporgente verso l'esterno e rivestito in lamiera o la nuova Capanna Gniffetti al Monte Rosa (3647m.slm) del 1967. Gli anni '70-'80 vedono invece la ripresa dell'archetipo ma sempre aumentato di scala, esempi ne sono il rifugio Garelli nel Marguareis (1970m.slm) il quale ricerca la sua originalità nella reiterazione del

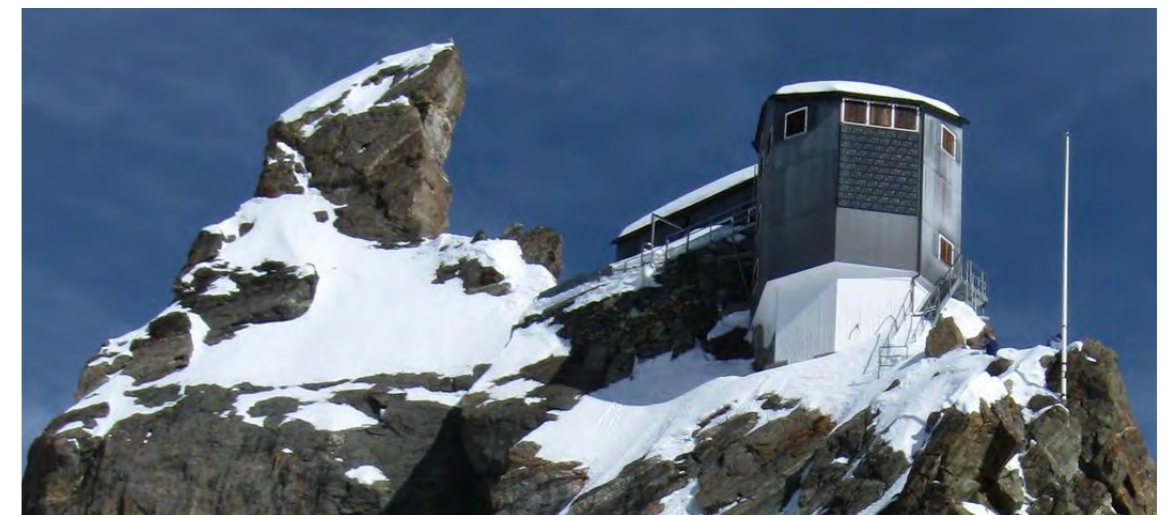


Fig.1.30 Vista sulla torre di Cabane de bertol al Zinal 3311 m.slm costruito nel 1975.



Fig.1.31 Rifugio Monzino al Monte Bianco 2590 m.slm costruito nel 1965 su progetto di Aldo Comacini.

motivo archetipico della capanna spiovente. La nuova Capanna Regina Margherita sulla Punta Gnifetti nel Monte Rosa (4559m.slm) del 1980 e la Capanna Quintino Sella al Felik (3585m.slm) sempre sul Monte Rosa del 1981, progettate per ospitare oltre cento persone.

1.11 Il tema della protezione ambientale

Il 7 novembre 1991 viene firmata da dai sei Stati membri della commissione internazionale per la protezione delle Alpi (Cipra) la “Convenzione delle Alpi”. L’obiettivo di questo documento è la protezione e lo sviluppo sostenibile del territorio dell’arco alpino che va dal Mar Ligure al Mar Adriatico, che si estende per 1.100km e sul quale vivono circa 13 milioni di persone. Si propone il contenimento degli sprechi nello sfruttamento delle risorse naturali, la riduzione dei consumi, e un ripensamento degli stili di vita, su un territorio che una volta modificato non è più facilmente riconducibile all’originale. Sotto questo punto di vista Reinhold Messner nel 1987 chiede con l’associazione “Mountain Wilderness” lo smantellamento di alcuni impianti di risalita. Da questa data in poi vengono messi in discussione i mostri in cemento armato e si parla di recupero, trasformazione, riqualificazione, ottimizzazione, ricostruzione e ampliamento. Anche a livello normativo le leggi si fanno molto più stringenti, dal contenimento dei consumi, al tipo di energia utilizzata, ai materiali, alle certificazioni, alla gestione e smaltimento dei rifiuti. Quest’ultimo già un tema trattato negli anni ’50. In assoluto il primo rifugio costruito con un sistema passivo di accumulo di calore è l’Adele Planchard al Delfinato (3173m.slm) nel 1982 ad opera dell’architetto francese Jean Zanassi. Nel 1989 Yves Jeanvoine firma l’ampliamento del rifugio all’Aiguille du Gouter (3817m.slm) creando un sistema ad energia solare in grado di sciogliere la neve retrostante

il rifugio per ricavarne acqua ed energia.

1.12 Rifugi moderni Immagine e landmark

Sul finire degli anni ’80 nasce l’esigenza che gli edifici siano rappresentativi attraverso forme e caratteri in grado di lasciare un segno nella memoria dei visitatori. Ovviamente questa iniziativa è richiesta dalla committenza perché l’immagine è uno strumento di marketing e aumenta i profitti. Anche i rifugi si adeguano a queste esigenze; infatti i progetti di costruzioni in alta quota vengono spesso pubblicati nelle riviste di architettura perché innovativi. Spesso gli interventi diventano in landmark, ovvero un segno potente della presenza dell’uomo sul territorio, preferendo il porsi in rilievo per contrasto con l’ambiente circostante piuttosto che la mimesi con il contesto. Rivestimenti lignei e metallici vanno a sostituirsi a quelli in pietra, facendo diventare i rifugi, attraverso l’aspetto esteriore, rappresentativi della propria epoca. Nel 1993 viene inaugurata la nuova Cabane du Vèlan (2640 m.slm). L’edificio rappresenta un punto di svolta nell’universo della progettazione delle strutture d’alta quota. La costruzione in pianta ricorda la forma di una mandorla e svetta come una torre prismatica, ricoperta in lastre in zinco-titanio. Il progetto di questo rifugio è ad opera dello svizzero Michel Troillet. Il Monterosa Hütte (2883m.slm) è l’opera alpina più emblematica del ventesimo secolo, talmente eclatante ed innovativa da essere frequentata non solo da alpinisti, ma da curiosi in scarpe da ginnastica che si avventurano apposta tra i ghiacciai per vedere questa costruzione. Il rifugio è una collaborazione tra il CAS, la facoltà di architettura di Lucerna e il Politecnico di Zurigo, oltre allo studio elvetico Bearth e Deplazes. Il volume è un cristallo prismatico ricoperto in lastre d’acciaio tagliato da una finestra a nastro che segue il suo profilo

tracciandone il perimetro. Il senso che trasmette l’edificio è di calore e protezione all’interno, senza cadere nell’immaginario delle baite e aprendo un nuovo linguaggio architettonico alpino. Lo stesso concetto progettuale viene applicato al rifugio Gouter (3817m.slm), progettato dal Groupe H e Charpente Concept. Un “immacolato guscio metallico traslucido che protegge l’intimità degli interni”, come lo definisce Luca Gibello nel suo libro, la miglior forma per resistere ai forti venti e alle abbondanti nevicate e tecnologie aeronautiche. Le medesime tecnologie servono per il Bivacco Gervasutti (2835m.slm) alle Grandes Jorasses progettato da Luca Gentilcore e Stefano Testa. La struttura è inedita, sono infatti 4 anelli modulari prefabbricati, poggiati su dei puntoni in acciaio, aggettante orizzontalmente sul paesaggio, come un cannocchiale, con una grande vetrata ellittica che chiude la sezione estrema del volume. La superficie è ricoperta da ben

24 moduli fotovoltaici che asservono il fabbisogno energetico mentre il materiale dei singoli moduli è vetroresina infusa, con isolamento termo riflettente e rivestimento interno in pannelli sandwich in semilavorato in legno. Tutto viene prima totalmente lavorato a valle e poi montato in quota. La volontà dei progettisti è quella di creare un “ospite” totalmente estraneo al paesaggio circostante, chiara presenza dell’uomo, e un modello replicabile. Altro esempio emblematico ma per il momento non ancora realizzato è il Nuovo rifugio Torino al Colle del Gigante sul versante italiano del Monte Bianco. Progettato nel 2011 da Antonio Ingegneri ed Erica Riberti, è un tentativo di combinare le esigenze di immagine e climatizzazione tramite una ardita copertura a blob, vetrata, che vada a contenere oltre ai classici servizi di ospitalità, un centro documentazione ed un museo, quindi una struttura più votata all’intrattenimento che



Fig.1.32 Vista fronte sud Cabane du Velane 2640 m.slm.

agli alpinisti. Tecnologie avanzate ma immaginari più “tradizionali” e legati all’immaginario della capanna, li ritroviamo nei rifugi svizzeri in Engadina, con l’utilizzo di particolari soluzioni tecniche in X-lam (una evoluzione del sistema in legno lamellare). Per ciò che riguarda gli ampliamenti, gli esempi più emblematici ed importanti sono: la Capanna Rambert nel Grand Mu-

veran (2580m.slm) 2010-12 dello studio Bonnard e Woeffray, la Tschiervahutte al Bernina (2593m.slm) di Hans Jorg Ruch e la Cabanne de Moiry (2825m.slm) nel Vallese dello studio Baserga Mozzetti.



Fig.1.33 Monte Rosa Hutte 2883 m.slm sul ghiacciaio dello Zermatt.



Fig.1.34 Refuge de Gouter sul monte Bianco 3867 m.slm ricostruito nel 2008.



Fig.1.35 Bivacco Gervasutti posizionato alle Grandess Jorasses 2835 m.slm.



Fig.1.36 la Capanna Rambert nel Grand Muveran 2580m.slm costruita dal 2010-12.



Fig.1.37 Tschiervahutte al Bernina 2593m.slm di Hans Jorg Ruch.



Fig.1.38 La Cabanne de Moiry 2825m.slm nel Vallese progetto dello studio Baserga Mozzetti.

2 Monte Rosa

In questo capitolo viene descritto il Monte Rosa secondo le sue caratteristiche fisiche, geografiche e ambientali.



2.1 Classificazione e toponomastica

Per lo studio dell'arco alpino, si fa riferimento alla "Suddivisione orografica internazionale unificata del Sistema Alpino" (SOIUSA). Questo sistema di classificazione geografica e toponomastica delle Alpi è stato elaborato da Sergio Marazzi nel 2006 in collaborazione con istituti e professionisti italiani e degli altri paesi alpini confinanti con l'Italia.

La SOIUSA, basandosi su aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e fitogeografici, ed essendo inoltre compilata nelle lingue italiana, francese, tedesca, slovena (oltre a mantenere i toponimi nei dialetti locali), è una chiave internazionale di lettura della complessa orografia delle Alpi e un'innovativa proposta di aggiornamento per superare le tradizionali partizioni pur valide, ma concepite dal punto di vista di ogni singolo Paese, a respiro quindi nazionale.

L'esigenza di creare un riferimento unificato relativo alle Alpi è emersa per superare i limiti legati all'avere diverse suddivisioni nazionali dei territori alpini; in Italia ad esempio era rimasta valida la 'Partizione

delle Alpi" del 1926. Questa suddivisione, all'epoca comunque pionieristica in quanto per prima prese in considerazione l'intero arco alpino (caso unico nel panorama europeo), risentiva di una visione italo-centrica. La classificazione, infatti, era stata introdotta durante il regime fascista dal Comitato Geografico Nazionale sulla base del documento "Nomi e limiti delle grandi parti del Sistema Alpino", proposto da una commissione nominata allo scopo durante il IX Congresso Geografico Italiano del 1924.

Una differenza importante rispetto al passato consiste nel fatto che la SOIUSA ha superato la storica tripartizione alpina in Alpi Occidentali, Alpi Centrali ed Alpi Orientali definita nel 1926, adottando la bipartizione in Alpi Occidentali ed Alpi Orientali. Le due grandi parti delle Alpi Occidentali e delle Alpi Orientali sono separate dalla linea Reno - Passo dello Spluga - Lago di Como - Lago di Lecco. Le due grandi parti si suddividono ulteriormente in:

- 5 grandi settori
- 36 sezioni
- 132 sottosezioni

- 333 supergruppi
- 870 gruppi
- 1625 sottogruppi

Il massiccio del monte Rosa rientra nella seguente classificazione:

- Grande parte: Alpi Occidentali
- Grande settore: Alpi Nord-occidentali;
- Sezione: Alpi Pennine;
- Sottosezione: Alpi del monte Rosa;
- Supergruppo: Gruppo del monte Rosa;
- Gruppo: Massiccio del monte Rosa;
- Codice: I/B-9.III-A;



Fig 2.2 Partizione delle Alpi Nord occidentali comprendenti il massiccio del monte Rosa.

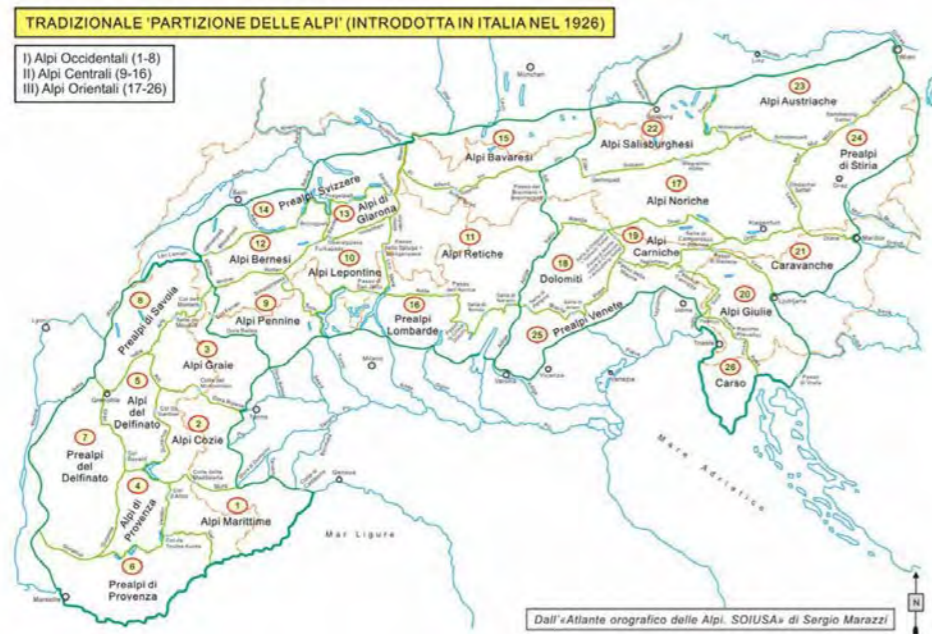


Fig 2.1 Tradizionale partizione delle alpi introdotta nel 1926 sistema SOIUSA.

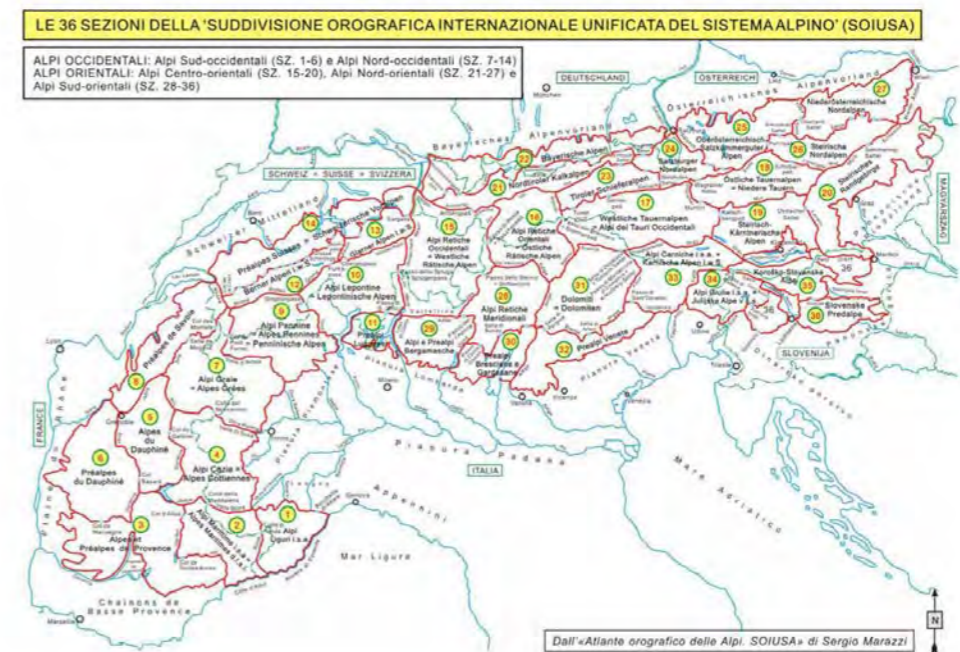


Fig 2.3 Sezioni della suddivisione orografica internazionale unificata dal sistema alpino SOIUSA.

2.2 Geologia

Fino a circa 100 milioni di anni fa il continente europeo era diviso da quello africano da un profondo oceano sul cui fondale si ammassavano enormi coltri di sedimenti mentre vulcani sottomarini eruttavano lava basaltica. Attorno ai 100 milioni di anni fa, l'Africa iniziò a spostarsi verso il nord a seguito di questo movimento circa 50 milioni di anni fa Africa ed Europa entrarono in collisione e il margine africano si rovesciò su quello europeo spingendo su di esso anche i fondali dell'oceano interposto. Il proseguire per decine di milioni di anni del grandioso processo di dislocazioni, accavallamenti, ripiegamenti, fratture e deformazioni di gigantesche masse di roccia, ha dato origine alla orogenesi alpina.

Le formazioni rocciose del margine africano avevano completamente ricoperto lo zoccolo cristallino dell'antica Europa. Negli ultimi 20 milioni di anni, i processi erosivi dovuti al vento, alle escursioni termiche, al gelo, alle acque, hanno asportato spessori di rocce dell'ordine di migliaia di metri. Così, nella parte più elevata dell'edificio alpino, che corrisponde al massiccio del Monte Rosa, la copertura "africana" è stata distrutta e sono tornate alla luce le sottostanti formazioni dell'antica Europa,

quello che i geologi denominano il Dominio Pennidico.

Il Massiccio del Monte Rosa è circondato da formazioni derivanti dall'antico fondale oceanico presenti nell'alta valle del Lys e in quelle dell'Evançon, del Marmore e di Zermatt. Nella zona circostante a est e a ovest sono rimaste possenti unità geologiche "africane", dette dai geologi: Dominio Austro-alpino. In esse, a oriente sono incise le valli del Sesia, del Cervo, e del Lys mentre a occidente formano i grandiosi rilievi delle Grandes Murailles, della Valpelline, della Dent d'Herin, del Cervino e della Dent Blanche.

La carta geologica mette in evidenza come il massiccio del Monte Rosa sia una unità geologica a sé stante, appartenente al "Dominio Pennidico" costituito dall'antico continente europeo, rappresentato, sulla carta, in varie tonalità di rosa fino al fucsia attorno all'unità geologica del Monte Rosa compaiono larghe zone azzurre che rappresentano le formazioni rocciose derivate dai fondali dell'Oceano Perduto. Le fasce color arancio che circondano Monte Rosa sono le unità del Dominio Austro-alpino, vale a dire le antichissime formazioni rocciose del continente africano che nella collisione e successiva orogenesi si sono sovrapposte allo zoccolo europeo.

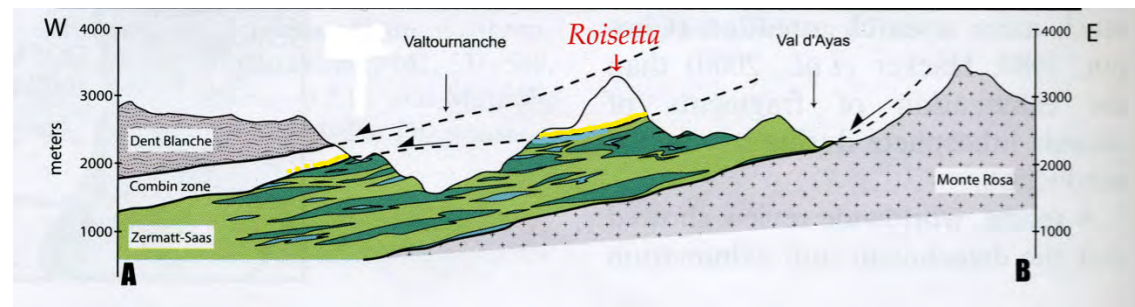


Fig 2.4 Sezione orografica riguardante la formazione dell'arco alpino, in modo particolare riguardante la zona del massiccio del monte Rosa sul confine tra Piemonte e Valle d'Aosta.

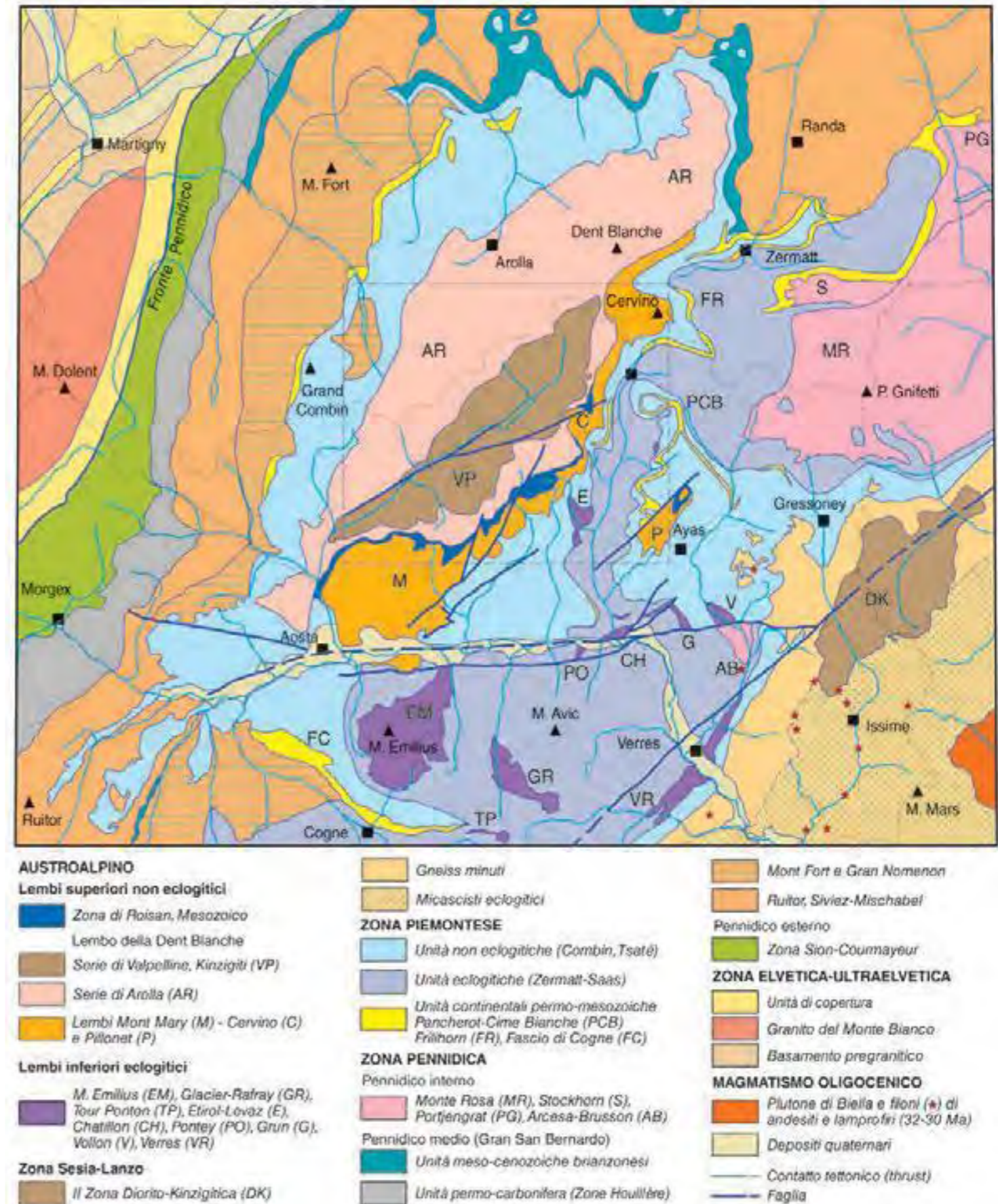


Fig 2.5 Carta Geologica delle Alpi occidentali.

Il massiccio del Monte Rosa, ma in particolare tutto il settore della alta Vallesia delle Alpi Pennine è, dal punto di vista geologico, una delle più complesse ed interessanti aree dell'intero arco delle Alpi nord-occidentali. Le litologie presenti sono molto differenti e vanno dagli gneiss del Monte Rosa ai calcescisti e pietre verdi, dagli scisti fino agli affioramenti calcarei. Evidente ovunque è l'azione di modellamento esercitata dai ghiacciai durante le glaciazioni pleistoceniche; forme evidenti del glacialismo sono le rocce montonate, i depositi morenici abbondanti ovunque e i numerosi laghetti alpini situati nella testa delle valli.

Lo gneiss è una delle più comuni rocce metamorfiche costituenti la crosta continentale. È il risultato del metamorfismo regionale dinamico termico di rocce originarie di composizione sialica, ovvero ricche di quarzo e feldspati e povere di silicati ferro-magnesiaci. Si forma a grande profondità, per effetto delle mutate condizioni di pressione e temperatura, nelle zone di convergenza di due placche, durante la fase di subduzione e in quella successiva di collisione continentale, che danno origine alle catene montuose. Il termine «gneiss» nacque alla fine del '700 per indicare una roccia che aveva dei minerali orientati lungo piani e che conteneva abbondanti feldspati. In seguito il termine è stato utilizzato con significato strutturale. Per molto tempo i geologi hanno indica-

to con questo nome tutte le rocce metamorfiche con una particolare tessitura nella quale la foliazione metamorfica è caratterizzata da un'alternanza di sottili letti ricchi in minerali lamellari, miche e cloriti in prevalenza, e letti molto più spessi formati in prevalenza da minerali granulari sialici, quarzo con uno o più feldspati.

Il calcescisto è una roccia metamorfica in facies scisti verdi, prevalentemente di più basso grado, formata da calcite a cui si associano, in quantità variabili, miche chiare (muscovite, fengite, paragonite) con biotite e quarzo. Può essere più o meno intensamente scistoso in funzione del contenuto di fillosilicati. Può sfumare da una parte verso i marmi micacei e dall'altra verso filladi e micascisti. Queste rocce, infatti, sono spesso associate ai calcescisti. Anche il colore è variabile: generalmente da grigio chiaro a quasi nero, può avere sfumature verdi per la presenza di fengite o clorite e giallo crema per effetto dell'alterazione superficiale.

Il termine scisto nella moderna petrografia indica una roccia metamorfica a grana medio-grossa caratterizzata da una tessitura scistosa abbastanza marcata, cioè tendente a sfaldarsi facilmente in lastre sottili. Lo scisto è il risultato della trasformazione di argilla sottoposta ad alte pressioni e temperature nelle quali i cristalli micacei (che rappresentano generalmente circa il 50% dello scisto) si ordinano in una direzione precisa creando delle falde det-

te appunto piani di scistosità.

Altri minerali che compaiono spesso negli scisti sono il quarzo ed i feldspati. Lo scisto può essere di vari tipi a seconda della presenza più o meno marcata di vari minerali:

- scisti bianchi: a causa della colorazione chiara dovuta alla presenza di talco e calcite;
- scisti cristallini.
- scisti verdi.
- scisti blu.

Altre tipologie di roccia che si trovano nel massiccio del monte Rosa sono le rocce montonate.

In glaciologia, una roccia montonata è un particolare tipo di formazione rocciosa generata dal passaggio di un ghiacciaio. Il ghiacciaio in movimento può erodere il suolo fino ad arrivare al substrato roccioso, dando luogo a formazioni rocciose di struttura asimmetrica, arrotondate a monte cioè dal lato che subisce la spinta del ghiaccio in movimento, e che in gene-

re si assottigliano e sfilacciano in modo irregolare a valle, dove si esaurisce la spinta data dal movimento del ghiacciaio. Questi effetti erosionali possono estendersi su scale che vanno dal metro fino a qualche centinaio di metri.

I depositi morenici sono una particolare forma di accumulo di sedimenti, costituito dai detriti rocciosi trasportati da un ghiacciaio.

I sedimenti che costituiscono le morene, chiamati till (o tillite se consolidati), sono caratterizzati da:

- assenza di classazione.
- forte eterogeneità nella dimensione dei clasti, spesso costituiti da detriti ghiaiosi a spigoli vivi, annegati in un'abbondante matrice argillosa siltosa.

Spesso nei depositi morenici sono presenti massi di dimensioni metriche, solitamente originati da accumuli sul ghiacciaio di frane rocciose provenienti da pendii sovrastanti o sui bordi laterali del ghiacciaio.



Fig 2.6 Gneiss del Monte Rosa.



Fig 2.7 Calcescisto verde.



Fig 2.8 Scisto blu.



Fig 2.9 Scisto verde.



Fig 2.10 Rocce montonate.

2.3 Flora

La flora della Valsesia e della zona del massiccio del monte Rosa si divide in diverse fasce a seconda della quota sul livello del mare.

Lo strato più basso chiamato zona collinare viene utilizzato in gran parte per la coltivazione dell'uva, infatti il vino vallesano è uno fra i vini più pregiati del mondo. Lo strato successivo poco più in alto, chiamata zona montana, viene utilizzato per la coltivazione di patate e di frutta. Al di sopra delle precedenti zone troviamo quella subalpina e alpina: è in queste zone che si sono adattate il maggior numero di piante e fiori alpini. Possiamo così trovare degli arbusti come il rododendro o il mirtillo oppure i fiori alpini come la conosciutissima stella alpina.

Al di sopra si raggiunge la zona nivale dove a prima vista sembra impossibile poter trovare dei fiori. Però in molti luoghi si possono vedere diversi licheni e muschi e

per l'occhio attento si possono scorgere, in luoghi protetti, varie specie di fiori alpini come il ranuncolo dei ghiacciai e l'androsace di Vandelli. Il Monte Rosa detiene, su tutti i massicci della Catena Alpina, il primato assoluto degli estremi limiti altitudinali raggiunti dalla vegetazione boschiva e da quella d'altissima quota. I ranuncoli dei ghiacciai, le genzianelle bavariche, e l'eritrichium nano, fioriscono sul Naso dei Lyskamm, alla straordinaria quota di 3600-3700 m. Essi fanno parte delle 59 "entità floristiche" che gli studiosi annoverano nella così detta Flora cacuminale, vale a dire quella che si spinge alle altitudini più elevate. Ben 45 di queste specie raggiungono la loro quota estrema proprio sul Massiccio del Monte Rosa.

La Val Sesia è una valle caratterizzata da un'abbondante piovosità, in media 1.500 mm annui, cosa che favorisce lo sviluppo di una abbondante copertura vegetale e la presenza di formazioni vegetali e specie

molto esigenti in termini di disponibilità idrica. Il paesaggio tipico è alto alpino; al di sopra del limite superiore del bosco si incontrano ghiacciai, nevai, morene, rupi e detriti di falda, laghetti e torbiere, che occupano in modo continuo ben più della metà della superficie del sito, mentre praterie e praterie rupicole, anch'esse molto diffuse, si alternano alle quote più basse con radi cespuglieti ed ampi arbusteti alpini di ontano verde. La copertura boschiva del massiccio è costituita in prevalenza da faggio, larice, abete bianco e, sul versante ovest, da abete rosso. La vegetazione quindi è quella propria del piano alpino e subalpino: si passa così dai boschi di larice, alle praterie alpine e, ancora più in alto, alla specie pioniera degli ambienti più estremi. Nelle aree non interessate dai ghiacciai è presente la vegetazione tipica del piano montano, rappresentata da fitti boschi di faggio e abete bianco.

Tra gli arbusti diffusi nei boschi si trovano

facilmente ginepro, sambuco, nocciolo, sanguinella; mentre nell'area più bassa sono diffusi il castagno, il frassino, il rovere, l'acero, il pioppo tremolo, il ciliegio selvatico e il sorbo montano. Tra le piante erbacee alcune specie rare di Daphne alpina, mezereum, iris graminea, felce florida, si affiancano i più comuni croco, polmonaria, campanellino.

In Alta Val Sesia sono stati censiti numerosi ambienti di notevole importanza come le torbiere acide a sfagni, cenosi estremamente localizzate sul territorio piemontese e presenti su superfici ridottissime. Tra gli habitat prioritari è stata segnalata la presenza di formazioni pioniere di specie artico-alpine appartenenti all'alleanza Caricion bicoloris-atrofuscae che vegetano su suoli limoso-sabbiosi ai margini di ruscelli alpini. I ghiacciai del settore del Monte Rosa e del Corno Bianco rivestono un grande valore ecologico poichè costituiscono, insieme ai bacini lacustri, impor-

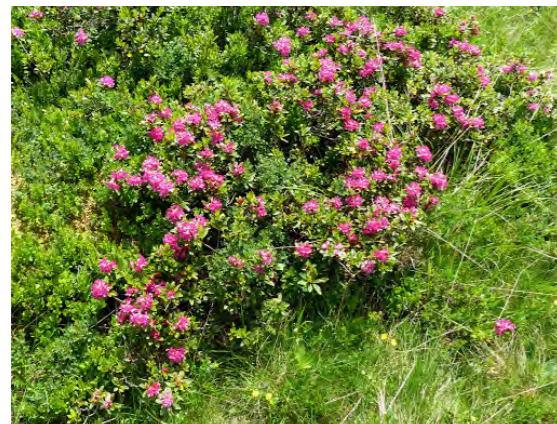


Fig 2.11 Rododendro selvatico.



Fig 2.12 Stelle Alpine.



Fig 2.13 Androsace di Vandelli.



Fig 2.14 Ranuncolo dei ghiacciai



Fig 2.15 Esempio di bosco misto comprendente abete bianco, faggio e larice.

tanti riserve d'acqua dolce; purtroppo in Piemonte, come altrove, i ghiacciai sono in costante regresso. Tra le formazioni erbacee sono importanti i nardeti ricchi di specie, le praterie basifile alpine e subalpine e i megaforbieti alpini e subalpini. Piuttosto estesi sono anche gli arbusteti a rododendro e mirtillo. Alle quote superiori, alle praterie succedono gli ambienti delle rocce dei macereti con la loro vegetazione caratteristica e le pareti rocciose calcaree e silicee con vegetazione rupicola; la vegetazione dei macereti si sviluppa anche sui rock-glaciers, i detriti depositati direttamente sul ghiacciaio. Dal punto di vista vegetazionale interessante è la presenza di vegetazione discontinua delle morene e delle rupi con presenza di specie (*Poa laxa* e *Saxifraga bryoides*) presenti qui ai limiti altitudinali più elevati raggiunti da specie della flora fanerogamica sulle Alpi oltre 4.200 m. Per quanto riguarda la flora sono segnala-

te tra le numerose specie di fanerogame presenti, numerose endemiche delle Alpi occidentali come *Campanula excisa*, *Valeriana celtica*, *Androsace adfinis* subsp. *puberula*, *Centaurea uniflora*, *Sempervivum grandiflorum*, *Senecio halleri*. Sono presenti inoltre specie rare e inserite in Lista rossa italiana e regionale come *Androsace vandellii*, *Hornungia alpina* subsp. *brevicaulis*, *Minuartia cherlerioides* subsp. *rionii*. È confermata la presenza di *Aquilegia alpina*, una ranunculacea dai vistosi fiori, vulnerabile in quanto oggetto di raccolta. Tra le altre specie vegetali si contano numerose pteridofite, tra cui *Asplenium adulterinum*; notevole è la diversità specifica dei licheni, dei quali in tutta la Val Sesia sono stati individuati ben 758 taxa.



Fig 2.16 Pascoli alpini con lo sfondo del Massiccio del monte Rosa.

2.4 Fauna

La fauna locale è dominata dalla presenza di specie alpine, per gli ungulati troviamo lo stambecco che vive prevalentemente in alta quota sopra i 3000 m, il camoscio che ama pascolare nelle alte praterie alpine tra i 2500 e i 3000 m, il cervo che vive nelle zone boschive così come il capriolo, il muflone e il cinghiale. Lo stambecco non è sempre stato presente sul territorio, è stato introdotto in Valsesia a metà degli anni '70 e ad oggi si rintraccia nell'area di Alagna, Rima e Carcoforo. Nell'avifauna spicca l'aquila reale, che rimane tutt'ora il re delle Alpi, seguita da numerose specie di rapaci diurni e notturni presenti nel territorio come ad esempio la poiana, il falco (pellegrino, pecchiaiolo), il nibbio bruno, il biancone, il gheppio e il gipeto. Nelle aree boschive si possono trovare il picchio (rosso, rampighino, muratore), il ghiro e la martora. Una menzione a parte merita la cicogna nera: presente nel

territorio in passato, se ne erano perse le tracce finché, nel 1994, è stato rivenuto un nido all'interno del Parco del Fenera. Viste le caratteristiche "alpine" del Parco sono presenti anche i Tetraonidi quali il gallo forcello, la pernice bianca e la coturnice. Tra la famiglia dei Corvidae troviamo il corvo imperiale e il gracchio alpino; quest'ultimo è un uccello molto comune sulle Alpi, facile da osservare soprattutto nelle zone rocciose sopra al livello del bosco. Si possono trovare infine uccelli di piccole dimensioni come ad esempio il merlo acquaiolo, il merlo dal collare e il fringuello alpino. Nella zona del massiccio del monte Rosa si possono trovare anche marmotte, ermellini, volpi rosse, martore, donnole, lepri variabili, scoiattoli e altri piccoli roditori ed insettivori che vivono prevalentemente nelle praterie alpine e nei boschi in base alla stagione. Le marmotte sono gli animali che si possono incontrare più fre-



Fig 2.17 Cervo reale.



Fig 2.18 Stambecco alpino.

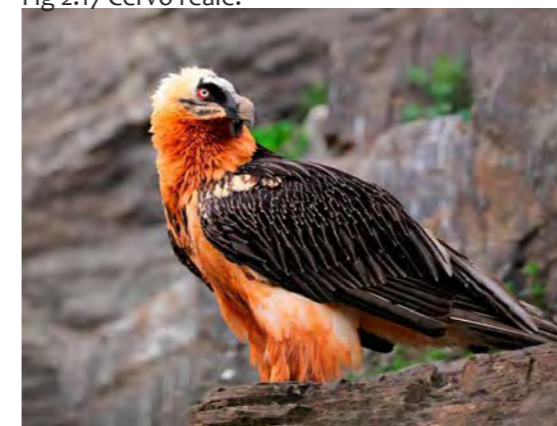


Fig 2.19 Gipeto.



Fig 2.20 Gracchio alpino.

quentemente lungo il percorso. I torrenti ospitano un'ittiofauna tipicamente reofila, propria di acque ben ossigenate ed alvei pietrosi; le specie segnalate sono circa 10, di cui tre di interesse comunitario: il barbo canino, lo scazone ed il vairone. I rettili più comuni sono la sa-

lamandra, il biacco, la vipera e il ramarro. Soprattutto due specie di animali hanno fatto discutere molto di sé negli ultimi tempi: il lupo e la lince. Tutti e due le specie fanno parte di un programma di reinsediamento della stessa in cattività nel territorio.



Fig 2.21 Aquila Reale.



Fig 2.22 Marmotta.



Fig 2.23 Barbo canino.



Fig 2.24 Lepre rossa.



Fig 2.25 Cinghiale.

3 Capanna Osservatorio Regina Margherita

In questo capitolo viene descritto il rifugio Capanna Margherita analizzando gli aspetti fondamentali, partendo dalla storia dell'edificio ed evidenziare le caratteristiche tecnico geometriche ed impiantistiche analizzate durante i rilievi alla struttura.



3.1 Capanna Regina Margherita: introduzione e localizzazione

La “Capanna Osservatorio Regina Margherita” è situata nel comune di Alagna Valsesia in provincia di Vercelli nel nord del Piemonte sul confine con la Valle d’Aosta e la Svizzera. Il rifugio è posto sulla Punta G. Gnifetti, una delle cime che fanno parte del massiccio del Monte Rosa, nelle Alpi Graie, a quota 4554 m s.l.m. Il Massiccio del Monte Rosa è il più esteso massiccio delle Alpi, il secondo per altezza dopo il Monte Bianco, il monte più alto della Svizzera, del Piemonte ed il secondo più alto d’Italia, nonché quello con l’altitudine media più elevata: vi appartengono 9 delle prime 20 cime più



Fig.3.1 Localizzazione Rifugio da Alagna Valsesia uno dei punti di partenza alla vetta.



Fig.3.2 Localizzazione Rifugio nell’arco alpino.



Fig.3.3 Localizzazione Rifugio nel massiccio del monte Rosa.

alte della catena alpina tra cui le punte Lyskamm, Entdeckungsfels, Parrostspitze situate vicino alla punta Gnifetti. Capanna Regina Margherita è una struttura unica nel suo genere considerato che, la quasi totalità dei rifugi, anche di quelli strettamente alpinistici, servono come punto partenza o di appoggio per una lunga traversata o per l'ascesa in vetta. Capanna Regina Margherita è situata sulla cima di un monte e rappresenta di per sé un punto di arrivo. Il rifugio verso est si affaccia direttamente su quella che è considerata la più alta parete nel suo genere delle Alpi: oltre duemila metri di ghiaccio, neve e roccia, che le conferiscono un aspetto "himalayano". L'unicità della posizione in cui si trova il rifugio, se da un lato

costituisce una fonte di problematiche anche ambientali di non semplice soluzione, dall'altro crea interessanti opportunità di ricerca in diverse materie, dalla medicina alle scienze della terra, alla meteorologia. Da qui il nome Capanna (come rifugio per gli alpinisti) ed Osservatorio (come struttura di supporto per le ricerche scientifiche). Le difficili condizioni ambientali (basse temperature, forti raffiche di vento, minor pressione atmosferica da cui deriva una minor quantità di ossigeno) dovute alla quota si sommano alle criticità legate alle caratteristiche morfologiche del luogo, come la mancanza di spazio e la forte esposizione hanno reso la costruzione di questa struttura una vera e propria sfida ingegneristica.

3.2 Storia ed evoluzione dell'edificio

La storia della Capanna Osservatorio Regina Margherita fa parte della storia del Club Alpino Italiano e non solo. L'idea originale di realizzare un rifugio sopra i 4000 metri, che servisse sia come ricovero per gli alpinisti che come osservatorio per la ricerca scientifica, venne proposta per la prima volta nel 1889, a seguito della prima traversata invernale del Monte Rosa, da Corradino, Alfonso, Vittorio, Gaudenzio ed Erminio Sella, figli e nipoti di Quintino Sella, ministro delle Finanze del Regno d'Italia e fondatore del CAI. L'idea fu inizialmente accolta con scetticismo e qualche polemica sul fatto che

una eventuale costruzione posta a quella quota potesse resistere alle condizioni meteo particolarmente rigide e che vi si potesse effettivamente risiedere, pur se per brevi periodi. Nel luglio del 1889, anche per anticipare i francesi che stavano ipotizzando qualcosa di simile sul Monte Bianco, l'Assemblea dei Delegati del CAI decise infine di realizzare l'opera. Come sito idoneo venne individuata la Punta Gnifetti, o Signalkuppe (Punta del Segnale) per gli svizzeri, quarta cima del Rosa per altezza, salita per la prima volta dall'abate Giovanni Gnifetti nel 1842. Il progetto dell'opera venne redatto dall'ingegner Gaudenzio Sella ed i lavori, portati avanti nel periodo estivo, durarono 4 anni, dal 1890 al 1893. L'obelisco roccioso della



Fig.3.4 Vista sulla punta Parrostspitze e sul Cervino.



Fig.3.5 Cartolina storica degli anni '40 del rifugio.

cima venne spianato a mano e con la dinamite, asportando quasi 50 metri cubi di roccia. Il materiale utilizzato per la costruzione della Capanna venne trasportato coi muli da Gressoney fino al ghiacciaio e quindi a spalla grazie a portatori valdostani. Per l'ultimo tratto venne utilizzata una piccola teleferica ad argano. La costruzione originale che ospitava un dormitorio, una cucina ed un osservatorio consisteva in un edificio rettangolare di 9,68 x 3,60 metri in legno di larice americano, con triple pareti separate da una intercapedine d'aria, copertura e pavimento in doppio strato, doppie finestre, per l'isolamento termico, e con un rivestimento in fogli di rame ed una messa a terra ai quattro lati dell'edificio come difesa dai fulmi-

ni. Le spese di costruzione, poco meno di 18.000 lire, furono sostenute in gran parte dalla Sede Centrale del CAI 10.000 lire, a cui si aggiunsero 500 lire dal Re e 1.000 lire da parte della Regina, di alcuni ministeri e di società scientifiche. Altri contributi vennero dalle Sezioni, a cui si aggiunse anche la Sezione di Monaco del Club Alpino Tedesco. Si arrivò così a raccogliere circa 20.000 lire. Altre donazioni, come ad esempio quella di 5.000 lire da parte del principe Luigi Amedeo Duca degli Abruzzi, servirono per dotare la Capanna di strumentazione scientifica. Il rifugio, inaugurato ufficialmente il 4 settembre 1893, fu dedicato alla Regina Margherita, all'epoca sovrana d'Italia, appassionata di montagna e forte sostenitrice dell'o-

pera, che solo qualche giorno prima, il 18 agosto, era salita alla medesima capanna pernottandovi col suo seguito e con alcuni nobili ed esponenti politici del tempo. L'edificio, dato in gestione alla Sezione del CAI Varallo, la quale utilizzò come custodi alternativamente guide di Alagna e di Gressoney, fu subito utilizzato sia da numerosi alpinisti che da uomini di scienza. Nel 1899 fu aggiunta la torretta destinata ad osservatorio meteorologico. Dopo tale intervento, per alcune decine di anni la struttura del rifugio non subì ulteriori sostanziali modifiche. Nel 1978 la Sezione di Varallo, su incarico della Sede Centrale, provvide a demolire il vecchio rifugio, che mostrava evidenti segni di logoramento. La demolizione avvenne

di pari passo alla costruzione, a settori, Affinché ci fosse sempre a disposizione dei lavoratori una struttura in cui ripararsi e riposare senza scendere tutti i giorni a valle. la nuova capanna fu inaugurata il 30 agosto 1980. Nel 1997 sono stati completamente rifatti e messi a norma l'impianto elettrico ed il sistema antincendio. Infine, nel 2006 il rifugio è stato dotato di un nuovo generatore, in grado di soddisfare l'intero fabbisogno energetico (sia termico che elettrico), è stato adeguato l'impianto elettrico ed è stato aggiunto un terrazzo sul lato nord per agevolare le operazioni di caric scarico del carburante.



Fig.3.6 Linea temporale dalla prima costruzione fino ad oggi.

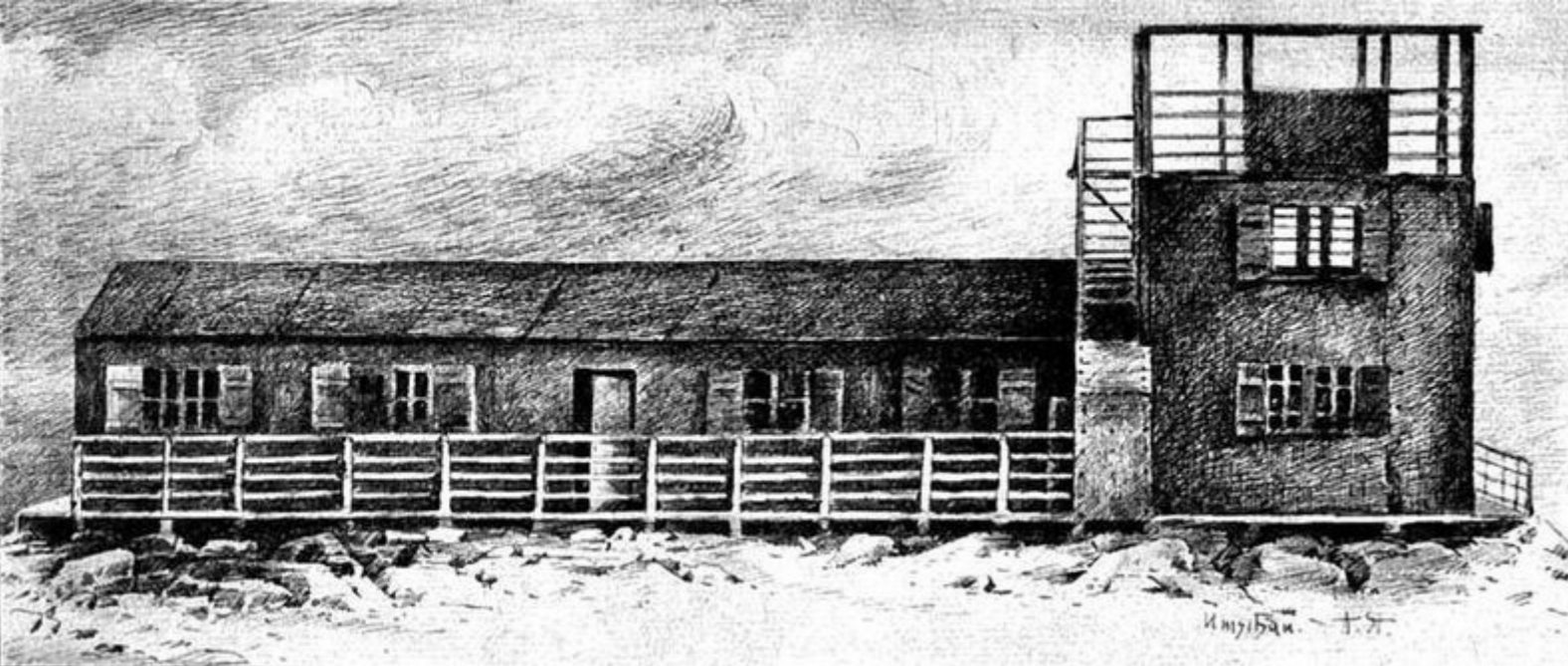


Fig.3.7 Cartolina storica della costruzione originale del rifugio fronte sud-est dove spunta la torre metereologica.



Fig.3.11 Fotografia fronte sud-ovest Capanna originale.



Fig.3.12 Cartolina storica.



Fig.3.8 Cartolina storica dell'ingresso al rifugio.



Fig.3.9 Persone sulla balconata in una cartolina storica.



Fig.3.13 Fotografia del cantiere con i baraccamenti per fa dormire gli operai durante i lavori in quota.



Fig.3.10 Persone sul fronte sud-ovest in una cartolina storica.



Fig.3.14 Fotografia storica del cantiere 1980 fronte nord-ovest.

3.3 Analisi, rilievo e restituzione dello stato di fatto

Dopo aver raccolto le informazioni relative al progetto tramite i vari enti con cui siamo entrati in contatto è stata sviluppata la restituzione dello stato di fatto di Capanna Osservatorio Regina Margherita.

È stato possibile ricostruire con alta fedeltà lo stato di fatto con un modello tridimensionale BIM dal quale sono state poi estrapolate viste bidimensionali (pianche, sezioni, prospetti). Prima di svolgere il sopralluogo il CAI ci aveva fornito i disegni delle piante dell'edificio, questi

disegni sono stati confrontati con quelli originali forniti dal Comune di Alagna Vallesia in cui erano inseriti anche dei prospetti e una sezione tecnologica. Tramite la tecnica del fotoraddrizzamento con il software RDF sono state ricavate le altezze dell'edificio partendo da fotografie

prese online dei vari prospetti dell'edificio. Con queste operazioni è stato possibile avere dei disegni della struttura che sono stati usati come base per assumere ulteriori informazioni in fase di sopralluogo.

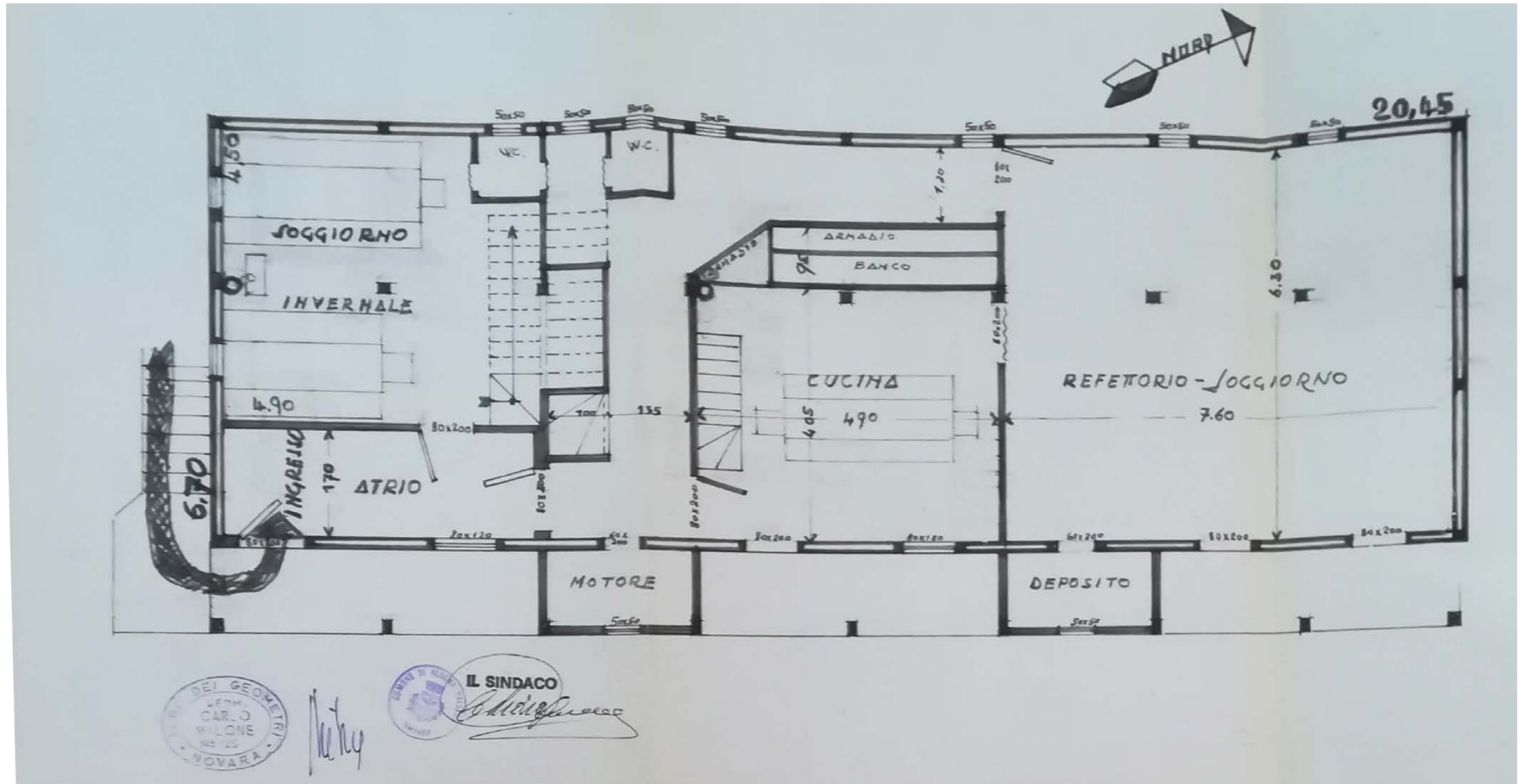


Fig.3.15 Pianta piano terra progetto originale del 1977 redatto dallo studio del geometra Carlo Milone.

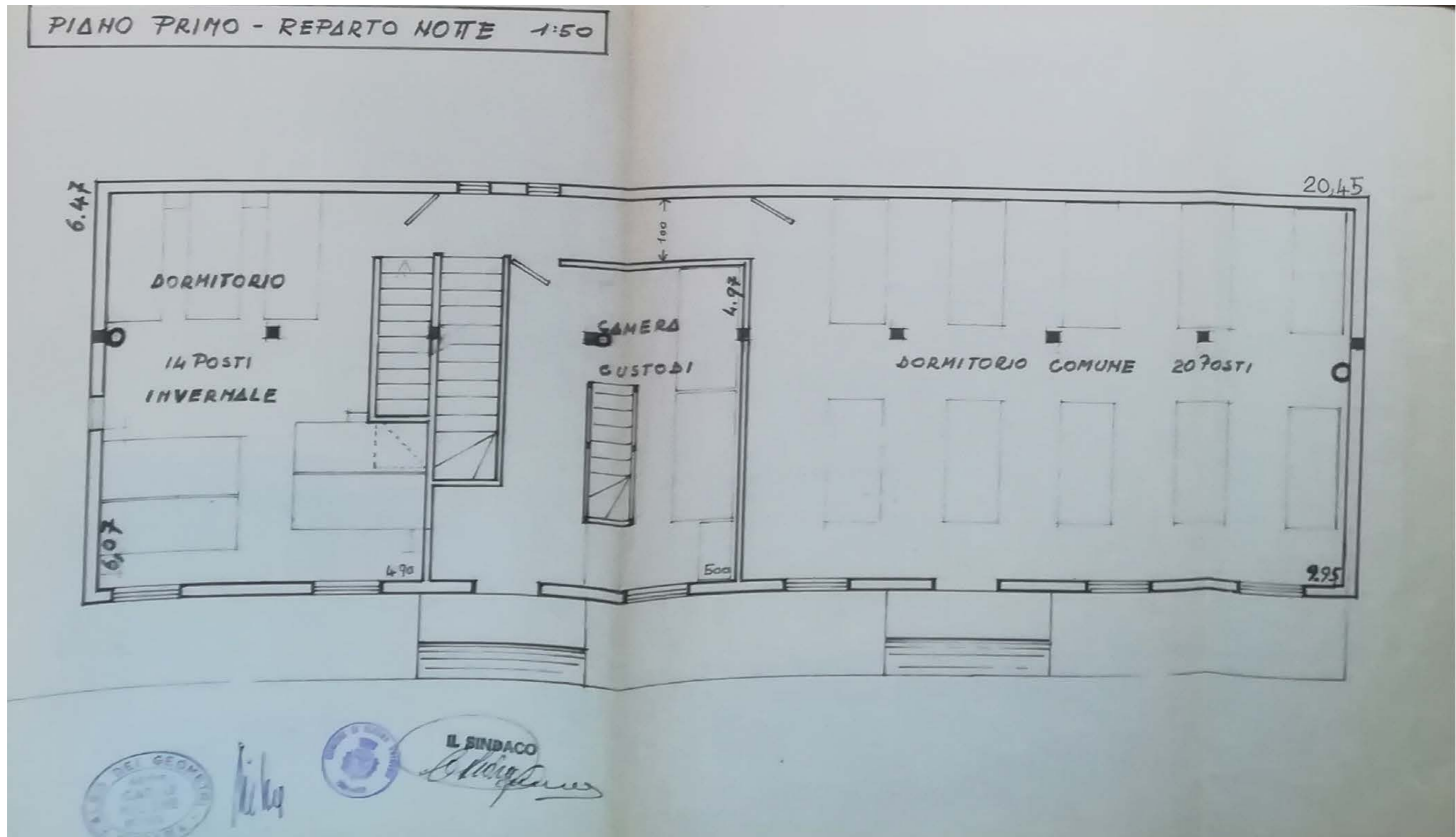
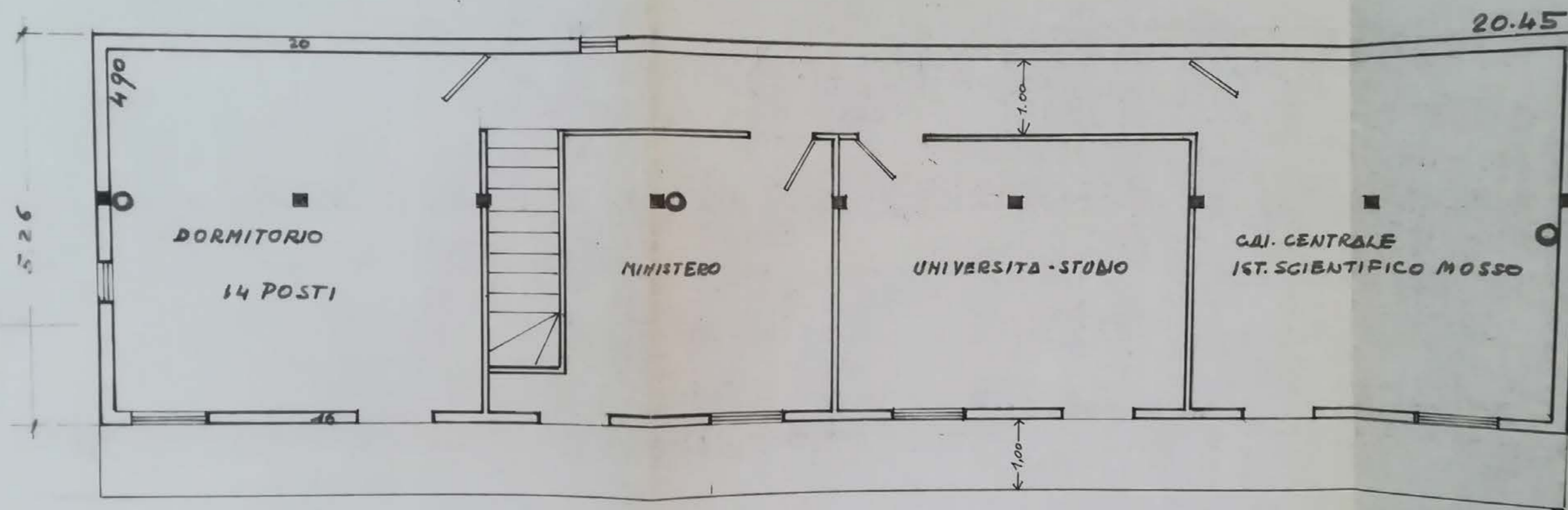


Fig.3.16 Pianta piano primo progetto originale del 1977 redatto dallo studio del geometra Carlo Milone.

PIANO SECONDO - I PROPRIETARI E GLI OSPITI - 1:50



Carlo Milone



IL SINDACO

Carlo Milone

Fig.3.17 Pianta piano secondo progetto originale del 1977 redatto dallo studio del geometra Carlo Milone.

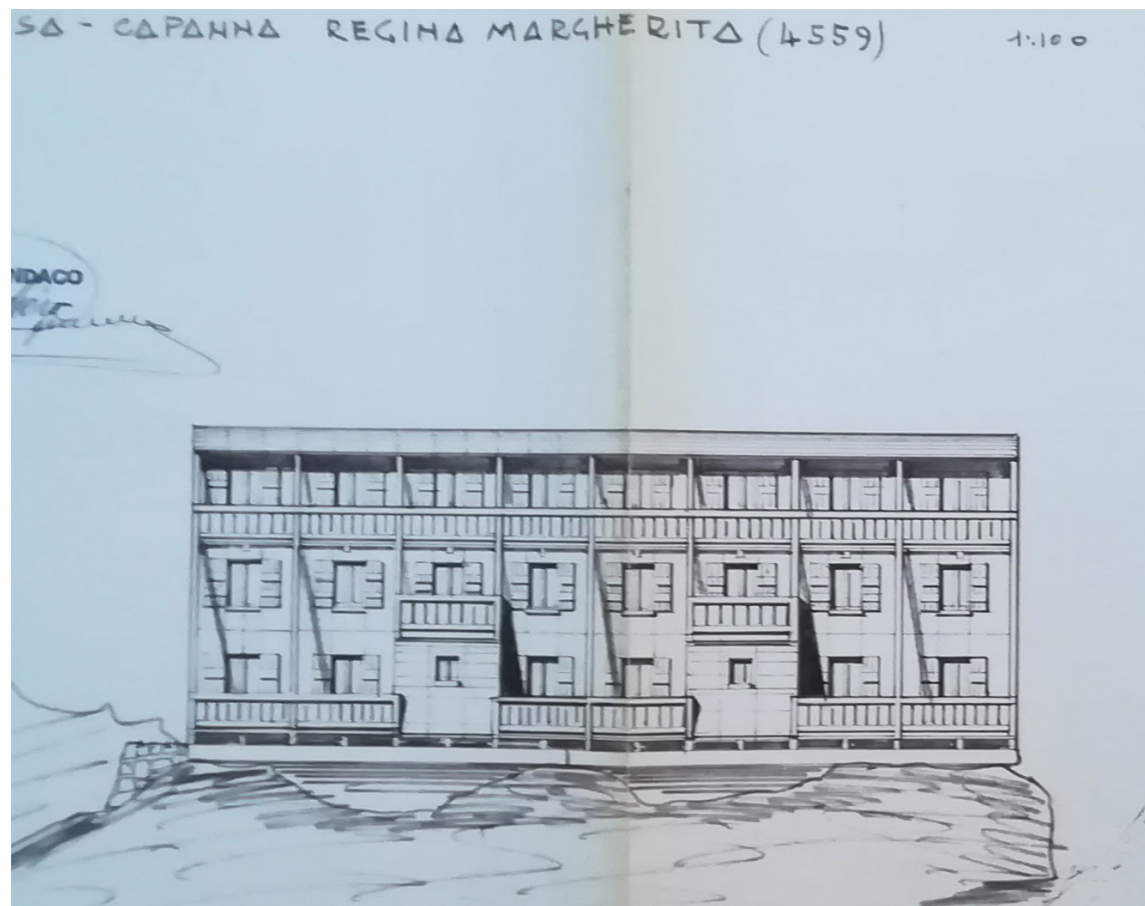


Fig.3.18 Prospetto sud-est progetto originale del 1977 redatto dallo studio del geometra Carlo Milone.

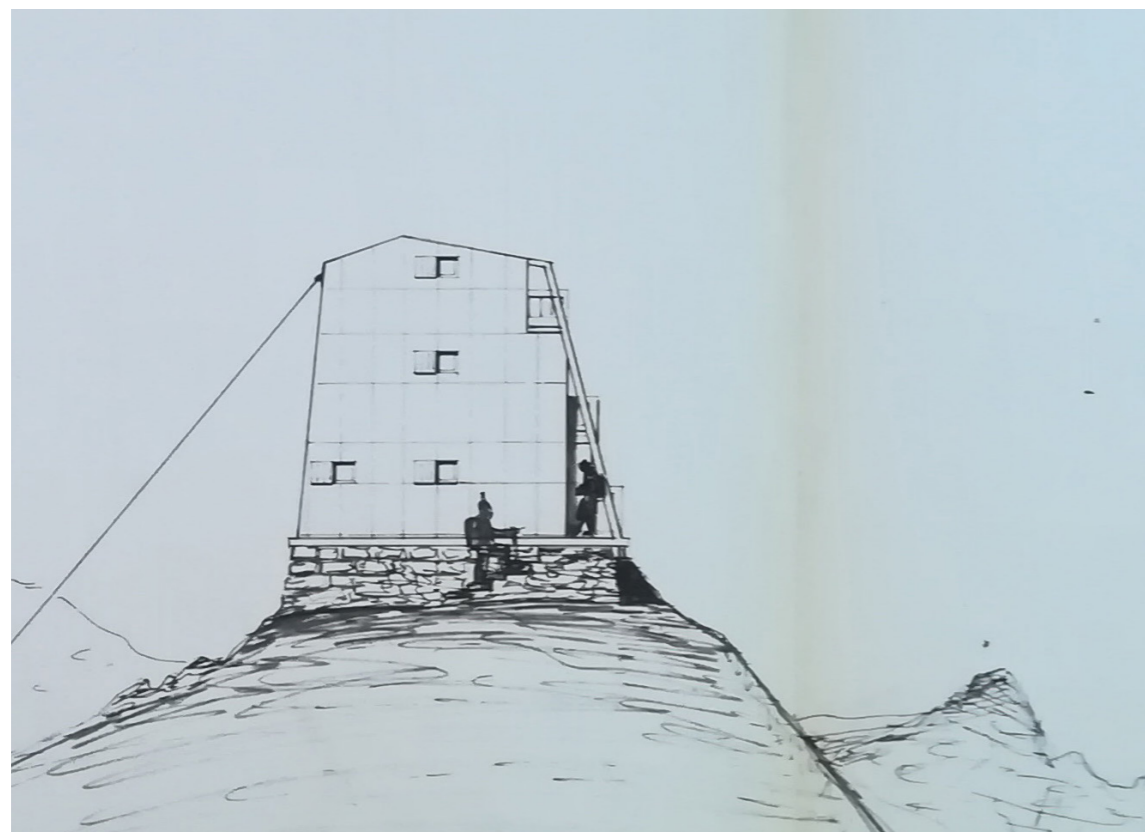


Fig.3.19 Prospetto sud-ovest progetto originale del 1977 redatto dallo studio del geometra Carlo Milone.

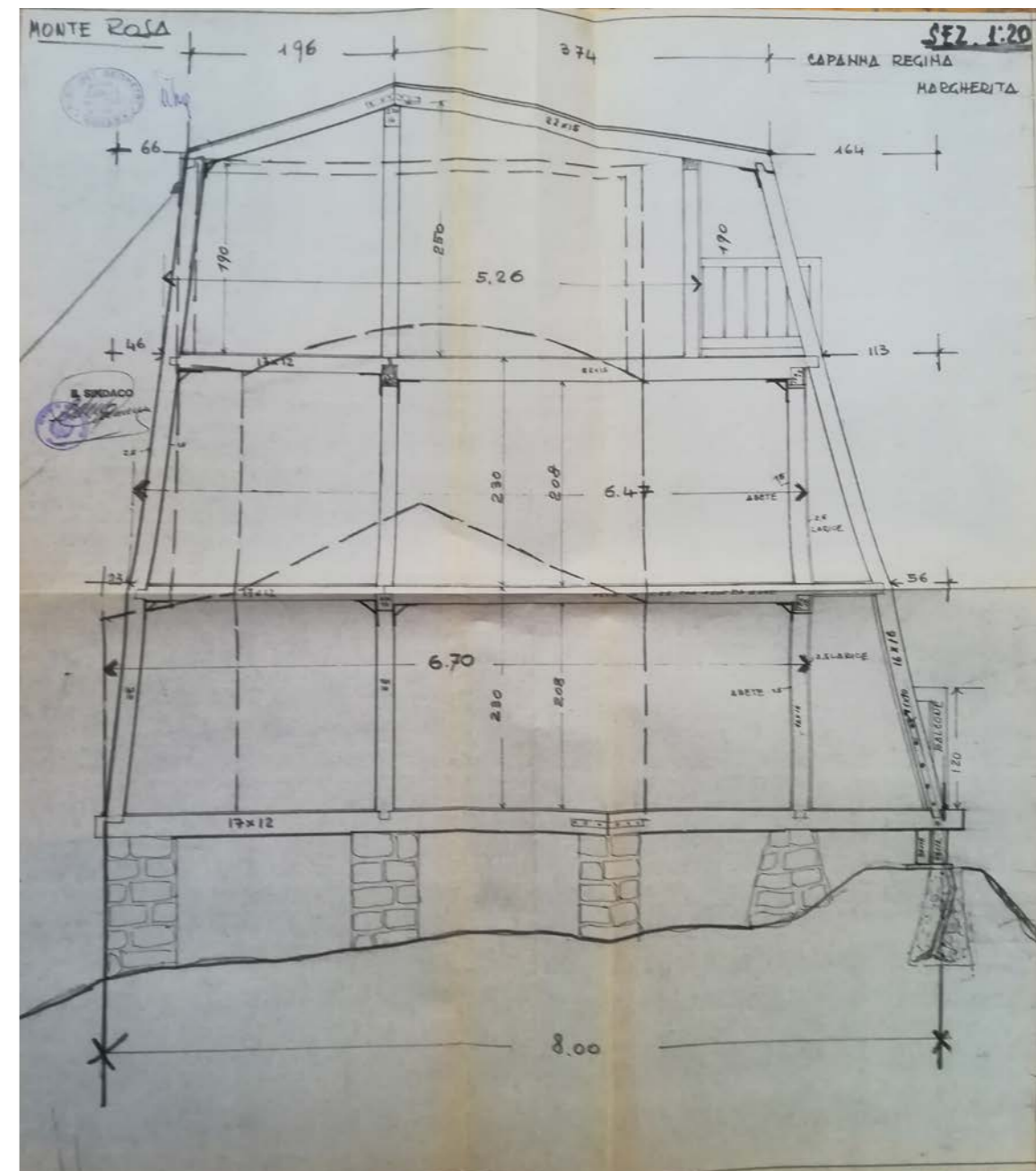


Fig.3.20 Sezione tecnologica progetto originale del 1977 redatto dallo studio del geometra Carlo Milone.



Fig.3.21 Fotografia fronte sud-ovest utilizzata per il fotoraddrizzamento.



Fig.3.22 Fotografia parte nord-ovest utilizzata per sviluppare alcuni dettagli del rilievo.



Fig.3.23 Fotografia prospetto nord-ovest utilizzata per sviluppare alcuni dettagli del rilievo.



Fig.3.24 Fotografia prospetto sud-est utilizzata per sviluppare alcuni dettagli del rilievo.

Uno step fondamentale del processo di restituzione dello stato di fatto è stato l'elaborazione della nuvola di punti, fornita dallo studio di geologi IMAGEO, della cima Gniffetti nella quale viene rilevato non solo l'edificio ma anche una porzio-

ne di terreno, fondamentale perché non si avevano informazioni tecniche sulla morfologia del terreno circostante. La nuvola di punti è stata sviluppata tramite l'utilizzo del software Opensource Cloud Compare dal quale si è riusciti ad estrar-

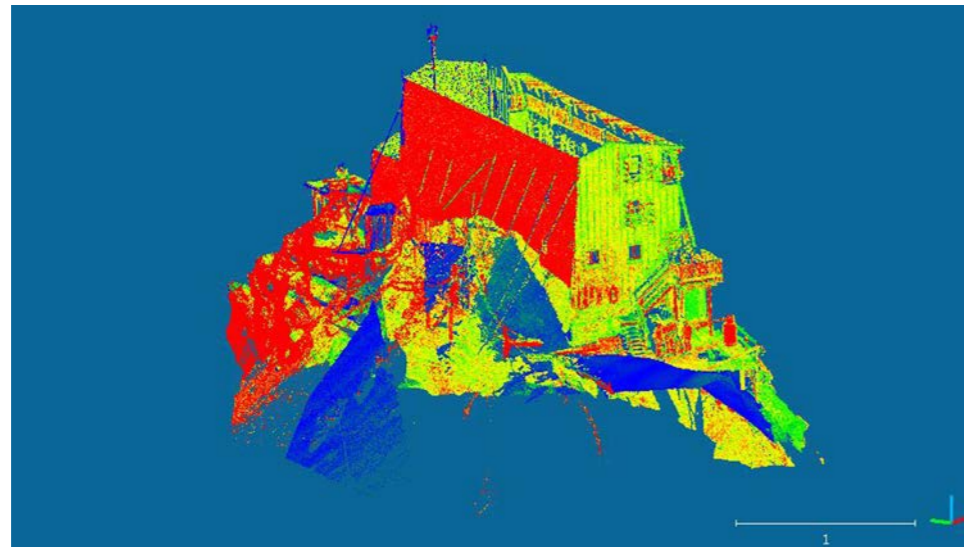


Fig.3.25 Estratto nuvola di punti edificio zona nord-ovest.

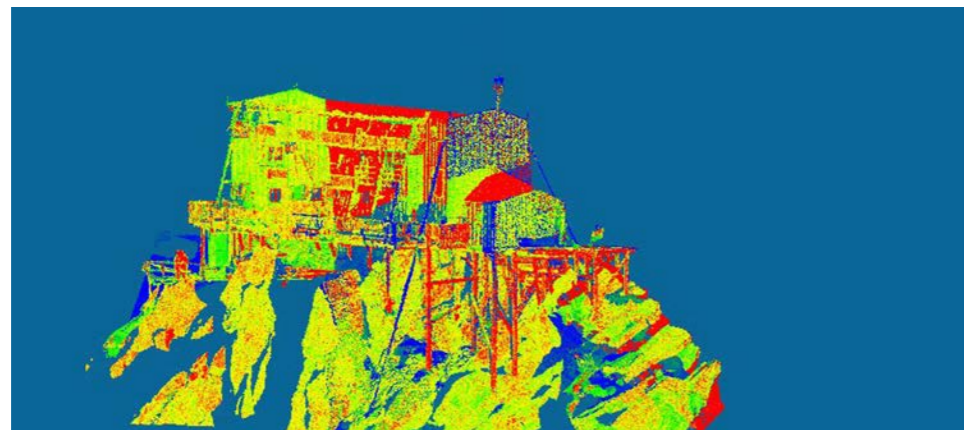


Fig.3.26 Estratto nuvola di punti edificio zona sud-est.

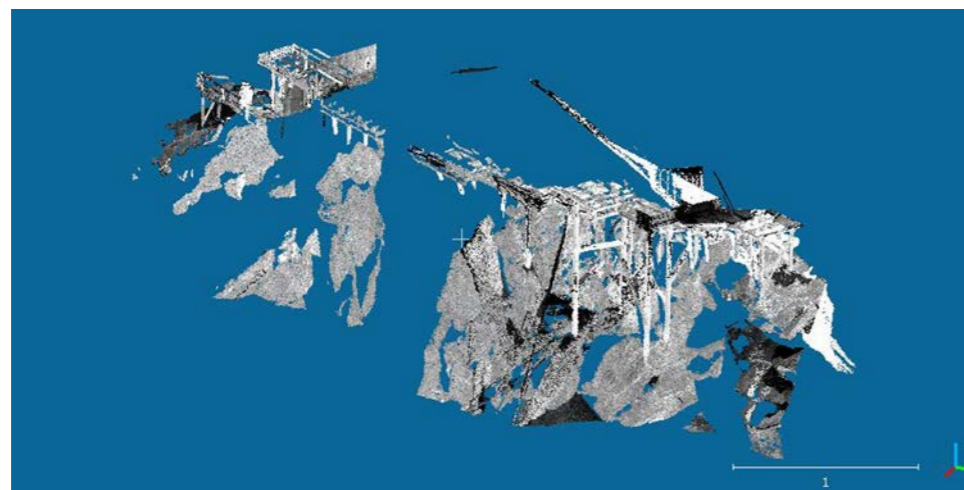


Fig.3.27 Estratto nuvola di punti terreno circostante punta Gniffetti.

re dei file da lavorare successivamente con i software Autocad e Revit. Dopo questa operazione è stato sviluppato il modello costruttivo dell'edificio che rappresenta le varie fasi costruttive del rifugio, partendo dalla struttura fino ad arrivare al posizionamento del rivestimento

esterno passando dalla costruzione delle pareti in legno e dei pavimenti. Questo modello raccoglie tutte le informazioni immagazzinate sull'edificio raccolte in fase di analisi dello stato di fatto. Dal modello è possibile estrarre i vari disegni tecnici dell'edificio come piante, prospetti e sezioni oppure 3d assonometrici.

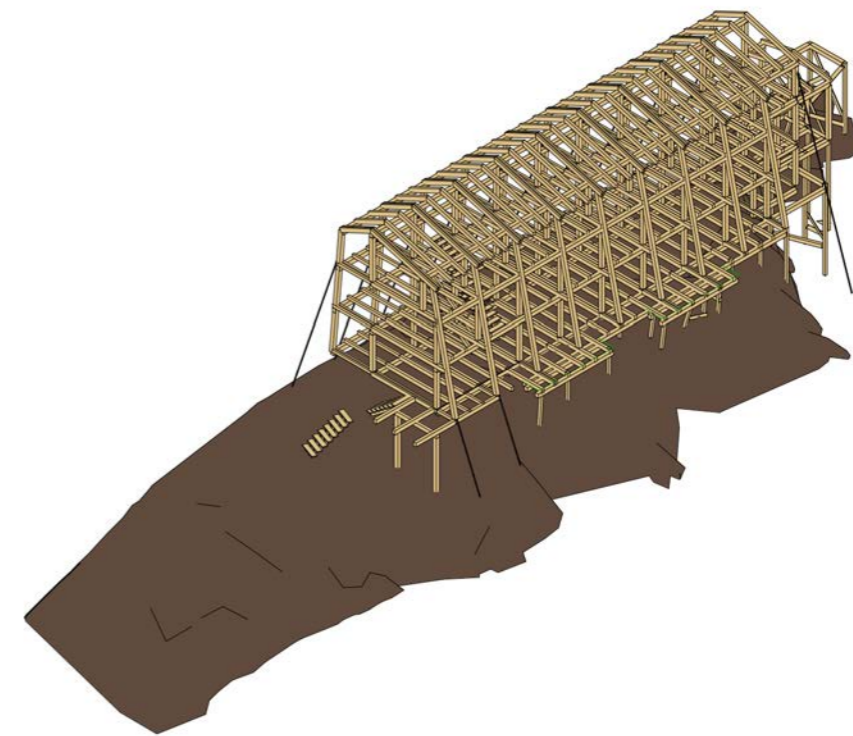


Fig.3.28 Fase 1 costruzione del modello, struttura travi e pilastri.

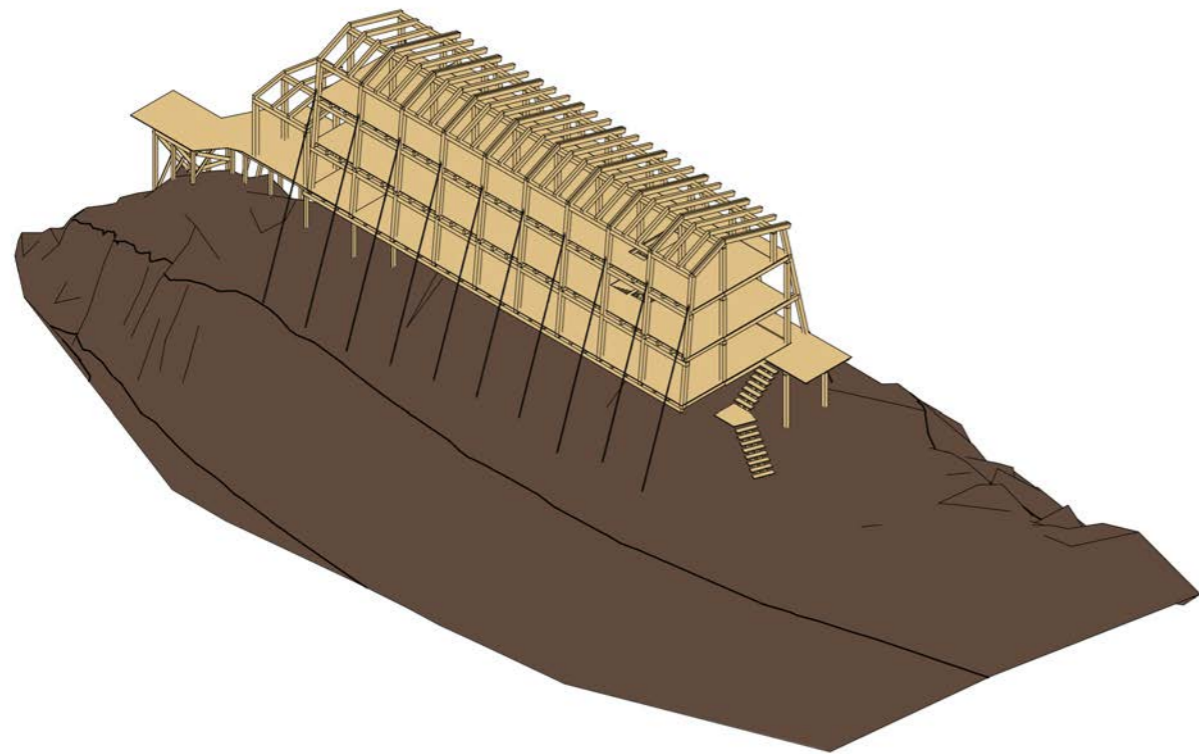


Fig.3.29 Fase 2 costruzione elementi orizzontali solai e scale.

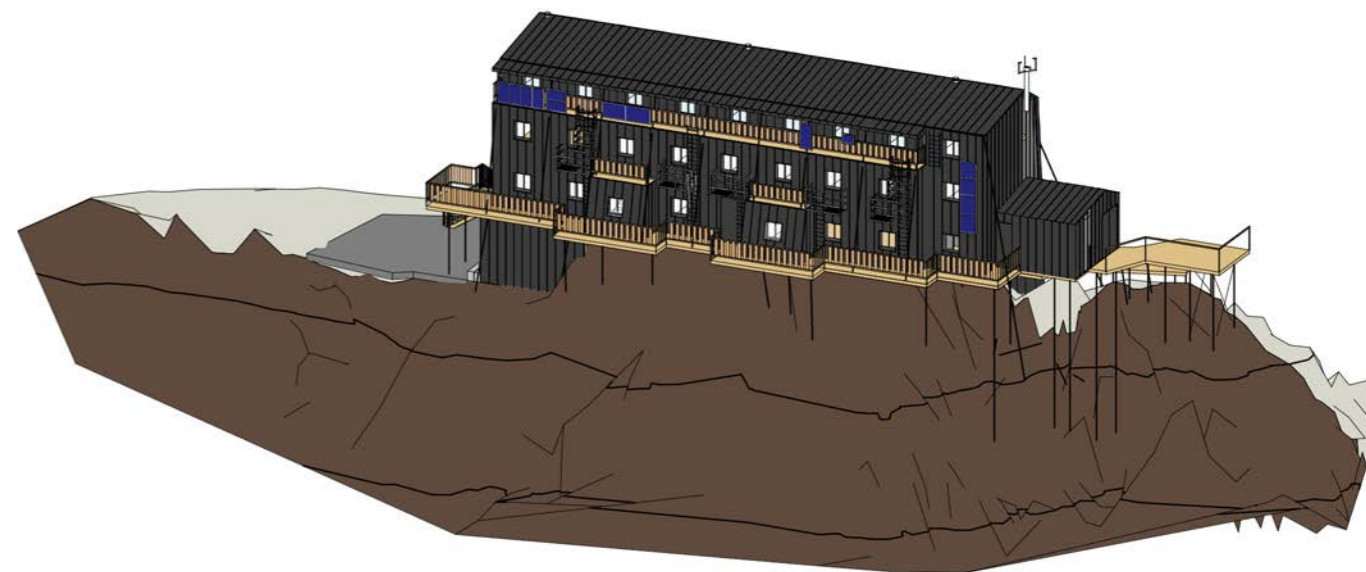


Fig.3.31 Fase 4 montaggio del rivestimento esterno e delle uscite d'emergenza.

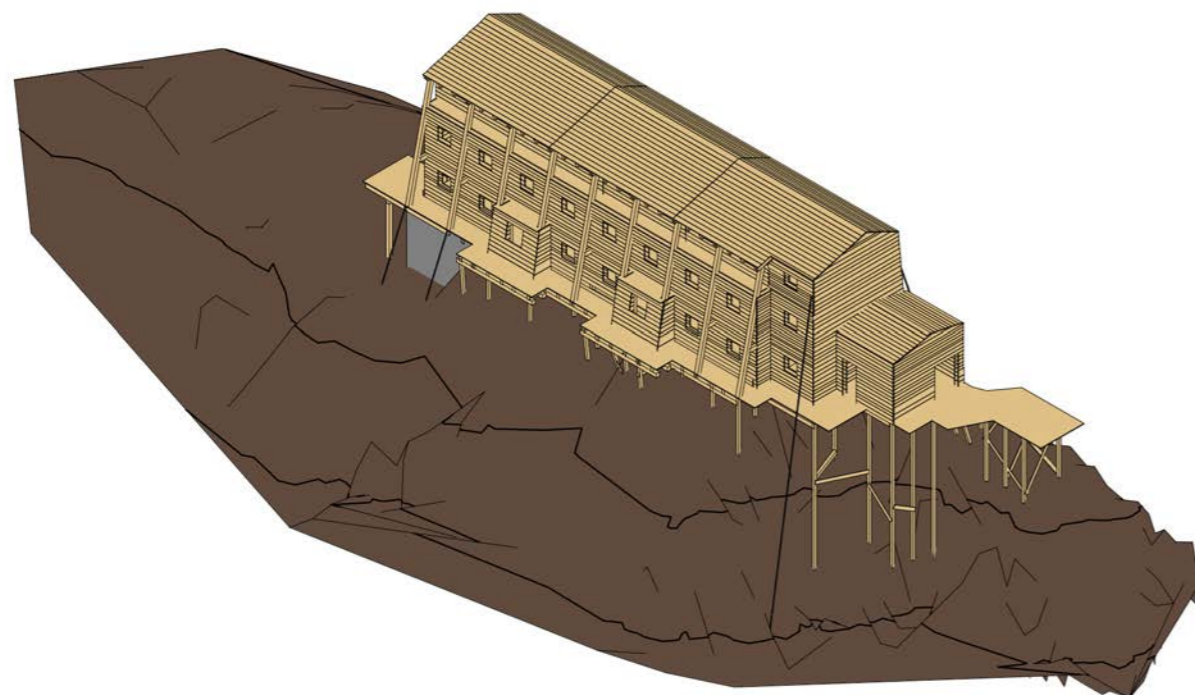


Fig.3.30 Fase 3 montaggio pareti esterne.

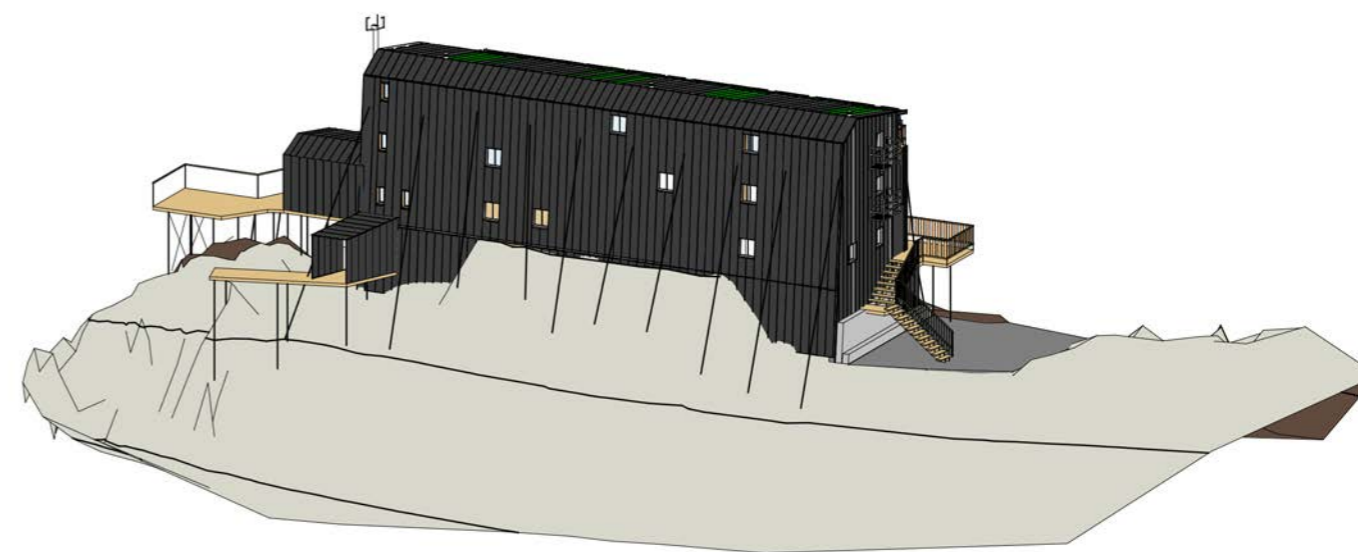


Fig.3.32 Fase 4 montaggio del rivestimento esterno e delle uscite d'emergenza.

3.4 Caratteristiche geometriche

I dati contenuti all'interno della seguente sezione sono frutto di un'indagine di archivio integrata attraverso un sopralluogo effettuato presso il rifugio in data 30 agosto 2019. Il sopralluogo si è reso necessario al fine di chiarire alcuni aspetti non totalmente evidenti dalla documentazione cartacea raccolta. La Capanna, nella conformazione attuale, si presenta come un edificio dalla forma compatta con un volume complessivo di 2210 m³ distribuiti su tre piani fuori terra e uno seminterrato con una superficie utile totale di 360 m². L'edificio ha la forma di un parallelepipedo con un lato inclinato e le sue dimensioni principali sono lunghezza 26,7 m, larghezza 8,05m altezza 7,8

m al netto di balconi e terrazze di carico e scarico. L'edificio è orientato con la facciata principale verso sud ovest, caratterizzata dal maggior numero di aperture per permettere dei guadagni solari durante la stagione estiva. Al piano rialzato dell'edificio troviamo subito all'ingresso il locale invernale attrezzato per ospitare 18 persone con cucinino indipendente, la cucina e una sala da pranzo-bar in grado di trattenere un centinaio di persone, una piccola biblioteca, inoltre troviamo dei locali accessori come due bagni, il locale tecnico e il locale macchine. Al piano primo oltre alla stanza per i custodi vi sono altre cinque stanze, un magazzino, il bagno e il locale invernale che è stato distribuito su due piani. Al piano

secondo invece ci sono sei camere ed un bagno, in tutto la Capanna ha una capacità di 70 posti letto distribuiti in camere con letti a castello. La distribuzione verticale è gestita da due rampe di scale, una situata nella zona d'ingresso che permette di raggiungere il primo piano, l'altra nel locale invernale che serve il piano primo e secondo del locale invernale.

Piano terra	
Stanza	Area (m ²)
Ingresso	20
Locale invernale	15,35
Ripostiglio	1,46
Cucinino	1,65
Cucina	18,9
Sala da pranzo	30
Locale quadri	10,8
W.c.	3,52
Locale tecnico	9,07
Deposito	3,46
Disimpegni	23,54
Area totale	137,75

Tab 3.1 Caratteristiche piano terra.

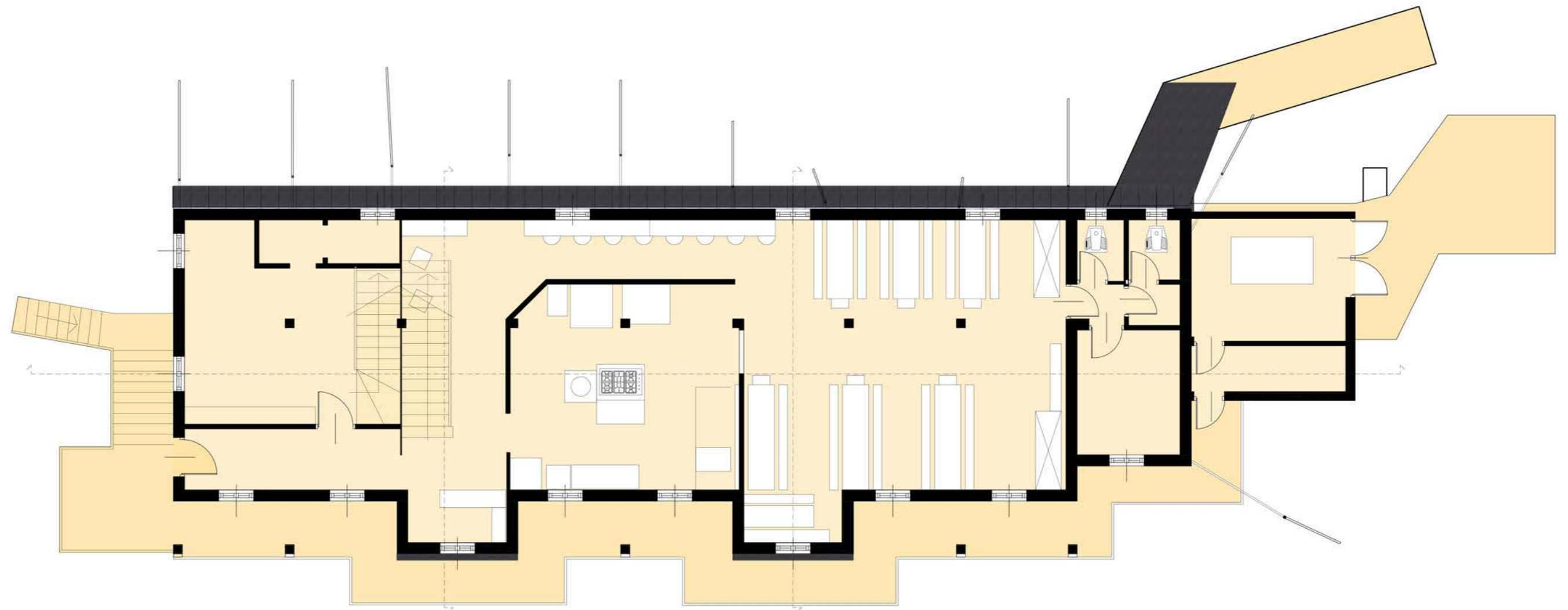




Fig.3.34 Fotografia sala da pranzo.



Fig.3.36 Fotografia cucina.

Fig.3.35 Fotografia zona Bar all'ingresso.



Fig.3.37 Fotografia zona d'ingresso

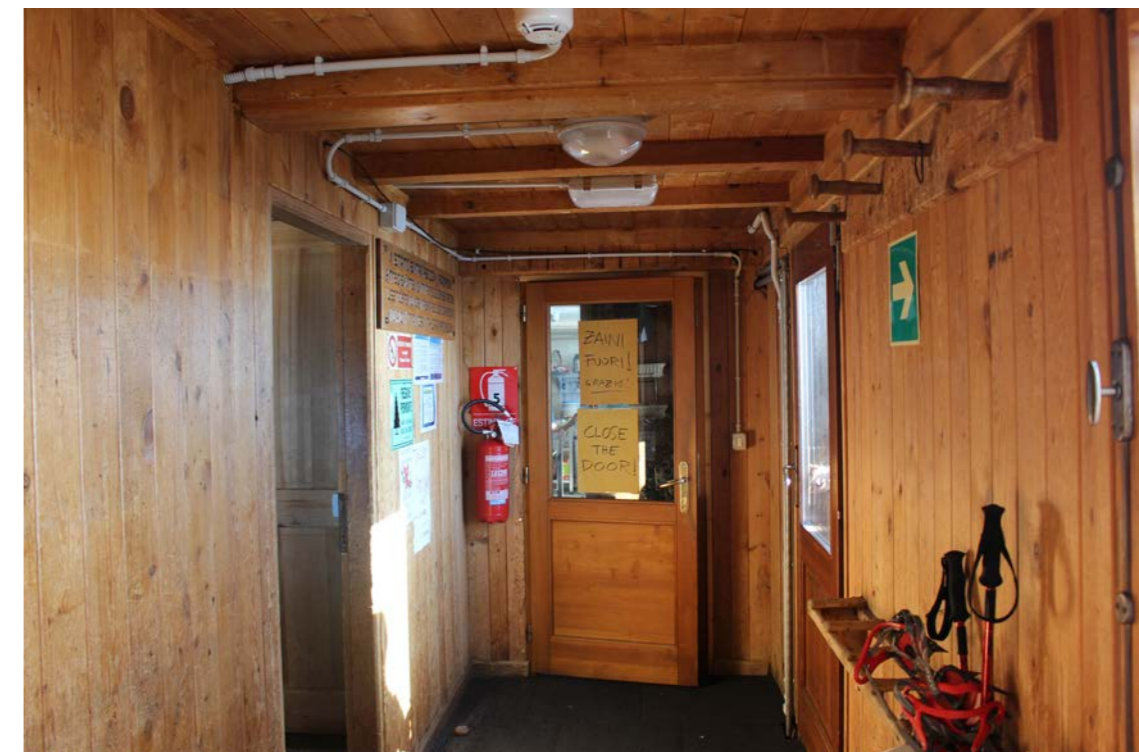




Fig.3.38 Fotografia camera da letto.



Fig.3.39 Fotografia corridoio piano primo.

Piano primo	
Stanza	Area (m ²)
Dormitorio invernale	25,6
Dispensa	8
Camera 1	11,8
Camera 2	11,8
Camera 3	12,2
Camera 4	11,6
Camera 5	11,3
Magazzino	9,7
W.C.	1,8
Corridoio	17,2
Area totale	121

Tab 3.2 Caratteristiche piano primo.

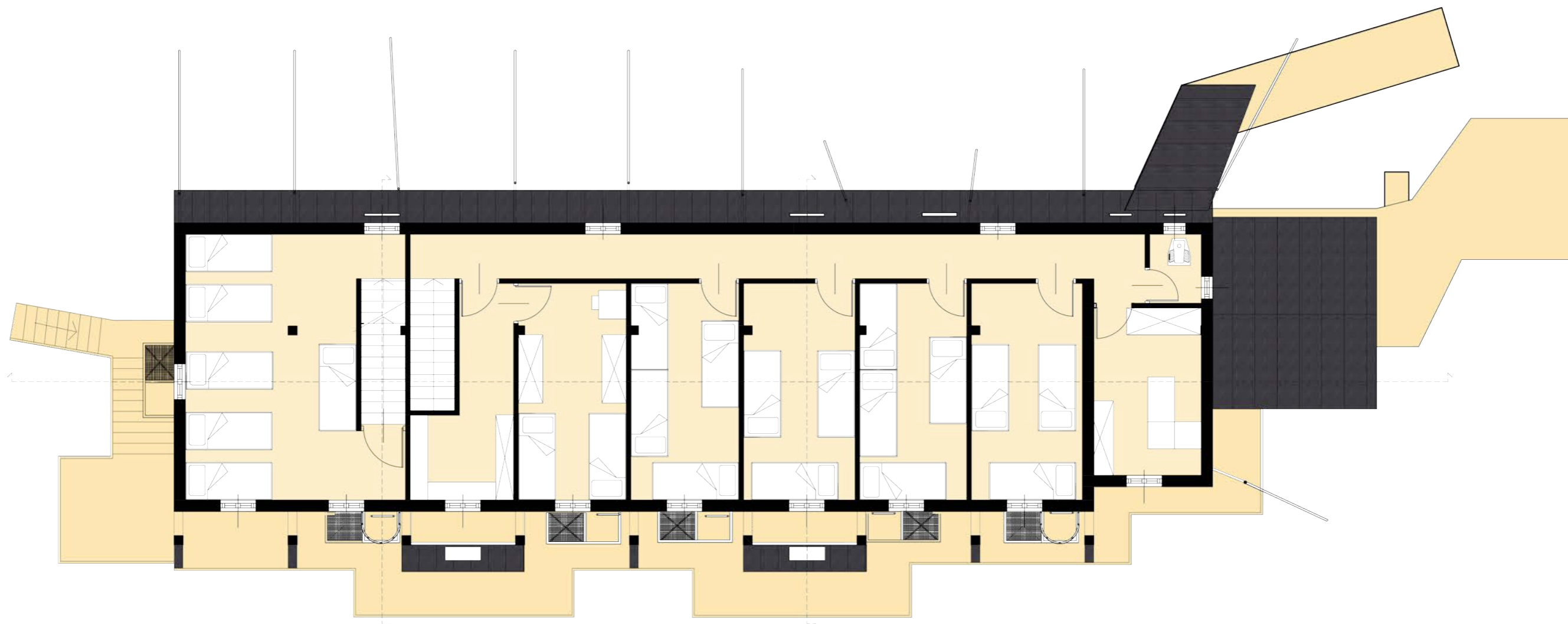


Fig.3.40 Pianta piano primo scala 1:100.

Il prospetto sud ovest è caratterizzato dalla scala d'ingresso al rifugio e dalle sporgenze delle balconate, il numero di finestre su questo fronte è di quattro più due porte, una è quella d'entrata l'altra è quella di accesso al locale sottostante il rifugio. Possiamo inoltre notare il particolare dell'aggancio dei tiranti alla struttura sul lato nord. Il prospetto nord est è caratterizzato dalla terrazza di carico costruita recentemente dove è situato il locale macchine con i generatori per l'alimentazione energetica del rifugio, su questo fronte troviamo una sola finestra in quanto esposto a nord. Il prospetto sud-est è il prospetto più complesso della costruzione, innanzitutto ha il numero maggiore di aperture in quanto esposto

a sud e pari a 27. Lo stesso prospetto è inoltre caratterizzato da due balconate una inferiore sostenuta da dei puntoni poggiati direttamente sulla roccia e una superiore sostenuta da pilastri inclinati che fanno da sostegno anche alla struttura interna. Su questo fronte troviamo inoltre i pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica e le antenne del ponte radio. Il prospetto nord-ovest è molto chiuso caratterizzato da poche aperture, su questo fronte sono installati i tiranti che stabilizzano il rifugio a livello strutturale, durante la stagione invernale cumoli di neve si ammassano a ridosso della facciata. La distribuzione interna è spiegata con maggior chiarezza nelle sezioni, dove viene messa in evidenza la

distribuzione verticale, L'altezza delle finestre dal pavimento, lo spessore delle solette, questi dati sono stati ipotizzati e da verificare in luogo o con altri disegni.

Piano secondo	
Stanza	Area (m ²)
Camera 6	18,4
Camera 7	8,8
Camera 8	9
Camera 9	18,1
Camera 10	10,1
Camera 11	18,7
W.c.	1,3
Corridoio	16,6
Area totale	101

Tab 3.3 Caratteristiche piano secondo.

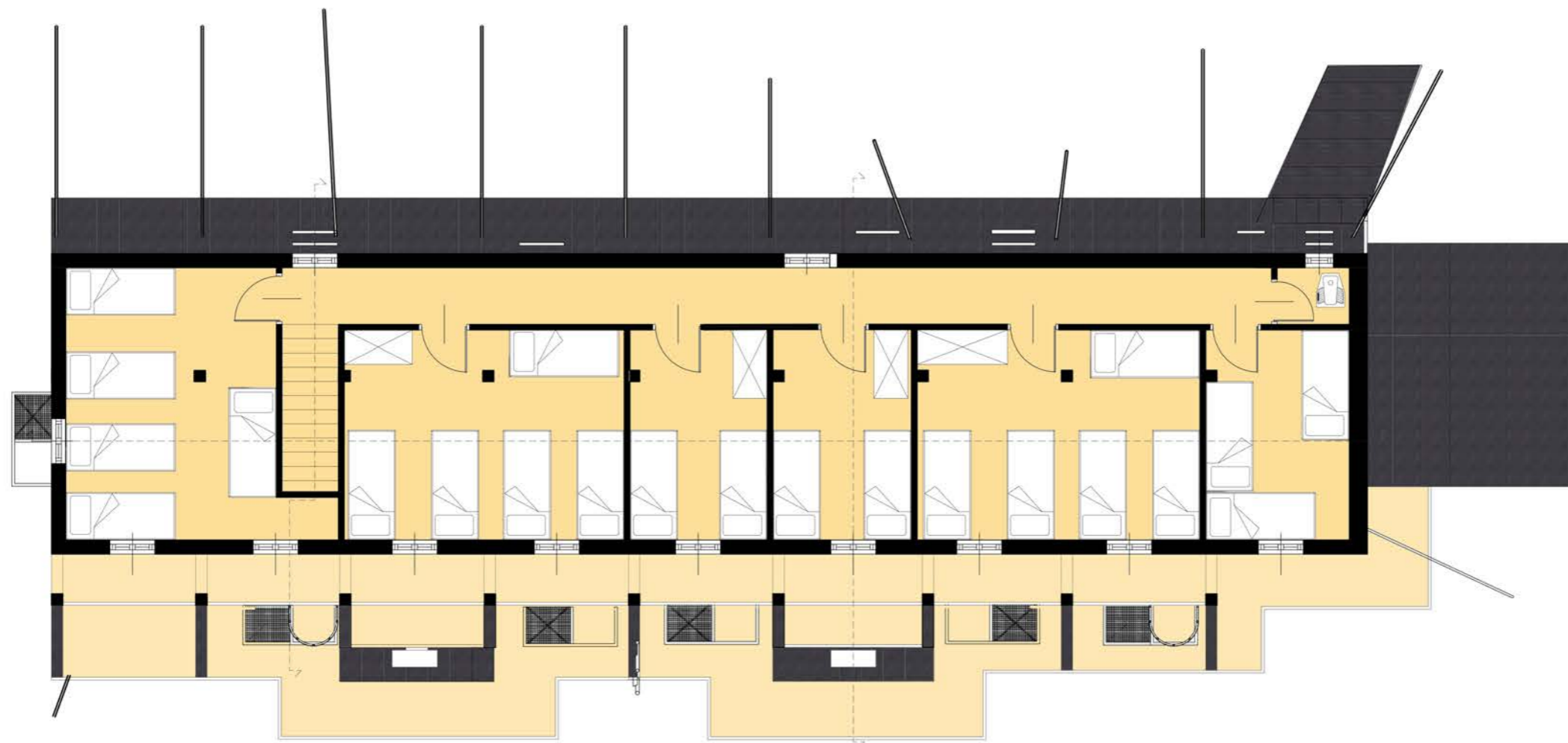


Fig.3.41 Pianta piano secondo scala 1:100.

1070
1028

320

0,00



1030
950

652

320

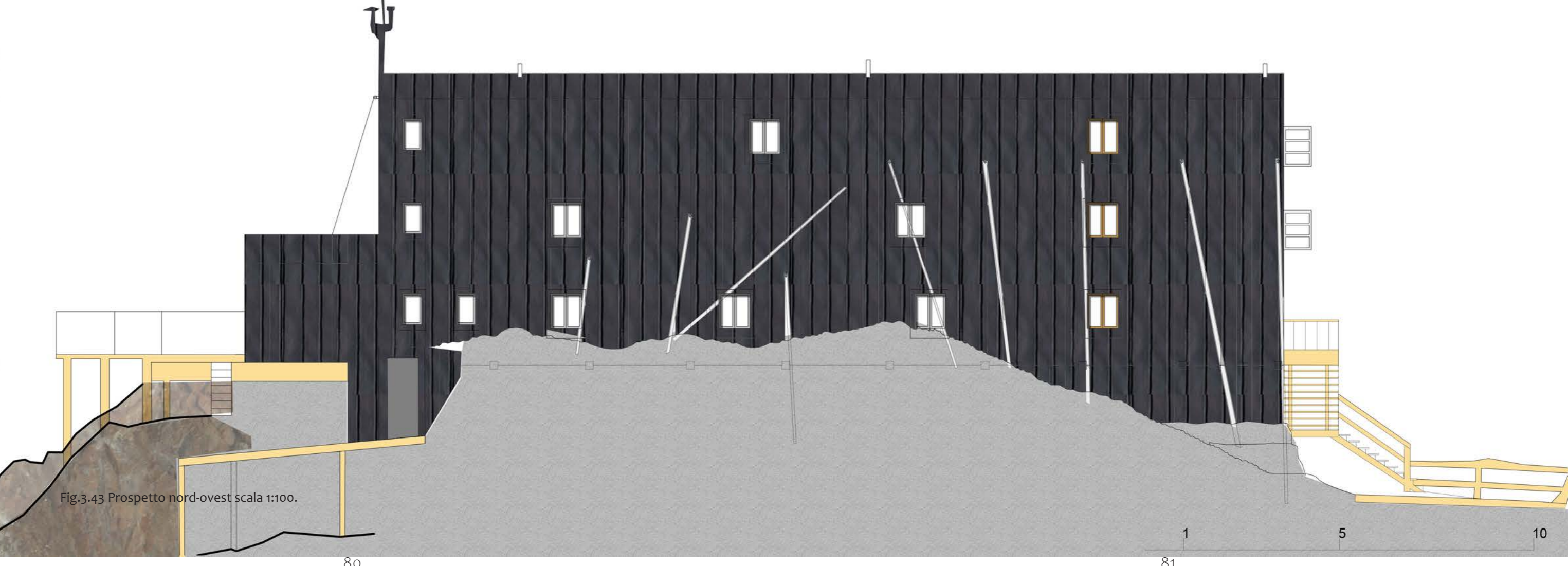


Fig.3.43 Prospetto nord-ovest scala 1:100.

80

81



Fig.3.44 Prospetto sud-ovest scala 1:100.

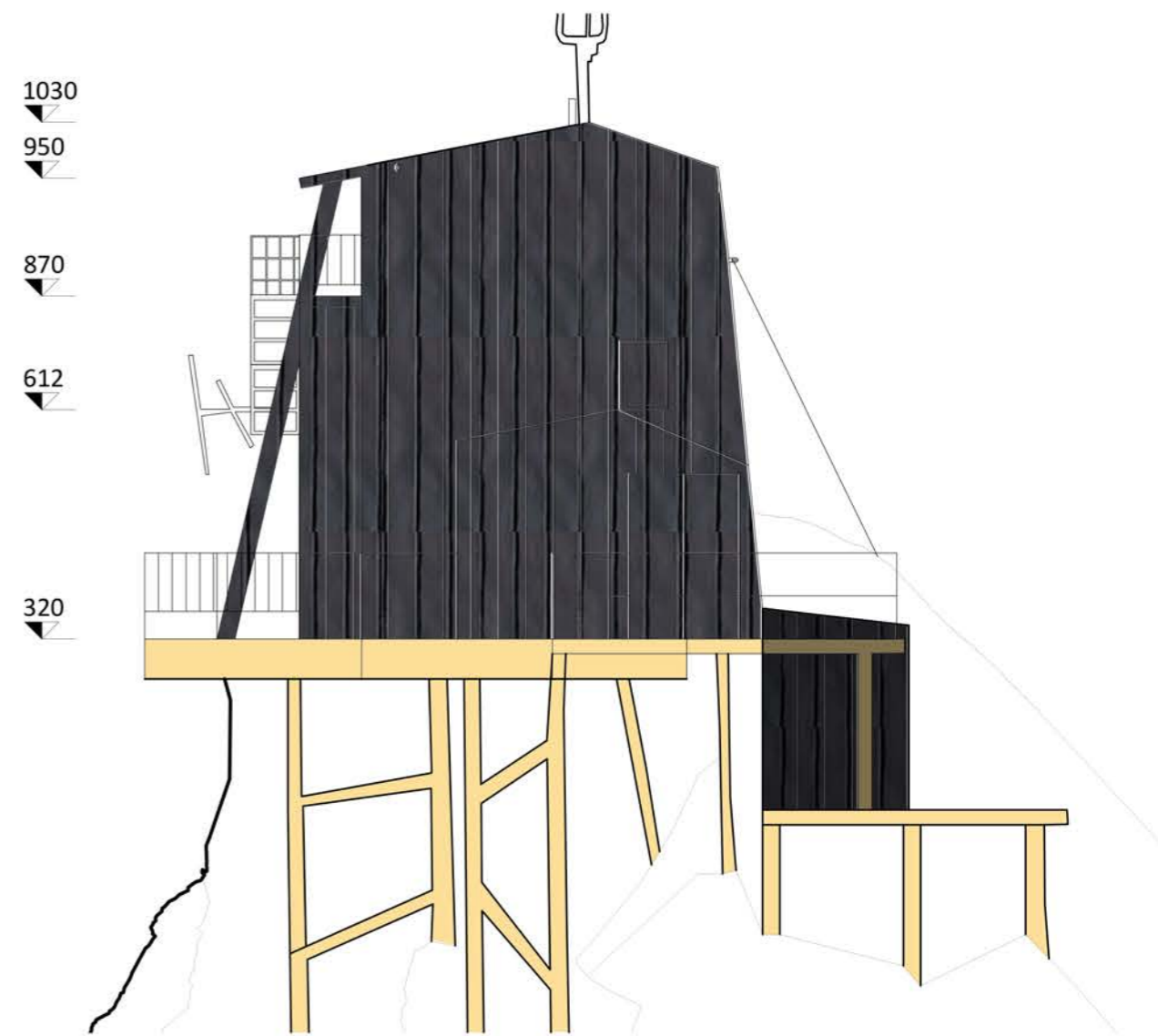


Fig.3.45 Prospetto nord-est scala 1:100.

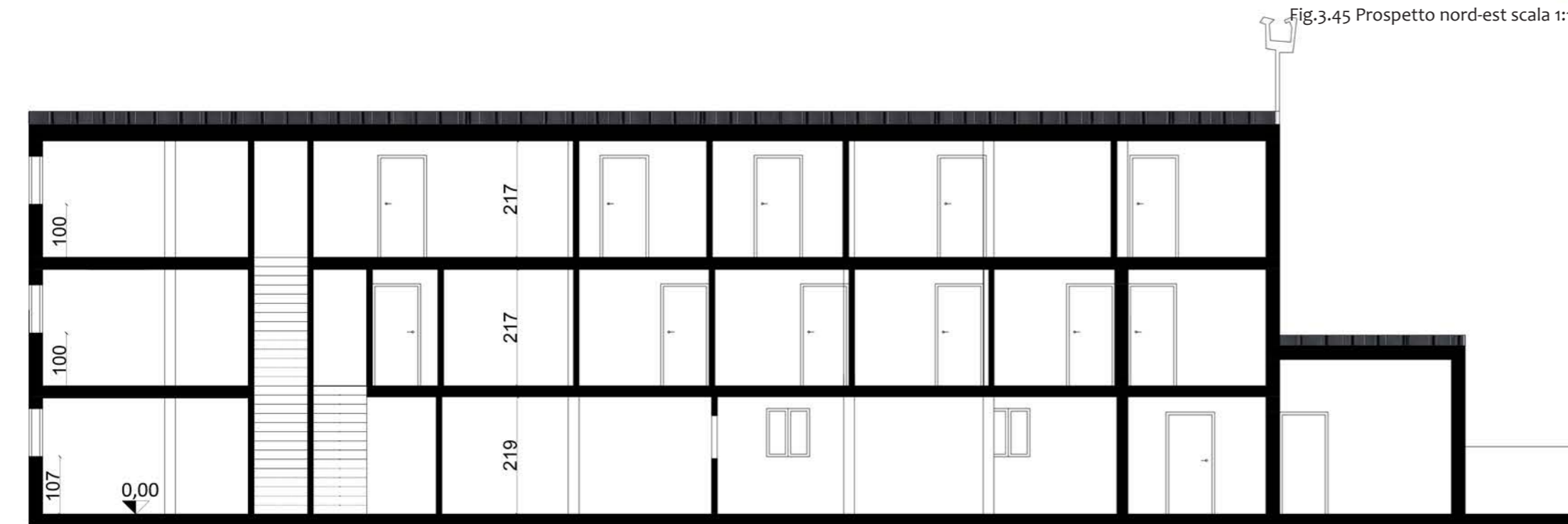


Fig.3.46 Sezione A-A' scala 1:100.

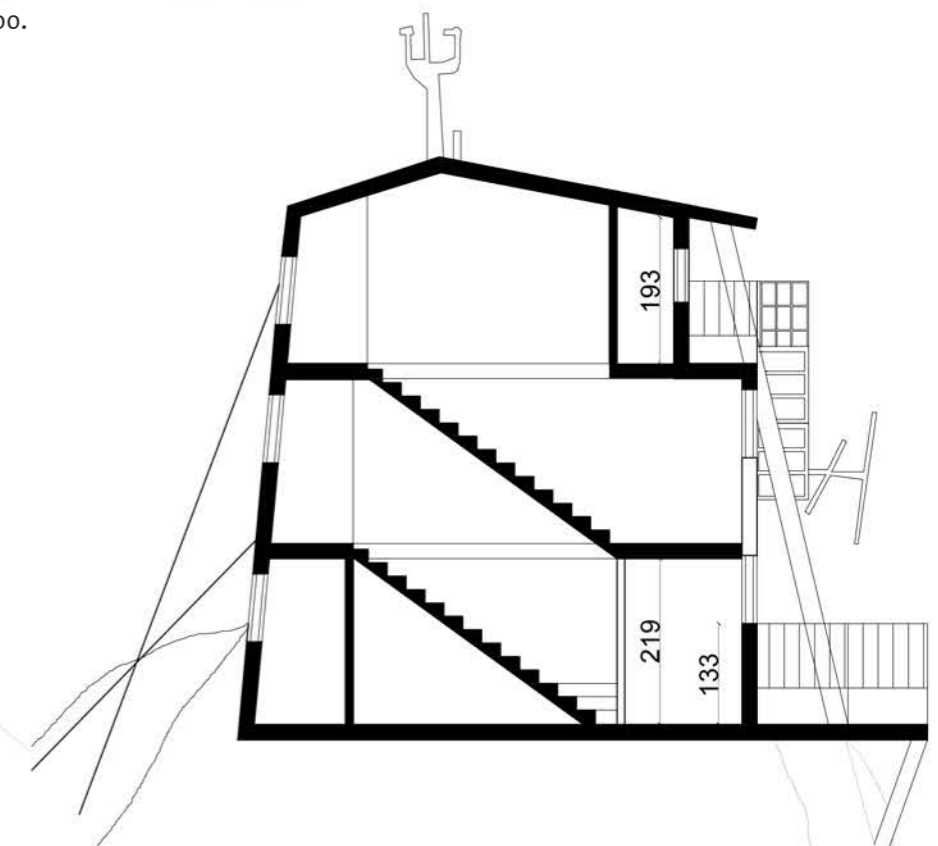


Fig.3.47 Sezione B-B' scala 1:100.

3.5 Caratteristiche impiantistiche

La gestione di un rifugio così particolare e con tali difficoltà oggettive deve necessariamente essere altamente efficiente e prevedere un'ottima organizzazione, pianificazione e coordinamento delle attività. Il personale del rifugio è costituito da 2 squadre con 3 addetti ciascuno, che si alternano su turni bisettimanali per ragioni di sicurezza. Una permanenza eccessiva ad oltre 4500 metri di quota, infatti, anche in caso di acclimatazione, può comportare danni alla salute. Il trasporto del materiale avviene esclusivamente tramite elicottero. In prossimità del rifugio è stata ricavata una piccola piazzola su neve per l'atterraggio del mezzo. Un'attenta gestione del magazzino e dei

rifiuti generati dall'attività ricettiva, unita ad un buon coordinamento con altri rifugi della zona che utilizzano il trasporto in elicottero permette di far volare l'elicottero sempre a pieno carico e quindi di limitare il numero dei voli. La produzione di energia elettrica del rifugio è garantita da un generatore elettrico Perkins da 64 kWp alimentato a gasolio che funziona al 40% per fattori ambientali come la temperatura e l'altitudine che ne compromettono l'uso a potenza ridotta a 38,4 kW. Il generatore fornisce corrente alternata alla tensione di 220 V, in grado di soddisfare il fabbisogno (illuminazione, vari elettrodomestici e prese di corrente) anche in occasione di eventuali picchi di potenza richiesti per il funzionamento delle apparecchiature

scientifiche. Un regolatore del numero di giri dell'alternatore permette di modulare la potenza erogata e il consumo di combustibile in funzione delle reali necessità. Il generatore fornisce anche l'energia termica necessaria a riscaldare il rifugio, grazie ad uno scambio di calore tra il circuito di raffreddamento del motore, con acqua glicolata, e l'aria interna. Nello specifico viene immessa aria di ricircolo riscaldata nella sala da pranzo e nel corridoio dei piani superiori attraverso una pompa centrifuga alimentata dal medesimo generatore. Alcuni pannelli fotovoltaici servono ad alimentare un set di batterie, 4 moduli da 3,55 kW ognuno, collegato anche al generatore principale, per l'illuminazione di emergenza 10 punti luce con

tensione a 24 V, il telefono di emergenza ed il sistema Wi-Fi per il collegamento internet. Inoltre, è presente un generatore di emergenza da 5 kW. Attualmente, l'acqua viene prodotta per fusione della neve raccolta dal personale all'esterno dell'edificio. La fusione avviene all'esterno attraverso un bollitore elettrico da 250 L che permette lo scioglimento del ghiaccio e successivo stoccaggio dell'acqua in una cisterna di accumulo localizzata al piano primo. All'interno del rifugio, un altro bollitore elettrico localizzato in cucina è utilizzato per produrre acqua calda a scopo alimentare. La poca acqua disponibile viene utilizzata in cucina e viene disinfettata con amuchina per le operazioni di pulizia. Agli utenti del rifugio non è quindi consen-



Fig.3.48 Particolare della pompa di gestione dell'impianto di riscaldamento.



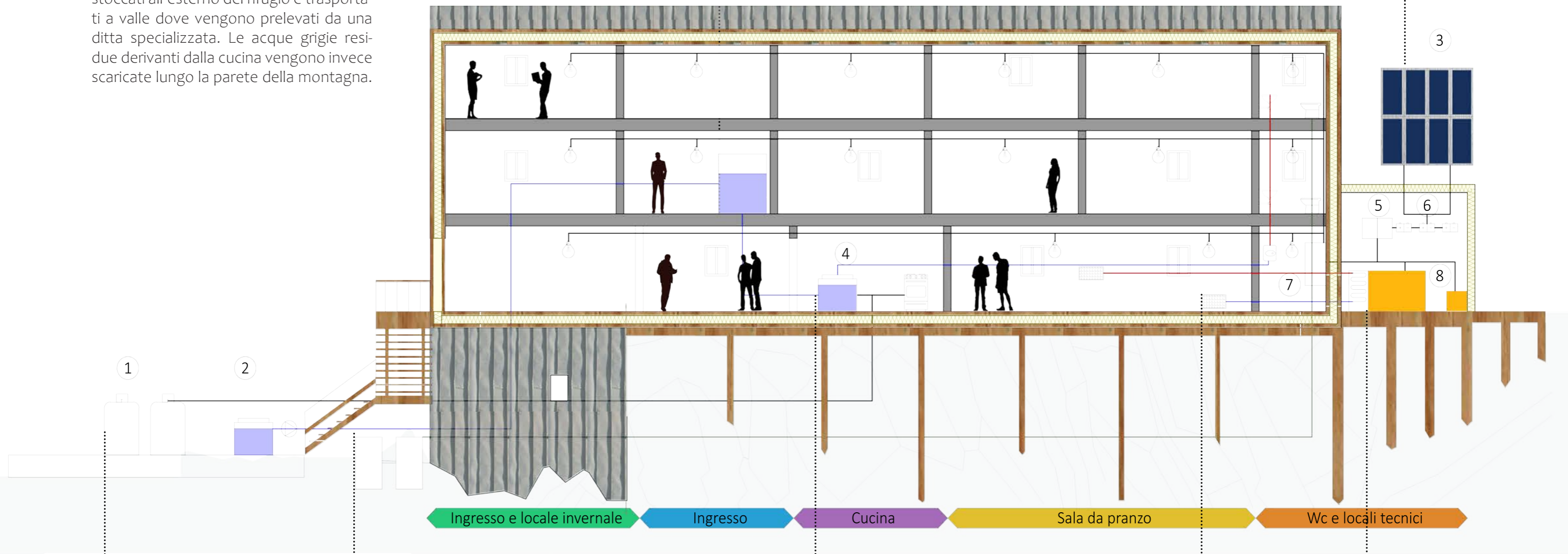
Fig.3.48 Pannelli fotovoltaici posizionati sulla facciata sud-est.



tito utilizzare l'acqua per la propria igiene personale. L'acqua potabile viene invece distribuita in bottiglia. La cucina a gas, di tipo professionale, viene alimentata con bombole a GPL. I liquami organici provenienti dai WC e le acque grigie di lavaggio vengono convogliate in appositi contenitori. Una volta riempiti questi vengono stoccati all'esterno del rifugio e trasportati a valle dove vengono prelevati da una ditta specializzata. Le acque grigie residue derivanti dalla cucina vengono invece scaricate lungo la parete della montagna.

Serbatoio di accumulo d'acqua

11 Pannelli fotovoltaici per la produzione energia elettrica a 24 v collegati ad un set batterie per l'accumulo



Bombole GPL per la produzione di acqua calda all'interno del rifugio e per l'utilizzo dei fornelli in cucina

Contenitori per il trasporto a valle tramite elicottero dei liquami

Bollitore gpl da 150 l

Bocchetta d'areazione per la ripresa dell'aria

Generatore Perkins da 38,4 KW di potenza a diesel utilizzato per la produzione di energia elettrica 220 V e per il riscaldamento tramite uno scambiatore a serpentina.
Generatore di emergenza da 5 KW

Fig.3.49 Schematic design attuale del rifugio.

3.6 Caratteristiche tecnologiche d'involucro

La costruzione è stata realizzata con una struttura portante a telaio, travi e pilastri, in legno d'abete con le partizioni costruite con assi dello stesso materiale e rivestite esternamente con lastre di rame, in modo da isolare l'interno del rifugio dalle scariche atmosferiche creando una gigantesca gabbia di Faraday. La coibentazione è garantita mediante doppie pareti con le intercapedini riempite con lana di roccia e fogli di alluminio e con l'installazione di serramenti doppi. Le fondazioni sono state realizzate con l'ancoraggio a terra di putrelle in ferro fissate alle rocce dalla parte italiana e infisse nel ghiaccio nella parte

svizzera. Alcuni tiranti di acciaio agganciati alle rocce sottostanti rafforzano l'ancoraggio contro l'azione dei forti venti in quota. La balconata a sbalzo in legno sul lato italiano è sostenuta da pali fissati alla roccia

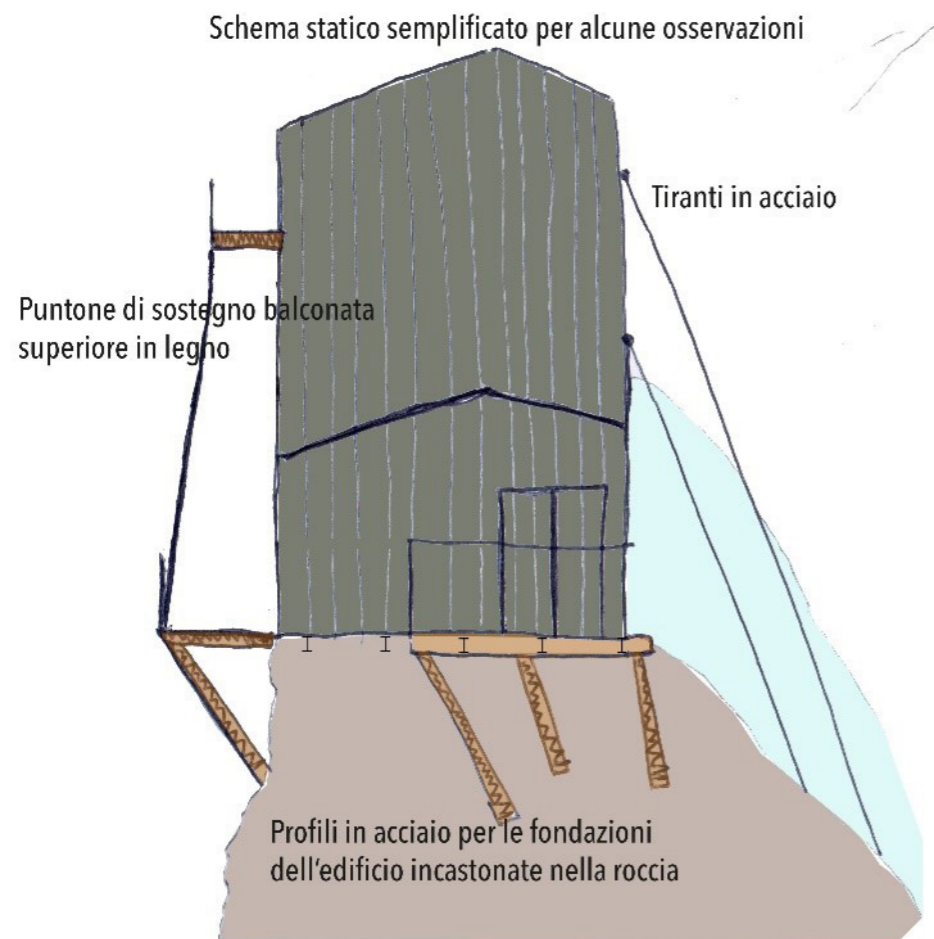


Fig.3.50 Schema strutturale per il funzionamento dei tiranti.



Fig.3.51 Stratigrafia 3d della chiusura verticale verso l'esterno dell'edificio.

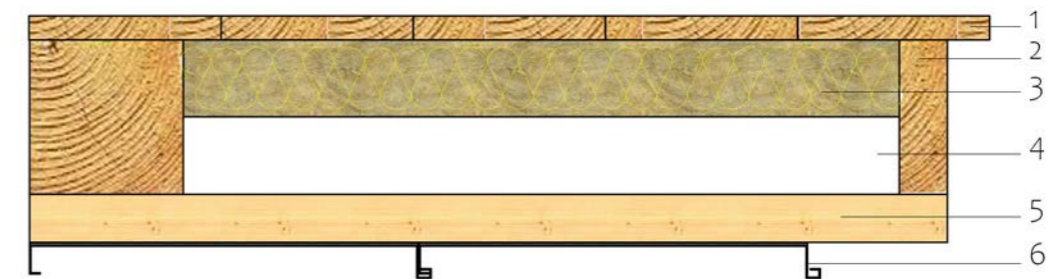


Fig.3.52 Stratigrafia 2d della chiusura verticale verso l'esterno dell'edificio.

4 Innovazione in alta quota, esempi di rifugi ad alta efficienza energetica

In questo capitolo si vanno a studiare i rifugi Hi-Tech costruiti recentemente andando ad analizzare gli aspetti funzionali e del risparmio energetici. Queste conoscenze di base saranno utili per lo sviluppo del progetto nei capitoli successivi.



All'interno di un discorso di sostenibilità e rispetto dell'ambiente rientra il campo dell'efficienza energetica degli edifici in montagna, in particolare modo dei rifugi in alta quota. Diversi esempi di rifugi ecosostenibili sono stati progettati e costruiti tra le montagne europee, in particolare modo troviamo il Monte Rosa Hutte costruito sul versante svizzero, il rifugio Goûter sul monte Bianco sponda francese, il Tracuit Hutte nelle alpi Svizzere e il rifugio al Sasso nero Lodge situato nella provincia autonoma di Bolzano.

4.1 Monte Rosa hütte

Località	Zermatt Svizzera
Quota	2883 m s.l.m.
Progettista	Bearth & Deplazes Architekten
Committente	Club alpino svizzero (CAS)
Periodo di costruzione	2008-2009
Tipologia	Rifugio alpino
Posti letto	120

Tab 4.1 Caratteristiche Monte Rosa hütte.

Il Monte Rosa Hütte è posizionato sul bordo di un ripido crepaccio, questa caratteristica aiuta il rifugio ad integrarsi con l'ambiente alpino circostante, facendolo somigliare ad uno sperone roccioso. La struttura può ospitare fino a 120 per-



Fig. 4.1 Inquadramento territoriale dei rifugi studiati nell'arco alpino.

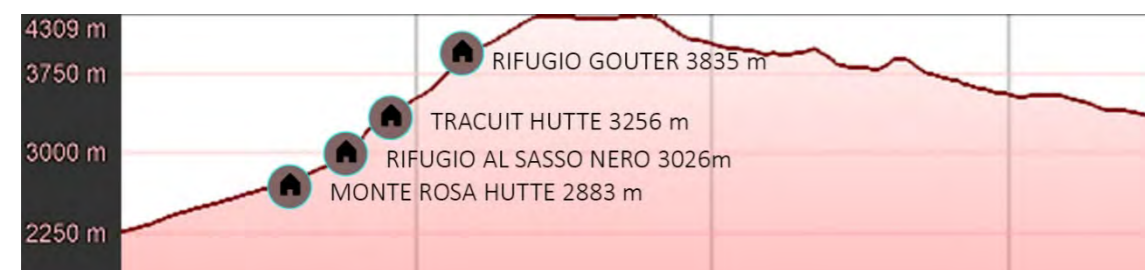


Fig. 4.2 Profilo altimetrico delle quote di posizionamento dei rifugi.



Fig. 4.3 Monte Rosa Hutte vista sul ghiacciaio.

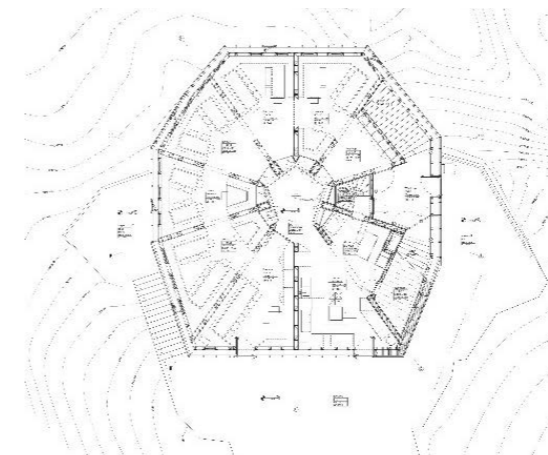


Fig. 4.4 Pianta piano terra Monte Rosa Hutte.

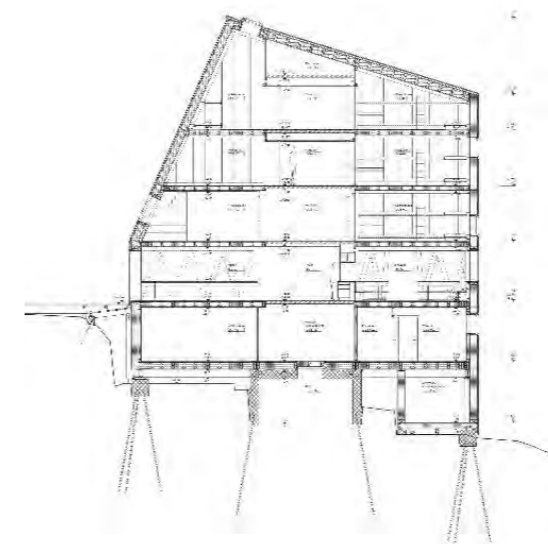


Fig. 4.5 Sezione trasversale Monte Rosa Hutte.

sone nei suoi 5 piani. Al suo interno si trovano al piano terra una cucina, una zona pranzo e una grande sala comune concepita come un'area di socializzazione; nel resto della struttura si trovano le camere e i servizi igienici, ambienti collegati attraverso una scala che si sviluppa lungo il perimetro della struttura. La costruzione ha la forma di un poligono irregolare costituito da dieci segmenti creati da travi incrociate poste radialmente. La forma è stata progettata per essere il più possibile efficiente, ottimizzando il volume per ridurre l'area superficiale, riducendo così al minimo gli effetti del vento e della neve ma allo stesso tempo fornendo più spazio per gli ospiti. Dieci fondazioni radicano la struttura nella roccia e sostengono una piastra stellare in acciaio che sostiene i muri perimetrali. Il tetto riflettente rispecchia la maestosità del luogo, fornendo preziosa energia solare all'edificio. Per il nuovo rifugio, sono stati utilizzati materiali da costruzione rinnovabili e componenti di altissima qualità. All'interno ispirandosi ai tradizionali hütten di montagna, gli architetti hanno scelto di impiegare abete rosso e abete. I gruppi di progettazione hanno dedicato particolare cura alla selezione dei materiali da costruzione a basso impatto ambientale, che potessero essere trasportati facilmente e in modo efficiente. Poiché vi erano scarse risorse idriche ed energetiche per costruire in loco, è stato necessario prefabbricare molti dei componenti. Dopo aver testato diversi materiali, i progettisti hanno selezionato un pacchetto isolante composto da un foglio di alluminio con un pannello isolante in lana minerale e legno compensato di abete a tre strati. Il Monte Rosa Hütte è una struttura totalmente isolata caratterizzata da condizioni estreme: senza elettricità, senza acqua, senza strade e senza sentieri; l'edificio



Fig. 4.6 Render sala da pranzo.

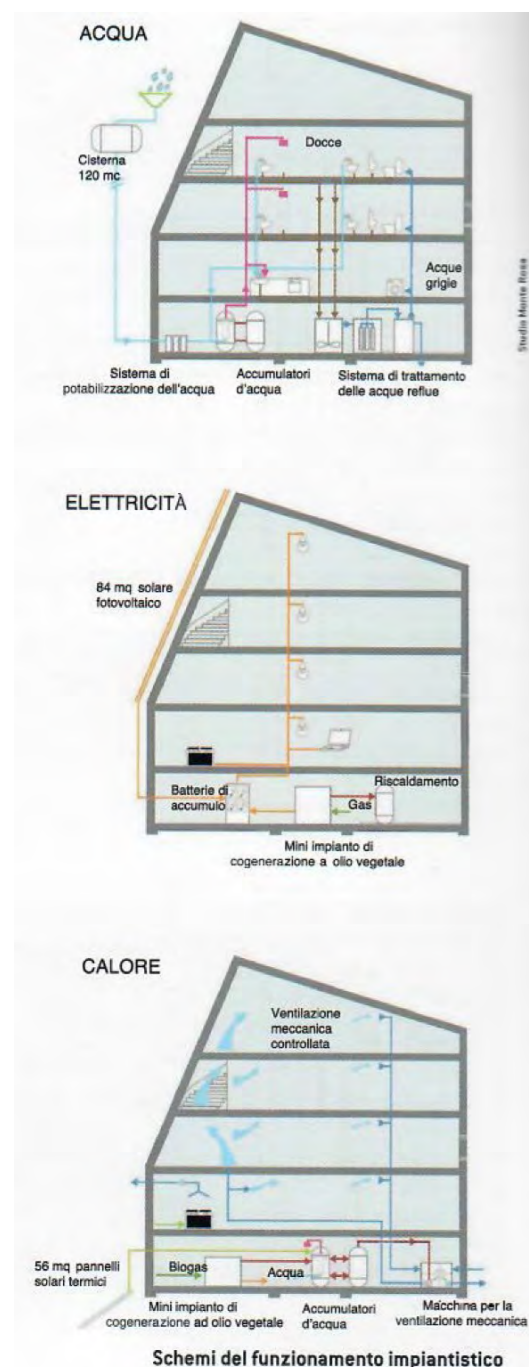


Fig. 4.7 Schemi di funzionamento impiantistici ed energetici.

doveva essere indipendente e in grado di produrre energia in modo autonomo. Il fabbisogno energetico annuo è soddisfatto al 90% dai pannelli fotovoltaici, attraverso gli 84 m² di celle monocristalline poste nella facciata sud dell'edificio che hanno una potenza di 16 kW di picco, l'energia in eccesso viene immagazzinata nelle batterie per essere utilizzata nelle giornate nuvolose con cielo coperto e nelle ore notturne. Un'attenzione particolare è stata posta nel posizionamento delle finestre a nastro che fanno fluire i raggi solari all'interno contribuendo al riscaldamento dell'ambiente. La produzione di acqua calda sanitaria è garantita dai 60 m² di pannelli solari termici posizionati davanti alla facciata sud-ovest dell'edificio. Una centrale termica alimentata con olio di colza, combinato con un recupero dell'aria viziata, permette di far fronte ai periodi di maggior consumo di energia. Per permettere all'edificio di ottenere una propria sorgente è stato realizzato un bacino di 200 mq scavato nel granito sottostante il rifugio, costruito sotto la barriera del permafrost per prevenire il congelamento dell'acqua di fusione. Per preservare l'ambiente naturale è stato costruito un impianto di trattamento delle acque reflue in modo da poter riutilizzare le acque grigie nei WC permettendo di risparmiare le risorse idriche. Il Monte Rosa Hütte dispone inoltre di un sistema di gestione dell'energia talmente sofisticato da poter considerare le condizioni meteo ed il numero di ospiti durante il calcolo del consumo energetico.



Fig. 4.8 Rifugio Gouter al monte Bianco.

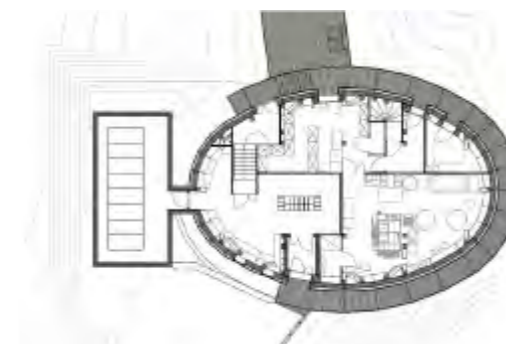


Fig. 4.9 Pianta piano terra.



Fig. 4.10 Sezione trasversale.



Fig. 4.11 Foto costruzione.

4.2 Rifugio Gouter

Località	Saint Gervais les Bains Francia
Quota	3835 m s.l.m.
Progettista	studio Groupe-H
Committente	Club alpino francese (CAF)
Periodo di costruzione	2011-2013
Tipologia	Rifugio alpino
Posti letto	120
Struttura	Legno e acciaio

Tab 4.2 Caratteristiche Rifugio Gouter.

Il rifugio Gouter è posizionato a 3835 m di quota e si raggiunge tramite un difficoltoso e arduo percorso alpino. Alla base del progetto si trova il concetto di eco-sostenibilità, per questo motivo sono state impiegate le tecnologie più avanzate per ridurre al minimo l'impatto ambientale di quest'opera. Il progetto del rifugio è stato sviluppato dall'architetto di Ginevra Hervé Dessimoz dello studio Groupe-H, una pianificazione complessa sia dal punto di vista strutturale che da quello estetico che ha portato alla realizzazione di una struttura ovoidale con il cuore in legno e l'involucro in acciaio inossidabile con una superficie di 684 m² che si distribuisce su 4 livelli e che è capace di ospitare fino a 120 posti letto. La forma ovoidale della costruzione consente alle raffiche di vento di scivolare sui fianchi per spingere la neve dietro all'edificio, nel bacino che serve per la produzione dell'acqua. La facciata è stata rivestita con pannelli in acciaio inox con isolamento termico in fibra di vetro riciclata, l'edificio è stato concepito per limitare l'impatto ambientale e per una gestione dei consumi energetici intelligente, attraverso l'impiego di sistemi solari termici, fotovoltaici e di biomasse. L'edificio poggia su una piastra sospesa sul crinale roccioso e sorretta da 69 pilastri metallici affondati nel terreno per oltre 10 m. L'obiettivo dei progettisti era di rendere



Fig. 4.12 Render degli interni nella zona notte.

il rifugio quanto più possibile autosufficiente, ad eccezione del gas necessario per la cottura degli alimenti che continuerà a essere trasportato da valle. Per raggiungere quest'obiettivo sono state combinate le strategie passive caratterizzate da una riduzione delle dispersioni ottenute attraverso l'isolamento della struttura con l'utilizzo di pannelli di fibra di legno riciclato, con un sistema impiantistico altamente efficiente. Il fabbisogno energetico è soddisfatto attraverso un impianto fotovoltaico integrato con il rivestimento della struttura circa 95 m²; altri 50 m² di pannelli solari termici sono dislocati sul pendio al di sotto del rifugio, al fine di consentire il riscaldamento di 2000 l d'acqua per usi sanitari. Attraverso un impianto a biomassa viene soddisfatto la maggior parte del fabbisogno di energia termica. L'edificio presenta un sistema di recupero e trattamento delle acque reflue che filtra e sterilizza le acque di scarico prima che vengano immesse nell'ambiente, oltre ad un bacino di raccolta delle acque derivanti dallo scioglimento della neve di 300 l posizionato sotto la piastra basamentale.



Fig. 4.13 Render sala da pranzo.



Fig. 4.14 Tracuit hutte.



Fig. 4.15 Render sala da pranzo.



Fig. 4.16 Render sala da pranzo.



Fig. 4.17 Render sala da pranzo.

4.3 Tracuit Hutte

Località	Tracuit, Switzerland
Quota	3256 m s.l.m.
Progettista	Savioz Fabrizzi Architectes
Committente	Club alpino svizzero (CAS)
Periodo di costruzione	2013
Tipologia	Rifugio alpino
Posti letto	116
Struttura	Legno prefabbricata

Tab 4.3 Caratteristiche Tracuit hütte.

Il rifugio Tracuit si trova nel cuore delle Alpi Svizzere canton Vallese; questa posizione lo rende il punto di partenza ideale per scalare il Bishorn, il Weisshorn e il Tête de Milon. Il rifugio è stato costruito nel 1929 e ampliato più volte per far fronte ad un costante aumento del numero di persone e ai livelli attesi di comfort. Gli attuali requisiti in materia di salute e sicurezza, strutture, e la protezione ambientale ha fatto sì che il rifugio avesse bisogno di essere ampliato e completamente ristrutturato.

Dato che questi interventi risultavano troppo onerosi sia in termini economici sia in termini di tempo, il club ha deciso di sostituire la capanna esistente con un nuovo rifugio.

La natura del luogo ha definito la posizione e la forma della nuova capanna costruita lungo la cresta sopra la scogliera, in raccordo con la topografia del sito.

A questa altezza i metodi di costruzione dovevano essere adattati alle condizioni climatiche avverse e ai mezzi di trasporto disponibili. Poiché il trasporto del calcestruzzo è particolarmente costoso, il suo uso è stato ridotto al minimo e limitato in gran parte alle singole fondazioni.

Il nuovo rifugio presenta un telaio strutturale in legno isolato e rivestito con pannelli in acciaio inox. Le componenti dell'edificio sono state prefabbricate in fabbrica e trasportate in elicottero per l'assemblaggio

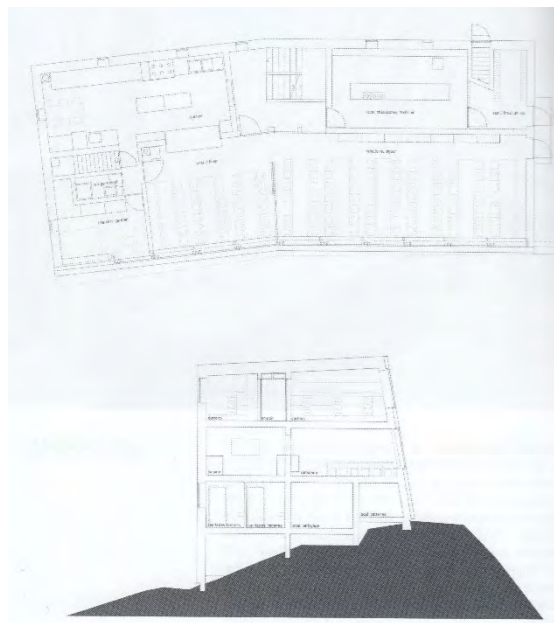


Fig. 4.18 Pianta piano terra e sezione trasversale.

in loco. Pannelli di rivestimento in acciaio inossidabile proteggono il tetto e pareti esterne dagli agenti atmosferici.

Le pareti Est, Ovest e Nord presentano poche aperture, in questo modo si riducono notevolmente le dispersioni di calore e si ottiene una ventilazione naturale ottimale. La parete rivolta a Sud, invece, presenta grandi finestre che consentono ai raggi solari di penetrare all'interno degli ambienti andando a riscaldarli.

Le condizioni climatiche ostili hanno spinto i progettisti a realizzare una struttura compatta che insieme all'isolamento delle pareti riesce a ridurre le perdite di calore. La forma compatta e ben isolata, la limitazione estrema delle esigenze e le dotazioni impiantistiche consentono all'edificio di ridurre i consumi e provvedere per buona parte al fabbisogno energetico, un generatore è disponibile per picchi di consumo. La facciata sud, interamente costituita da pannelli fotovoltaici e superfici vetrate, funziona come un grande collettore solare. Un sistema di ventilazione low-tech permette il recupero di calore emesso dagli occupanti, garantendo i ricambi d'aria. Il riscaldamento è limitato a poche stanze è fornito da un sistema di legna e pellet ed eventualmente gas.

La ventilazione naturale all'interno dell'edificio è facilitata dalla presenza di rade aperture sulla facciata Nord dell'edificio.



Fig. 4.19 Vista Lato Nord Tracuit hutte.



Fig. 4.20 Rifugio al Sasso nero.

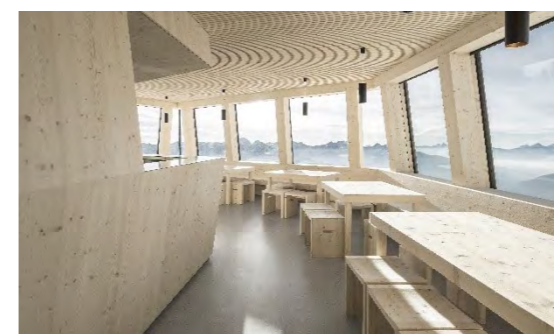


Fig. 4.21 Render sala da pranzo.

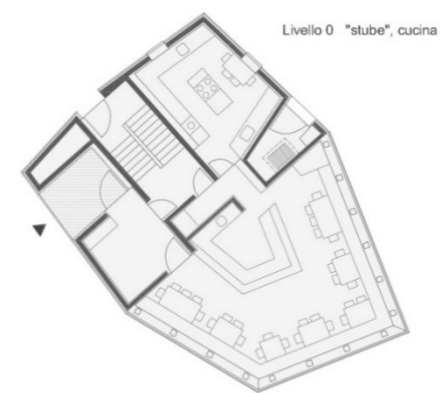


Fig. 4.22 Pianta piano terra.

4.4 Rifugio al sasso nero

Località	San Giovanni valle Aurina Bolzano
Quota	3026 m s.l.m.
Progettista	Stifter+Bachmann
Committente	Provincia autonoma di Bolzano
Periodo di costruzione	2013
Tipologia	Rifugio alpino
Posti letto	50
Struttura	Fondazioni prefabbricate in calcestruzzo, struttura a telaio in legno

Tab 4.4 Caratteristiche Sasso nero.

L'edificio si presenta con una forma geometrica lineare ispirandosi a una "cima di roccia" dalla pelle metallica, che, con il suo sviluppo verticale, si inserisce naturalmente nell'orografia del terreno montuoso.

La costruzione si erge isolata, distribuendo le funzioni su sei livelli, due interrati e quattro emergenti. Una terrazza in pietra naturale realizzata a secco conduce alla zona di ingresso all'aperto coperta. Da qui, entrando, una bussola di accesso media l'ingresso diretto soggiorno, che accoglie gli escursionisti nel rifugio. Come da tradizione, l'ambiente interno è realizzato interamente in legno: una panca continua corre lungo le pareti perimetrali, rivestite con pannelli di abete bianco, spazzolato non trattato; sgabelli e tavoloni in legno massiccio ne seguono il movimento, arrestando così in modo semplice e funzionale lo spazio interno.

Ai piani superiori, 1° e 2° livello, si aprono con uno sviluppo a 360° le stanze da letto per gli ospiti del rifugio, che con una configurazione a castello contano un totale di 50 posti letto. Al 3° piano sono localizzati, invece, gli spazi dell'alloggio privato del gestore e del personale. I vani secondari e di servizio - sanitari, deposito, essiccatoio, officina e locali tecnici, di cui una piccola centrale termica attiva in caso di maltempo - sono disposti nei due livelli

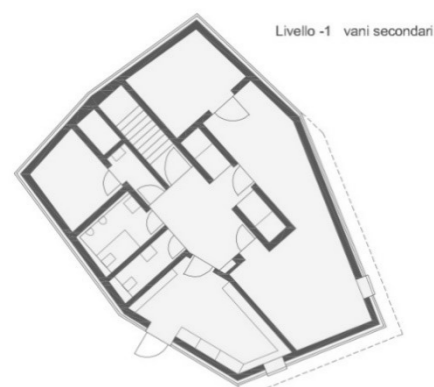


Fig. 4.23 Pianta piano primo.

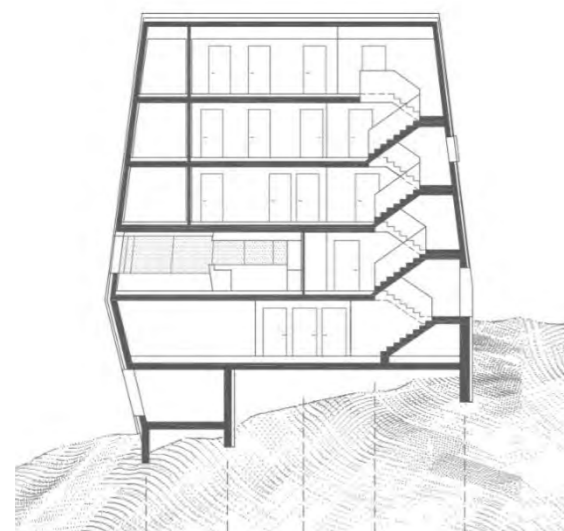


Fig. 4.24 Sezione longitudinale.

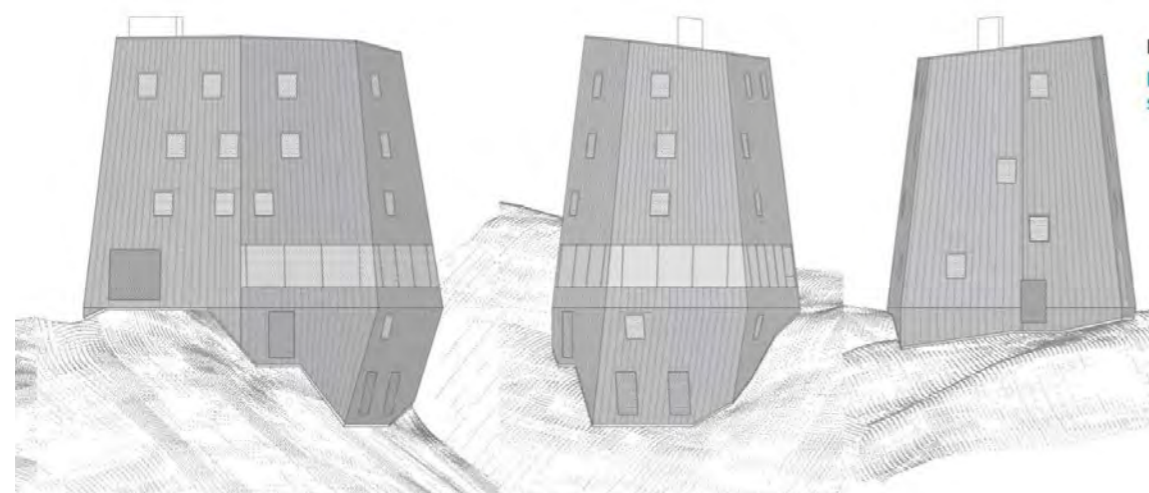


Fig. 4.25 Prospetti dell'edificio.

interrati.

Posizionata in copertura, una batteria di collettori e pannelli solari garantisce la produzione di energia elettrica che aziona l'impianto di riscaldamento e areazione. Questo è stato dimensionato solo per il soggiorno la cucina e i vani sanitari, data l'apertura esclusivamente estiva del rifugio. Grazie quindi alle caratteristiche di involucro, che permettono di sfruttare ampiamente gli apporti solari, e alle dotazioni impiantistiche, la costruzione è certificata secondo lo standard CasaClima, in Classe A. Dal punto di vista tecnologico-costruttivo, l'edificio si erge su un basamento di elementi prefabbricati in calcestruzzo, a diretto contatto con la roccia della montagna. In elevazione, la struttura delle facciate inclinate è definita da parete intelaiate in legno, con sistema costruttivo a montanti e traversi, tamponati da pannelli OSB e a camera isolata. Sempre in legno, solai e copertura sono stati realizzati attraverso l'adozione di pannelli massicci di CLT (Cross Laminated Timber), che collaborano con i pannelli in calcestruzzo per resistere alle spinte laterali dei venti d'alta quota. Il rivestimento di facciata è dato da una lamiera di rame suddivisa in elementi di forma conica interconnessi da un sistema di giunti a doppia aggraffatura.



Fig. 4.26 Render sala da pranzo.

Dal punto di vista costruttivo, infine, la sfida principale è rappresentata dalla quota del sito di progetto, superiore ai 3.000 m rispetto il livello del mare. Questo numero si traduce in: modalità di trasporto (più che) eccezionali; condizioni atmosferiche di pressione e temperature variabili in relazione all'altitudine raggiunta nelle diverse fasi del processo costruttivo e condizioni climatiche sole, forte vento e differenza di pressione atmosferica in cantiere che influenzano l'attività fisica richiesta durante le lavorazioni.



Fig. 4.27 Vista panoramica del rifugio al Sasso nero.

5 Progetto architettonico

In questo capitolo sono illustrate le scelte progettuali a livello architettonico che caratterizzano la riqualificazione del rifugio Capanna Osservatorio Regina Margherita.



5.1 Obiettivi e strategie di progetto

L'obiettivo del progetto consiste nella riqualificazione architettonica ed energetica del rifugio con particolare attenzione agli aspetti funzionali e di riorganizzazione spaziale del piano terra per migliorare l'accesso e la distribuzione dei visitatori al rifugio. Considerando la localizzazione e la tipologia di edificio prima di procedere con la proposta progettuale è stata condotta un'intervista con il gestore del rifugio il quale ha illustrato le principali criticità e la programmazione dei possibili interventi. I punti cardine discussi sono stati:

1. Riorganizzazione totale del piano terra aggiungendo un locale magazzino, considerare un blocco bagni esterno indispensabile per le cordate che non entrano in Capanna.
2. Ottimizzazione e gestione del comfort interno in tutti gli ambienti in particolare nella

zona notte.

3. Eliminare le infiltrazioni d'acqua dovute allo scioglimento della neve.

4. Migliorare l'isolamento termico con la sostituzione dei serramenti e dell'impianto di riscaldamento.

5. Installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica e ridurre così al minimo l'utilizzo del generatore a gasolio.

6. Sistemazione locale tecnico dove gestire gli impianti dell'edificio.

Tutte le scelte adottate tendono a limitare l'impatto sulla struttura esistente e operando con aggiunte di volumi per migliorare la distribuzione spaziale e rendere l'esperienza degli ospiti unica e mozzafiato.

La Prima scelta progettuale consiste nell'eliminare tutti i volumi accessori e i vari elementi che sono presenti sull'involucro origi-

nale di Capanna Regina Margherita come le uscite di sicurezza i pannelli fotovoltaici, le antenne del ponte radio e la stazione meteorologica in modo tale da ripulire il volume e riportare l'edificio alla sua forma originale. Il Passo successivo è stato quello di inserire un volume sul fronte sud-ovest contenente il vano scale d'ingresso al rifugio, eliminando la scala esterna esistente. Questa scelta è importante per il progetto perché migliora i percorsi di risalita all'interno del rifugio e l'organizzazione spaziale, permettendo una distribuzione più efficiente dei locali sia al piano terra che ai piani superiori. Le scale esistenti al centro dell'edificio vengono eliminate e spostate verso l'esterno con la costruzione di un vano scale di sicurezza nella parte nord-est in una porzione già esistente dell'edificio, in modo tale da rispettare le norme antincendio

sulle vie di fuga. Il vano scala d'ingresso funge anche da belvedere in quanto per la maggior parte vetrato concede delle viste spettacolari sulle montagne che circondano il rifugio come le alpi svizzere le alpi italiane e le varie cime del massiccio del monte Rosa. La forma scelta segue la morfologia esistente dell'edificio con la parte inclinata a nord-ovest che risulta un proseguimento della costruzione esistente mentre la facciata sud-est viene inclinata nello stesso verso per creare una vista adrenalinica sulla parete himalayana più alta delle alpi sulla quale è posata Capanna Regina Margherita. L'obiettivo di aprire il rifugio sulle viste spettacolari che lo circondano è il filo conduttore di tutto il progetto, cercare di far vivere al visitatore un'esperienza d'alta montagna pur trovandosi all'interno di una struttura ricettiva, un modo per por-



Fig. 5.1 Vista sul Cervino e sulla punta Zumstein da Capanna Regina Margherita.



Fig. 5.2 Vista sulle alpi Svizzere.

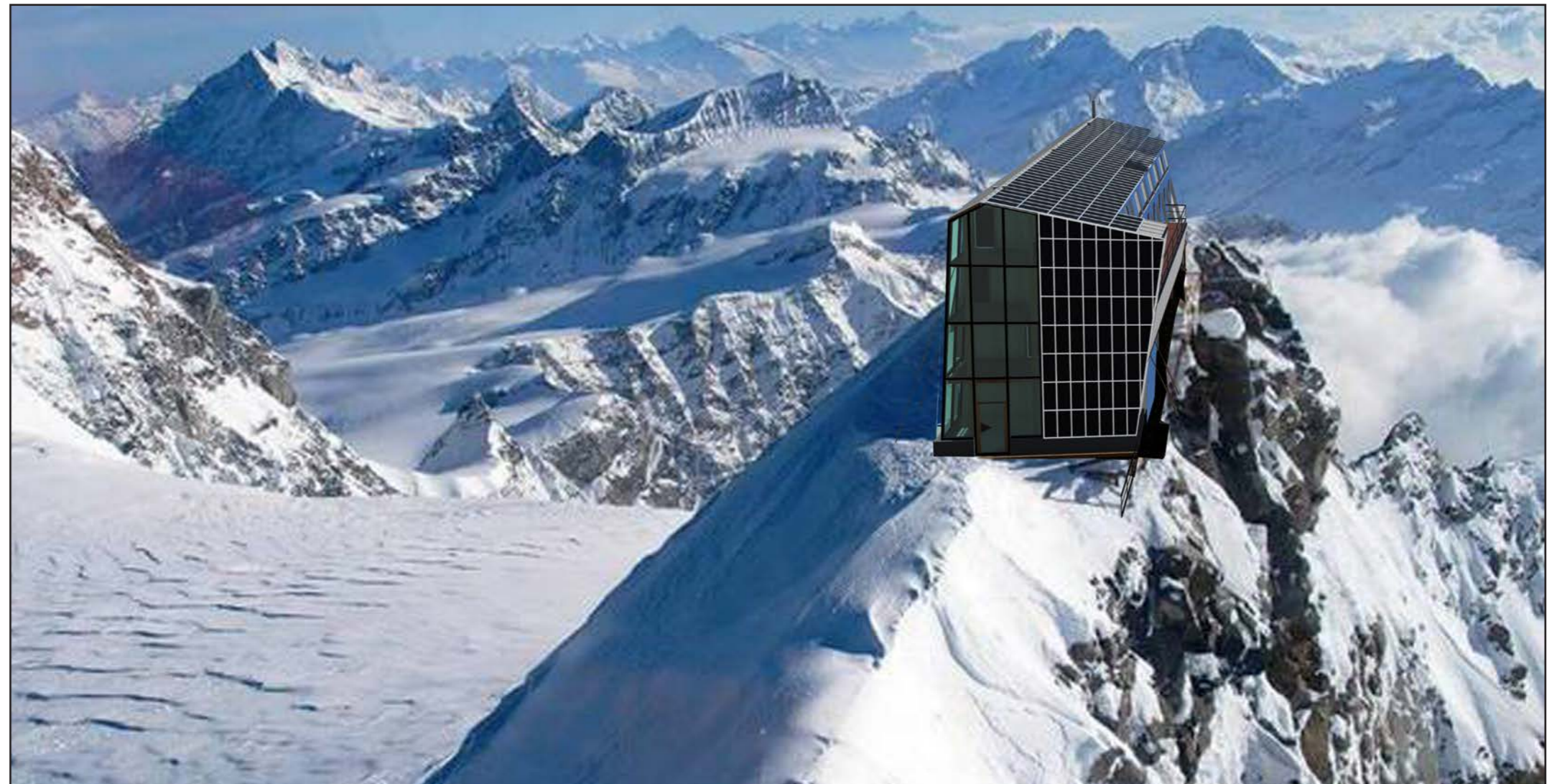


Fig. 5.3 Render di progetto vista sud-est zona ingresso.

tare la montagna all'interno del rifugio. Ampie vetrate a sud-est inclinate in continuazione al vano scale sono state installate nella zona giorno in particolare nella sala da pranzo e nella sala bar ingrandendo la zona coperta del rifugio al piano terra sulla balconata esterna esistente, inglobandola nella struttura del rifugio. La scelta di costruire un volume nella parte nord-ovest a tutta altezza ed inclinato è stata effettuata per permettere di ampliare la sala da pranzo aprire il rifugio in quella zona verso il ghiacciaio dello Zermatt la punta Zumsteinspitze e il Cervino. Sono state ampliate diverse finestre ai piani superiori sempre per consentire viste spettacolari anche all'ingresso della zona notte. Una piattaforma di atterraggio per l'elicottero è stata posizionata a nord-ovest vicino al

locale tecnico per consentire un carico e scarico di merce da parte dell'elicottero vicino alla zona cucina e per atterraggi d'emergenza in caso di soccorso. L'obiettivo non è aprire il rifugio ad un turismo d'elicottero ma quello di vivere la montagna in maniera pura e il più possibile green nel pieno rispetto della natura. La chiusura dei balconi al piano secondo permette di aumentare lo spazio disponibile nelle camere da letto e di sfruttare un volume che in precedenza non veniva utilizzato in quanto i balconi erano inaccessibili.



Fig. 5.4 Render di progetto scala d'ingresso con vista panoramica.



Fig. 5.5 Render di progetto vista nord-est.

5.2 Lo sviluppo spaziale

L'ingresso al rifugio avviene al piano d'arrivo dove si entra nel vano scala salite due rampe si arriva al piano terra riorganizzato spostando i bagni, la cucina, ampliando la sala da pranzo e trasformando l'ingresso in una sala da bar che nel periodo di chiusura del rifugio diventa locale invernale. Al piano d'arrivo è stato posizionato sotto il vano scala un locale adibito alla gestione delle acque con la cisterna di immagazzinamento dell'acqua di scioglimento, la cisterna di recupero delle acque grigie e la cisterna per lo smaltimento dei reflui, questo spazio può essere usato anche come magazzino per contenere attrezzi da lavoro utili in fase di manutenzione ordinaria. Il locale bar d'accoglienza è un luogo dove si può sostare per un panino,

una bevanda calda, o semplicemente per usufruire dei bagni, seduti ai tavolini o in piedi si può osservare dalle ampie vetrate la catena montuosa delle api italiane situate sul confine tra Piemonte e Valle d'Aosta. Adiacente a questo spazio si trova la nuova sala da pranzo da circa cento posti molto spaziosa e luminosa con ampie vetrate sia nella zona nord-ovest che nella zona sud-est. Questi due locali sono stati trattati con lo stesso tipo di materiale, perline in legno d'abete per quanto riguarda il rivestimento delle pareti e parquet in rovere per il pavimento. I tavoli e le sedie come la maggior parte degli elementi d'arredo in tutto il rifugio sono in legno. Nelle zone in cui il volume del locale è stato ampliato sono stati inseriti dei pilastri con funzione strutturale.

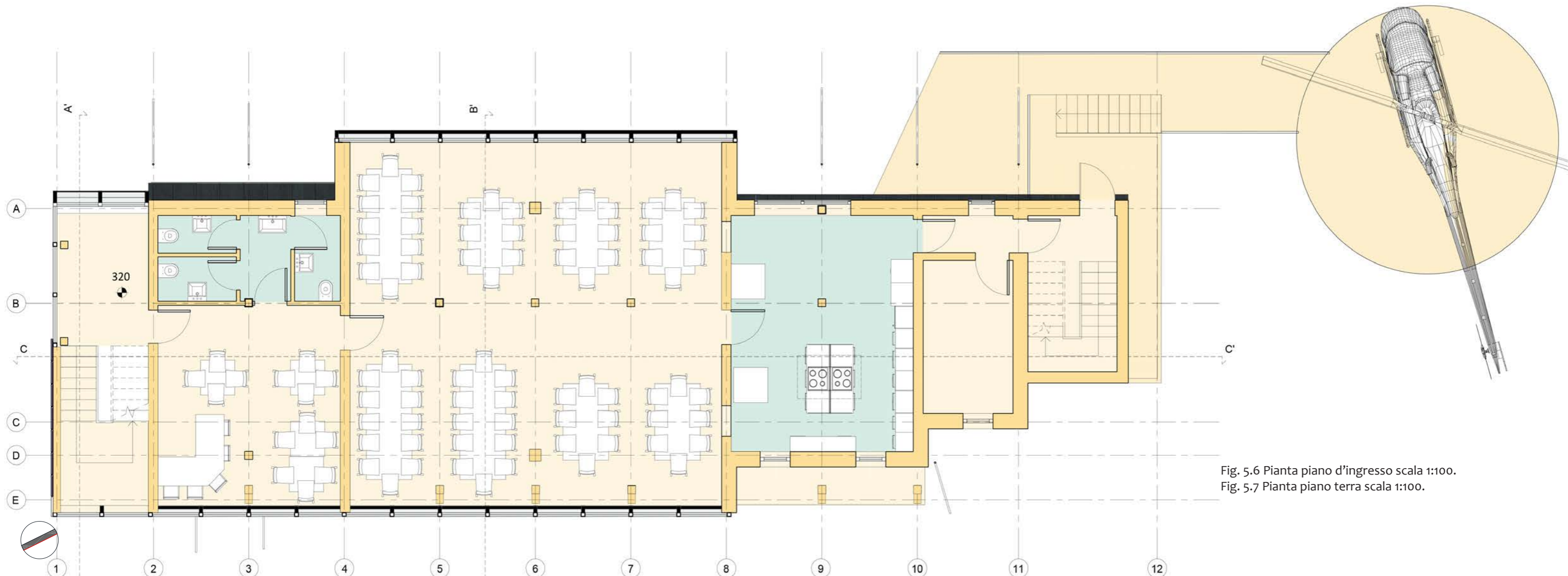
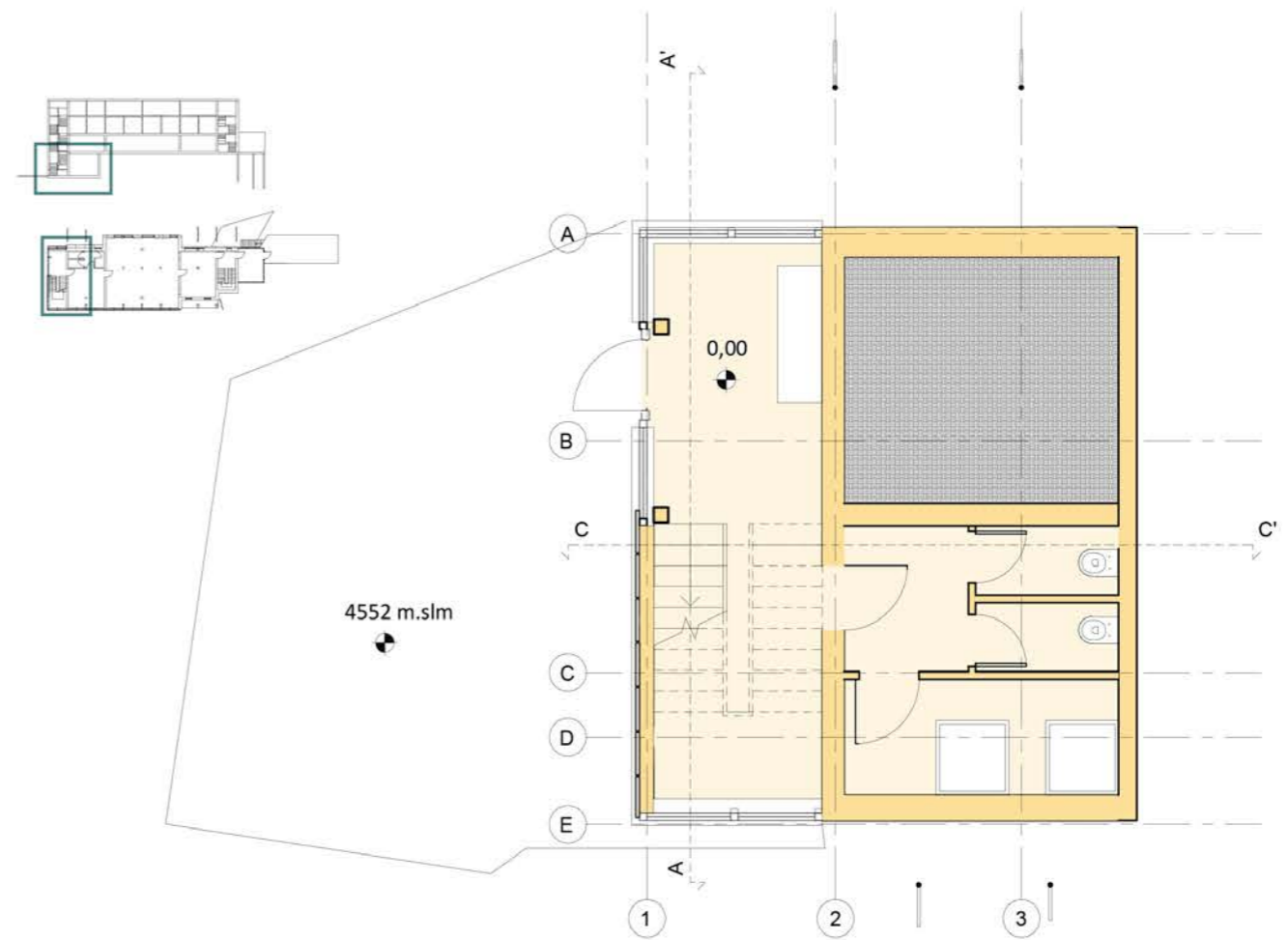


Fig. 5.6 Pianta piano d'ingresso scala 1:100.
Fig. 5.7 Pianta piano terra scala 1:100.

Una spaziosa e moderna cucina con due finestre che si affacciano sulla sala da pranzo per il servizio, attrezzata con un'isola centrale con zona di cottura a dieci fuochi, un forno elettrico, una lavastoviglie professionale, cassetti, mentre due frigoriferi, un congelatore un lavabo e vari pensili dove riporre utensili e provviste sono posizionati adiacenti al muro, un ampio armadio contenente molto spazio per immagazzinare provviste è collocato vicino alla porta d'accesso alla scala d'emergenza. Il rivestimento delle pareti è anche in questa zona fatto con perline in legno d'abete ad eccezione fatta per il paraspruzzi della cucina e per il pavimento. Il locale tecnico viene trasformato in una sorta di motore macchina che fa funziona-

re a livello energetico il rifugio contenete tutti i dispositivi necessari per gestire l'impianto fotovoltaico. una vetrata è posizionata sul versante sud-est mentre gli altri lati hanno un rivestimento in rame buche-rellato. I bagni sono stati posizionati vicino all'ingresso al piano per permettere a tutti gli utenti che hanno accesso al rifugio di usufruirne in modo agevole senza creare flussi nella sala da pranzo durante le ore di servizio. Ne è stato aggiunto uno in modo tale da gestire anche le cordate che arrivano al rifugio senza permottare o pranzare. Le demolizioni più significative sono quelle delle scale e delle pareti esterne dell'edificio permettendo una miglior organizzazione a livello distributivo mentre tra le nuove costruzioni si evidenziano i vani sca-

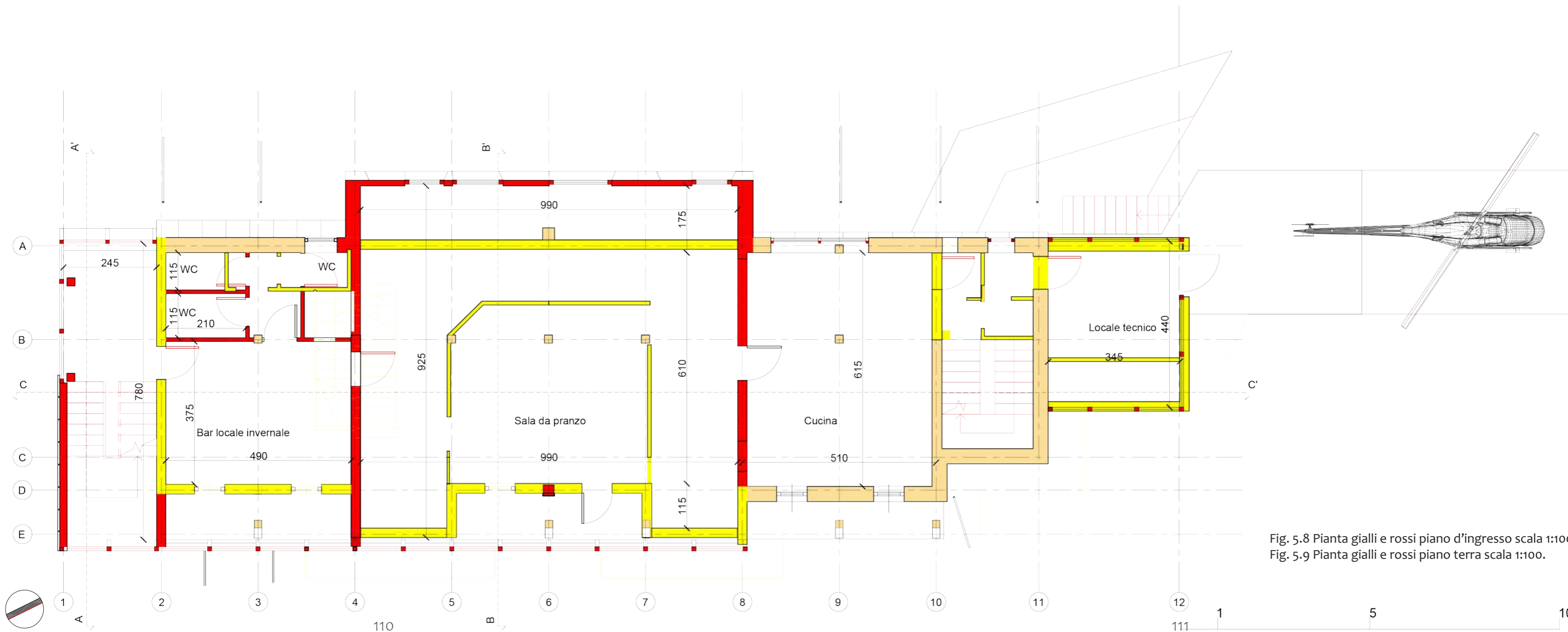


Fig. 5.8 Pianta gialli e rossi piano d'ingresso scala 1:100.
Fig. 5.9 Pianta gialli e rossi piano terra scala 1:100.



Fig. 5.10 Render di progetto zona ingresso e bar.



Fig. 5.11 Render di progetto cucina.



Fig. 5.12 Render di progetto sala da pranzo.

le, le vetrate e i nuovi muri divisorii interni. Al piano primo abbiamo cinque camere da otto persone ciascuna, una zona relax, la camera dei rifugiati e i bagni con installate sei docce. Le camere da letto sono organizzate con quattro letti a castello in legno, due a destra e due a sinistra un corridoio centrale permette la distribuzione delle persone e un mobile aperto in legno consente di avere uno spazio dove posare il proprio zaino e gli indumenti. Il rivestimento di pareti è stato costruito in legno d'abete, mentre il pavimento è di un parquet in legno di rovere. La vecchia finestra diventa una porta finestra in alluminio che si affaccia sul balcone di nuova costruzione dove ci si può affacciare per osservare il panorama in direzione della

Valsesia. La zona relax è formata da tavolini e dalla libreria già esistente e ricollocata al primo piano, uno spazio dove passare del tempo prima di dormire fare colazione o prima di farsi una doccia e contemplare la bellezza del paesaggio circostante oppure leggere un libro. La camera dei rifugiati progettata per quattro persone è stata posizionata nella zona sopra la cucina in modo tale da consentire un accesso rapido alla cucina tramite le scale di sicurezza, a differenza delle altre camere contiene due armadi dove organizzare i loro vestiti ed un tavolino. I bagni vengono spostati vicino all'ingresso al piano e sono divisi per sesso ognuno contiene tre docce e un wc con un rubinetto per lavarsi le mani. In questa zona del rifugio cambiano i rivestimenti e non viene usato il legno ma vengono usate piastrelle in ceramica.



Fig. 5.13 Render di progetto camera da letto piano primo.

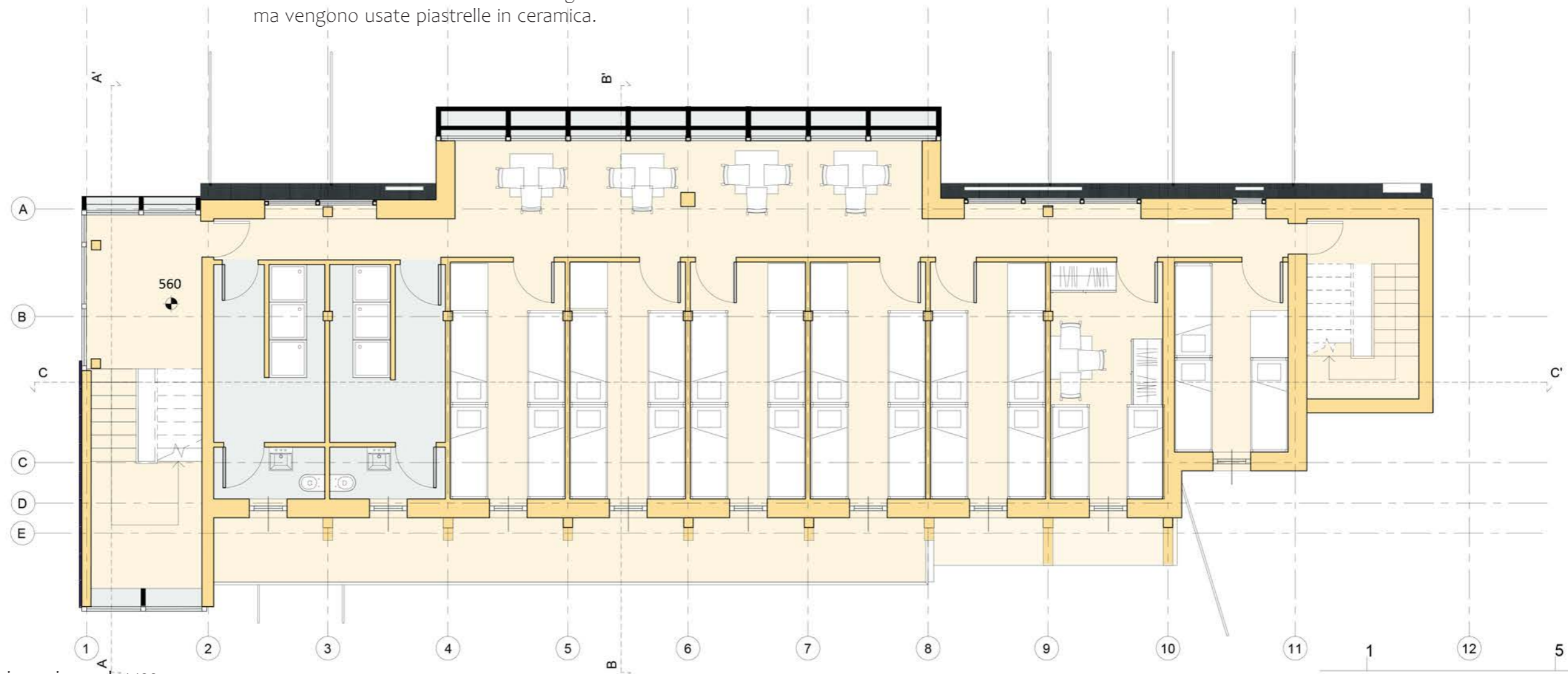


Fig. 5.14 Pianta piano primo scala 1:100.



Al piano secondo abbiamo tre camere da dodici persone in una conformazione diversa rispetto alle camere del piano primo in quanto lo spazio all'interno delle camere non è pensato solo per dormire ma anche per sostare nei momenti d'attesa come prima della cena, prima di fare una doccia o prima di fare colazione. Le camere ma anche i bagni sono stati ingranditi con la demolizione del muro esterno a sud-est. La superficie del balcone viene sfruttata con l'inserimento di un muro inclinato alternato a delle vetrate nelle camere incastrate tra i pilastri inclinati mentre nei bagni abbiamo solo il tamponamento con delle finestre inserite nel mezzo. Lo spazio ricavato non è utilizzabile in quanto l'altezza nell'ampliamento

non è utilizzabile ma può servire come deposito o spazio accessorio. L'arredamento all'interno delle camere è composto da letti a castello e un mobile dove riporre zaini e indumenti. I materiali utilizzati sono gli stessi dei piani sottostanti ovvero perline in legno d'abete per il rivestimento delle pareti e parquet in legno di rovere per il pavimento. L'apertura a nord-ovest rimane uno spazio libero dove potersi sedere ad ammirare le montagne circostanti ma rimane uno spazio inutilizzabile in quanto con il tetto inclinato questo spazio non è utilizzato appieno. I bagni sono sempre divisi in uomini e donne e hanno due docce invece che tre visto il numero minore di ospiti presenti sul piano.



Fig. 5.15 Render di progetto camera da letto piano secondo.

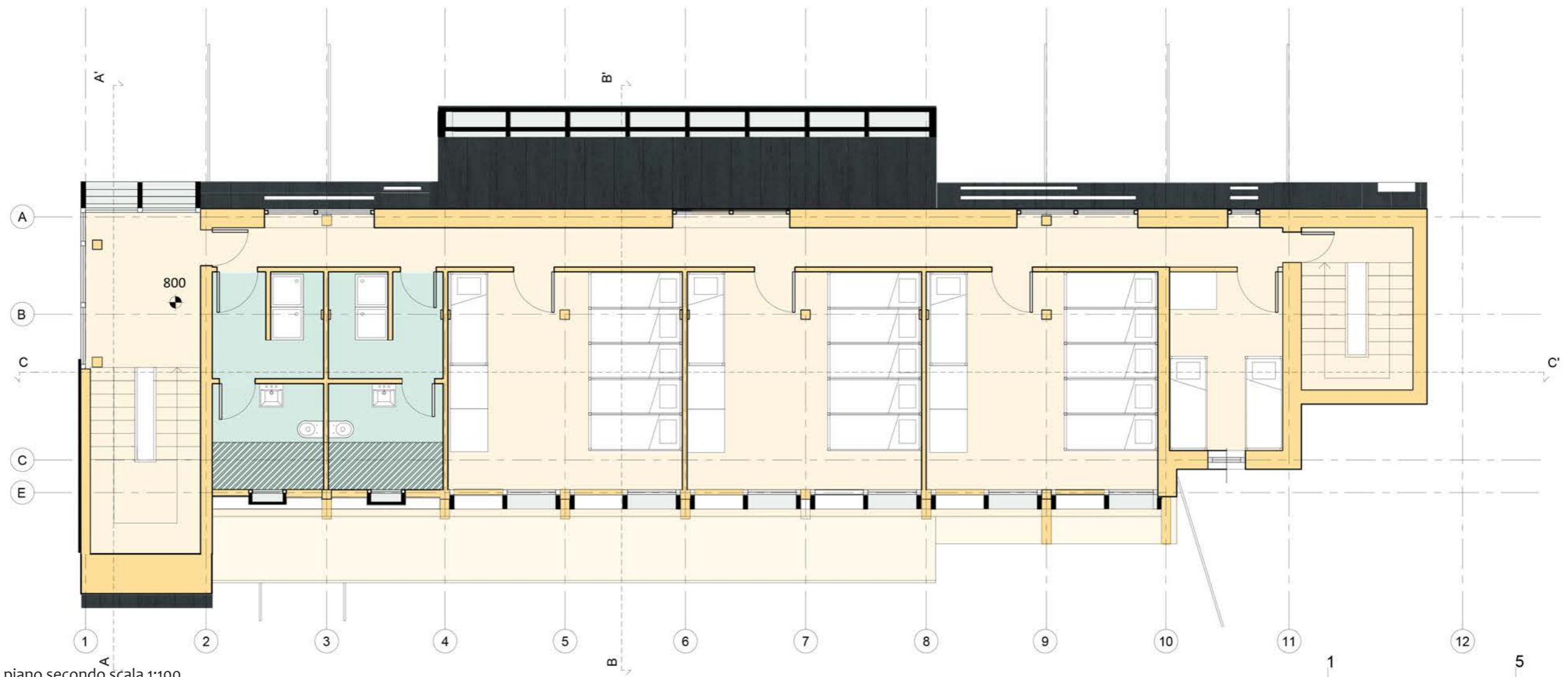
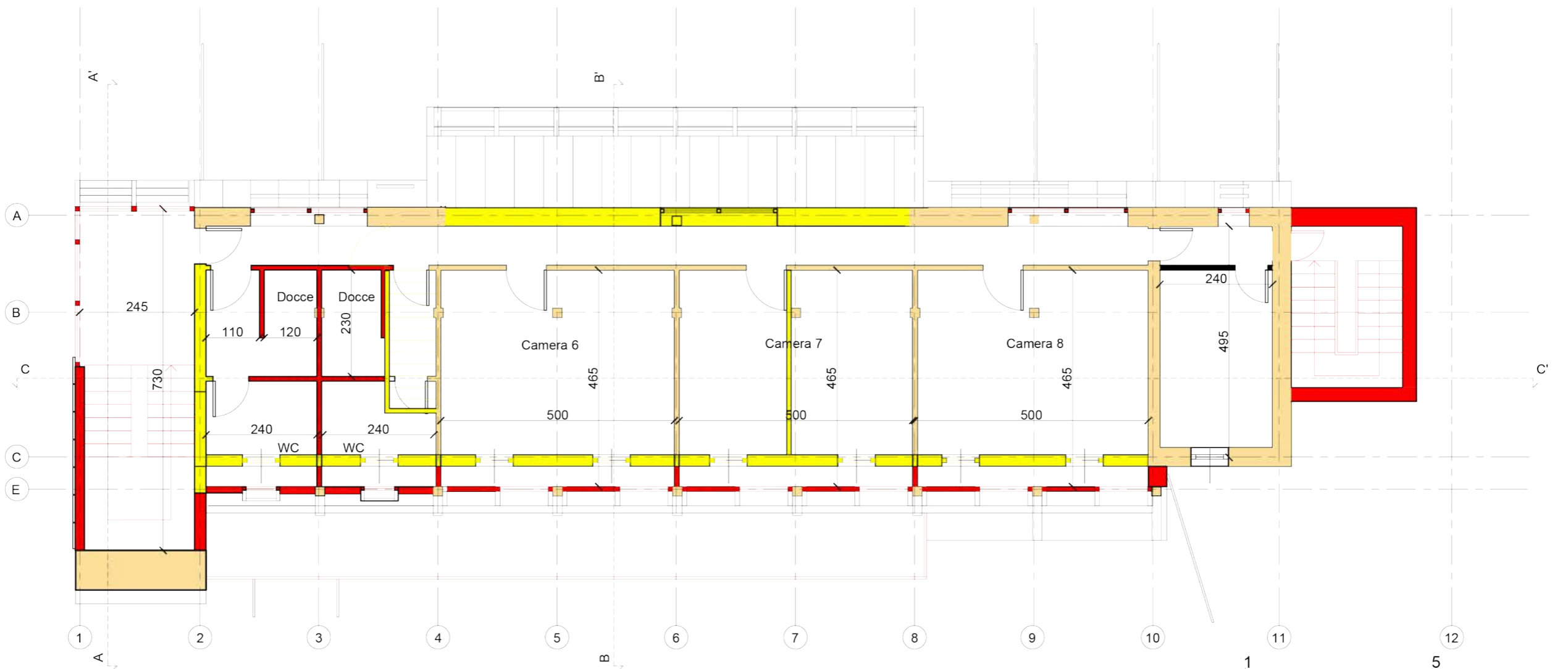
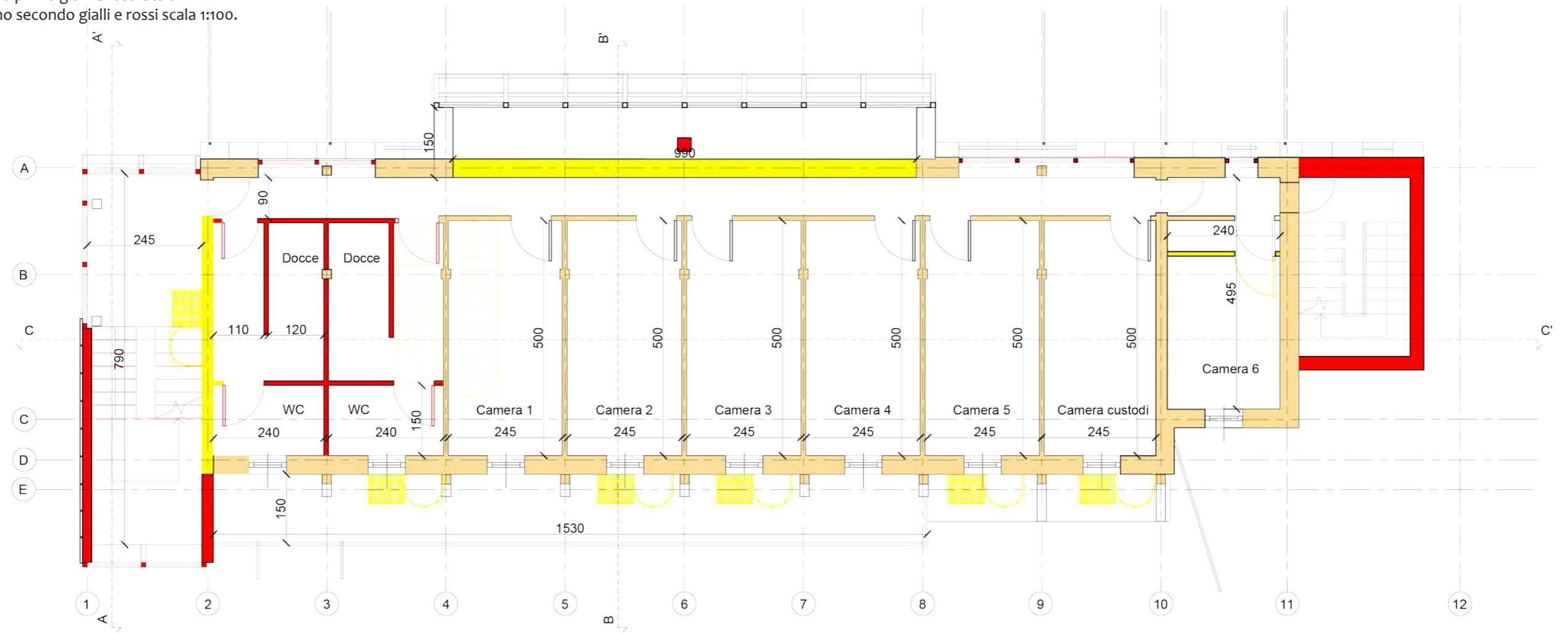


Fig. 5.16 Pianta piano secondo scala 1:100.



Fig. 5.17 Pianta piano primo gialli e rossi scala 1:100.
 Fig. 5.18 Pianta piano secondo gialli e rossi scala 1:100.



5.3 Materiali per esterni e sviluppo altimetrico

I materiali impiegati per la riqualificazione dell'edificio sono prevalentemente il legno per quanto riguarda le strutture nuove ed i rivestimenti interni, l'alluminio usato per la sostituzione dei vecchi serramenti e l'installazione dei nuovi incluse le ampie vetrate e il rame utilizzato per la copertura e le pareti esterne. Dei pannelli fotovoltaici sono stati installati in copertura sul versante sud-est e sulla parete di nuova costruzione a sud-ovest. Le barriere protettive situate all'esterno dell'edificio e sulle scale sono in acciaio pitturato nero dello stesso colore dei serramenti. Per risolvere il problema delle

infiltrazioni verrà completamente smantellato il manto di copertura dell'edificio sostituendolo con uno nuovo sempre in rame, per il miglioramento del comfort importante è la sostituzione dei serramenti ma anche la sistemazione delle stratigrafie di cui si parla nel capitolo successivo.

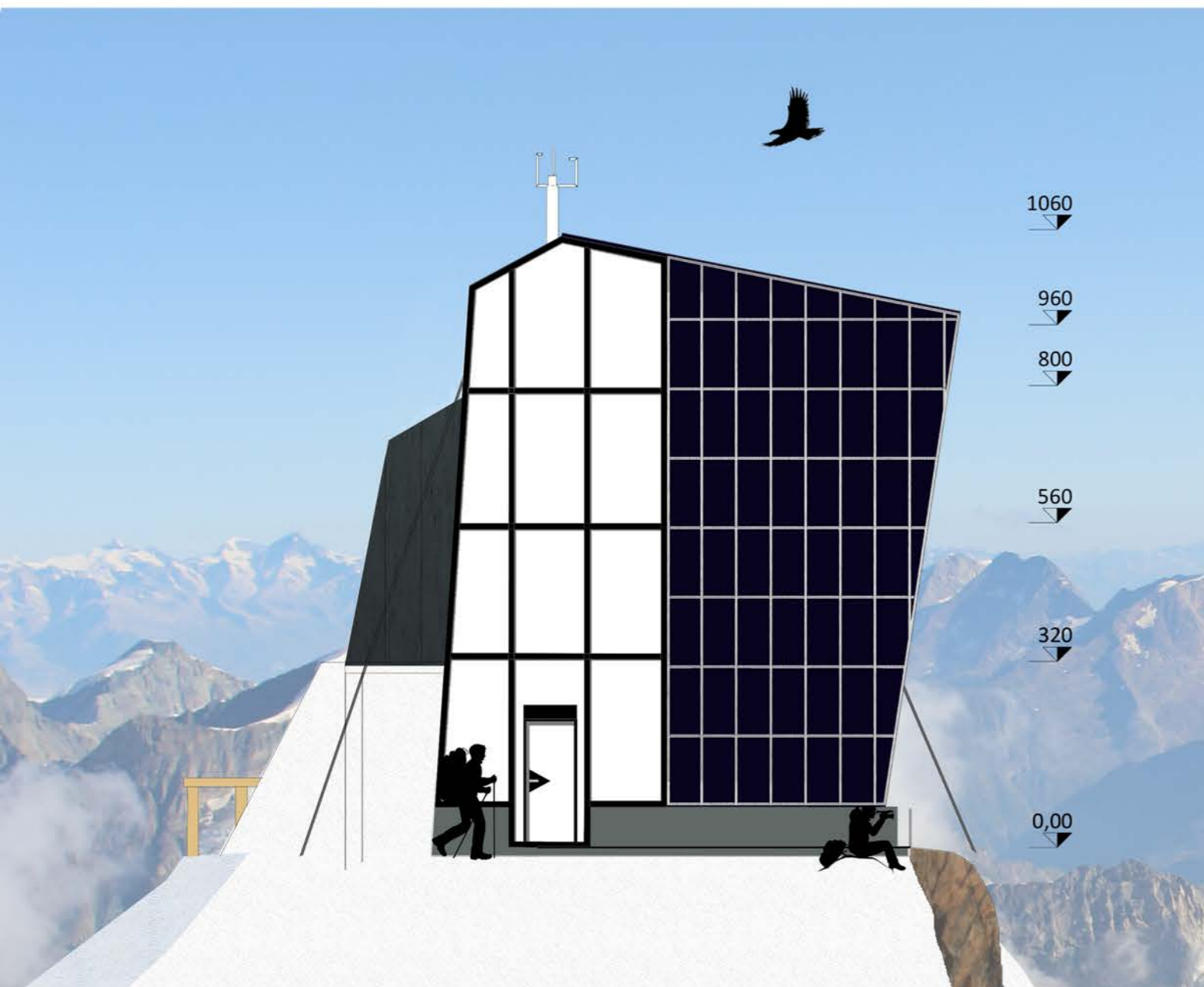


Fig. 5.19 Prospetto sud-ovest scala 1:100.



Fig. 5.20 Prospetto nord-est scala 1:100.

Fig. 5.21 Prospetto sud-est scala 1:100.



Fig. 5.22 Prospetto nord-ovest scala



Fig. 5.23 Sezione A-A' scala 1:100.

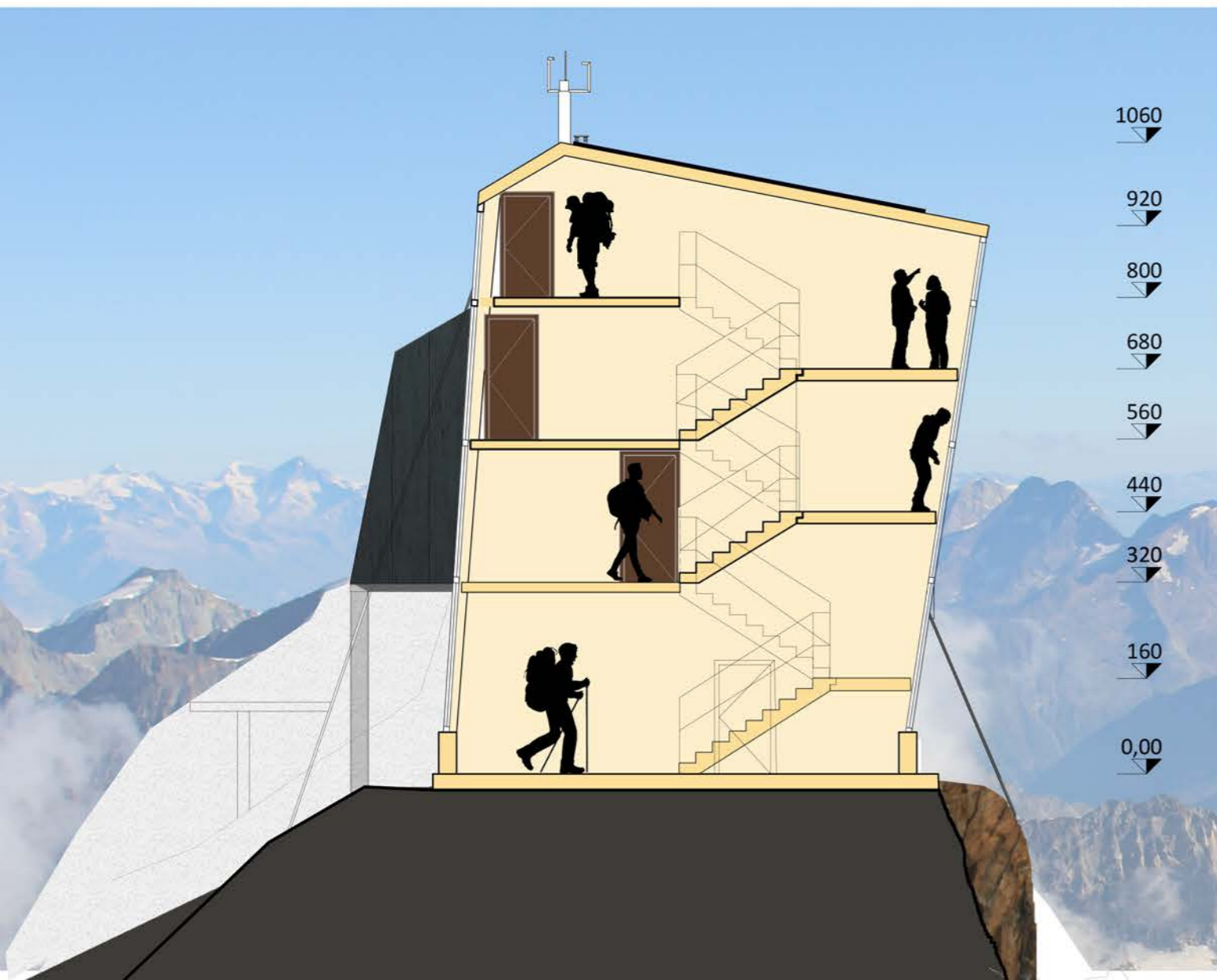


Fig. 5.24 Sezione B-B' scala 1:100.



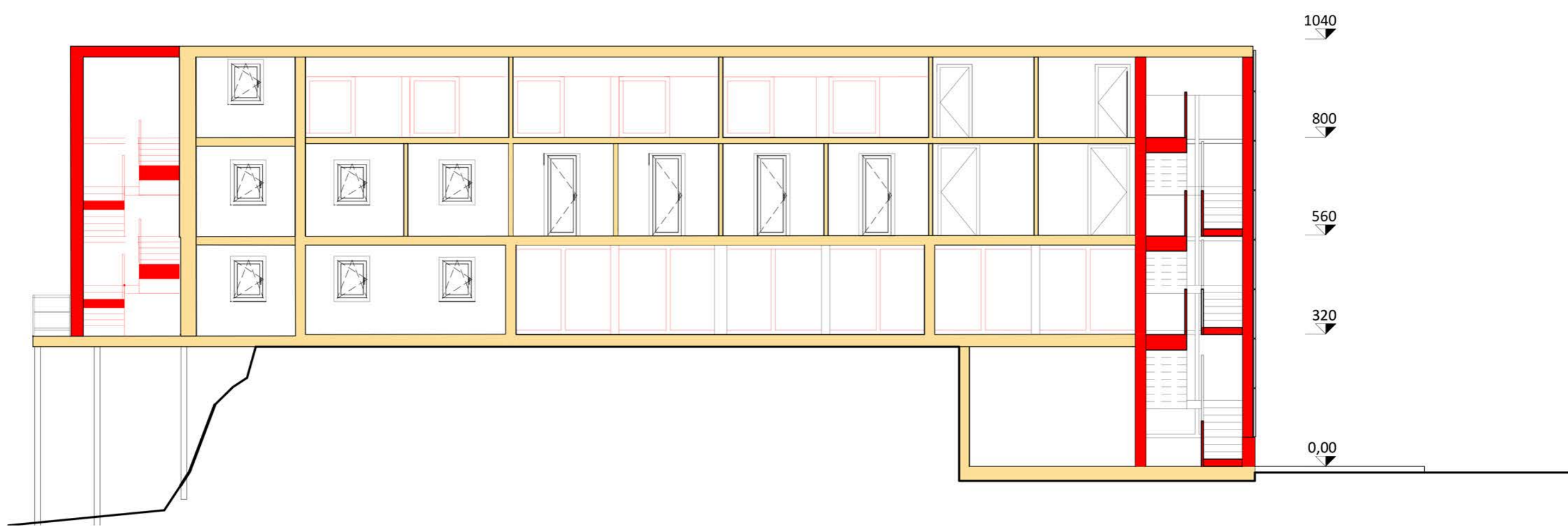


Fig. 5.25 Sezione C-C' gialli e rossi scala 1:100.



Fig. 5.26 Sezione C-C' scala 1:100.

Fig. 5.27 Render di progetto vista nord ovest.



6

Progetto Tecnologico

Questo capitolo tratta la descrizione della composizione dei vari elementi dell'edificio e le loro caratteristiche tecniche.

6.1 Requisiti tecnologici

Per la costruzione del rifugio bisogna affrontare le difficoltà dovute alle condizioni ambientali del sito di progetto e all'accessibilità all'area stessa.

Queste problematiche sono state affrontate analizzando le scelte tecnologiche più adatte al fine di limitare il numero degli approvvigionamenti e di massimizzare le prestazioni dell'involucro.

Dall'analisi dei più moderni rifugi fatta in precedenza e dal rilievo dello stato di fatto si decide di percorrere diverse strade, cercando la soluzione tecnologica con le migliori prestazioni e modalità di messa in opera.

I rifugi analizzati utilizzano principalmente tecnologie costruttive a secco basate sulla prefabbricazione degli elementi costruttivi sia in acciaio sia in legno.

Nel caso di Capanna Osservatorio Regina Margherita, lavorando su un rifugio già esistente con a base una tecnologia in legno la scelta del prefabbricato non è indicata, quindi si decide di utilizzare singoli elementi e costruire in loco.

Le stratigrafie, costituite da diversi componenti e materiali a spessore variabile, rappresentano l'insieme delle strutture che danno forma all'involucro e la sede d'interscambio tra lo spazio confinato interno e l'esterno. L'involucro ha la funzione di rapportarsi con le condizioni climatiche esterne quali freddo, caldo, umidità, precipitazioni, vento e luce. Le strutture costituenti l'involucro sono le chiusure orizzontali verso il terreno, verticali opache o trasparenti e inclinate di copertura. In relazione al soddisfacimento dei requisiti tecnici e funzionali, energetici e di comfort interno specifici delle singole strutture, l'involucro edilizio deve essere ideato in modo da:

- isolare da temperature rigide esterne e quindi ridurre la dispersione del calore prodotto dalle fonti di riscaldamento in-

terno

- isolare, smorzare, sfasare, proteggere dal calore esterno estivo

- impedire fenomeni di condensa

- impermeabilizzare dall'acqua e dalla risalita capillare provenienti dal contatto con il terreno

- convogliare, allontanare o recuperare l'acqua piovana dall'edificio

- isolare dai rumori

- proteggere l'interno dagli agenti esterni

- non emettere sostanze nocive

In relazione alla sicurezza statica l'involucro edilizio deve resistere a:

- peso proprio

- carichi verticali od orizzontali applicati

- carichi orizzontali esterni quali vento, sisma e spinta delle terre

- sovraccarichi permanenti direttamente applicati

quali finiture superficiali e carichi appesi

- sovraccarichi accidentali direttamente applicati

quali urti e spinte delle folle.

Relativamente ad eventi che possono pregiudicare

la stabilità dell'elemento costruttivo e la sicurezza

degli occupanti:

- comportamento in caso d'incendio

- resistenza alle deformazioni

- resistenza alle intrusioni

- sicurezza alle esplosioni

- sicurezza al contatto

Per ridurre l'impatto energetico e ambientale l'involucro edilizio deve prevedere l'utilizzo di materiali e componenti naturali o riciclabili, non tossici e non inquinanti. Essi devono essere composti, associati e messi in opera in modo da garantire un loro corretto funzionamento e la traspirabilità dell'involucro.

Per il soddisfacimento dei requisiti di aspetto legato alla concezione architettonica, alla scelta dei materiali e al tipo di finitura superficiale della parete è importante la regolarità e nello specifico la pla-

narità, verticalità, assenza di difetti superficiali, omogeneità di colore e brillantezza. L'involucro deve essere in grado, in condizioni di adeguata manutenzione, di sopportare le sollecitazioni cui è sottoposta senza patire degradi che ne compromettano le prestazioni o che ne pregiudichino l'aspetto.

Partendo dalla stratigrafia di base rilevata e ricostruita grazie ai dati forniti da varie fonti si cerca di elaborare una strategia tecnologica costruttiva per l'efficientamento energetico e tecnologico del rifugio. La costruzione è stata realizzata con

una struttura portante a telaio, travi e pilastri, in legno d'abete con le partizioni costruite con assi dello stesso materiale e rivestite esternamente con lastre di rame, in modo da isolare l'interno del rifugio dalle scariche atmosferiche creando una gigantesca gabbia di Faraday. La coibentazione è garantita mediante doppie pareti con le intercapedini riempite con lana di roccia e fogli di alluminio e con l'installazione di serramenti doppi.

Chiusura verticale CV01 stato di fatto

Spessore totale	0,262 m	Trasmittanza periodica Y_{ie}	0,26 W/m ² K
Massa superficiale	45,9 kg/m ²	Fattore di attenuazione	0,87
Trasmittanza U	0,30 W/m ² K	Sfasamento	3h 34'

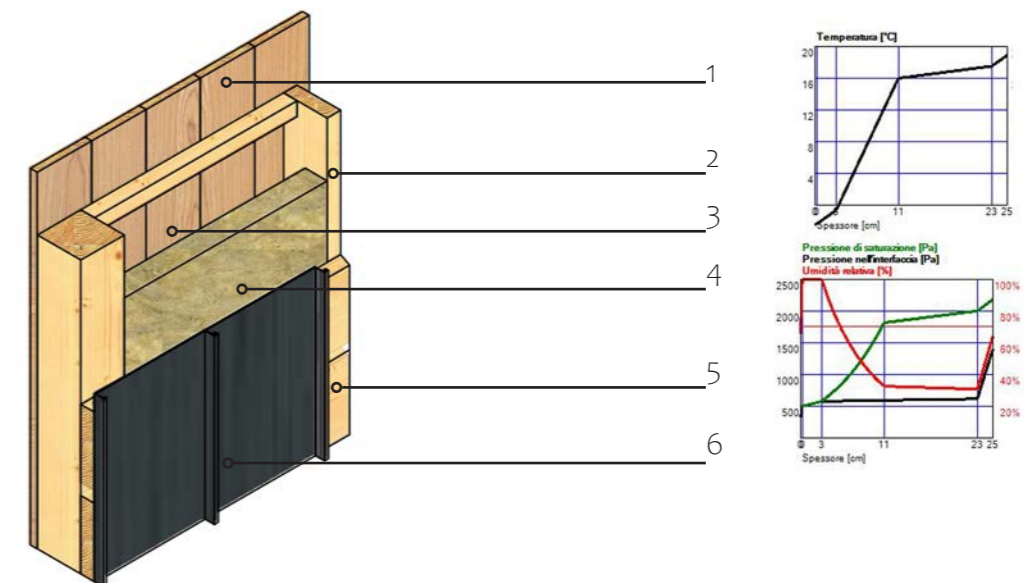


Fig. 6.1 Stratigrafia CV01 parete perimetrale stato di fatto.

- 1 Tavolato interno in legno di abete sp. 2 cm.
- 2 Struttura in legno d'abete 5x20.
- 3 Intercapedine d'aria sp.12 cm.
- 4 Pannello in lana di roccia sp 8cm.
- 5 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 6 Rivestimento esterno in Rame sp 2/10 mm.

6.2 Stratigrafie di progetto

L'obiettivo del progetto è quello di migliorare la trasmittanza delle pareti in modo tale da abbattere il consumo dell'edificio e migliorarne le performance dal punto di vista energetico, tramite l'adeguamento dei pacchetti tecnologici abbassando il valore di trasmittanza termica della parete

te esistente stimato a $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ senza considerare il degrado dei materiali. Partendo dalla stratigrafia di base delle pareti si studiano diverse soluzioni per raggiungere il risultato di trasmittanza finale della nuova struttura pari a $U \text{ } 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ valutando diversi tipi di isolanti e lavorando sia dall'esterno che dall'interno cercando

anche di migliorare lo sfasamento termico e il fattore d'attenuazione. La prima soluzione studiata è quella di aggiungere isolante al posto della camera d'aria presente nella parete originale, senza aumentare lo spessore della muratura si prova a raggiungere il risultato ma non è soddisfacente in quanto la trasmittanza

della parete risulta $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ superiore al valore che si vuole raggiungere. La seconda ipotesi è quella di aggiungere una contro parete interna, utilizzando lastre in lana di roccia per uno spessore di 15 cm raggiungiamo il valore di trasmittanza di progetto della parete, con questa soluzione il volume interno al rifugio

Chiusura verticale CV01 opzione 1

Spessore totale	0,287 m	Trasmittanza periodica Y_{ie}	0,11 $\text{W/m}^2\text{K}$
Massa superficiale	62,5 kg/m^2	Fattore di attenuazione	0,62
Trasmittanza U	0,18 $\text{W/m}^2\text{K}$	Sfasamento	7h 11'

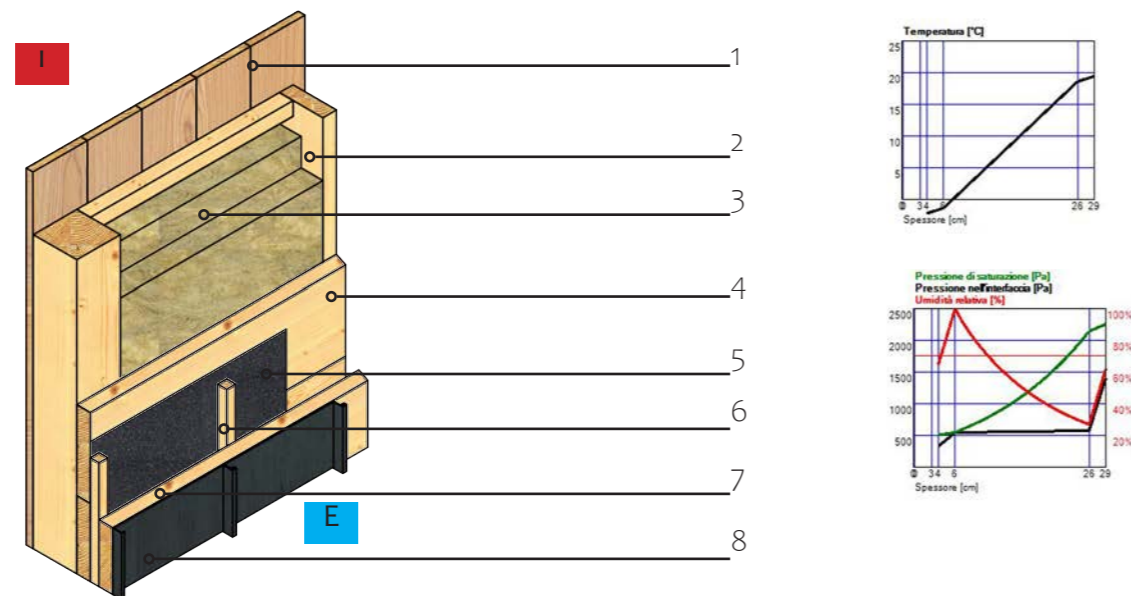


Fig. 6.2 Stratigrafia CV01 parete perimetrale opzione 1 progetto.

- 1 Tavolato costituito da perline in legno di abete di spessore 20 mm, larghezza 120-140 mm, piallate, smussate, maschiate e bisellate sulle parti in vista, posate accostate e chiodate alla struttura portante.
- 2 Struttura in legno d'abete 5x20.
- 3 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa $110[\text{kg/m}^3]$, Conduttività termica $\lambda_D \text{ } 0,035 [\text{W/mK}]$ Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale $\geq 450 [\text{N}]$ Resistenza a compressione $\geq 30 [\text{kPa}]$ sp. 20 cm.
- 4 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 5 Strato in poliestere (PET) altamente resistente con speciale rivestimento esterno in poliuretano (PU) impermeabile e traspirante. Temperatura di esercizio ($-40 \text{ }^\circ\text{C}$ to $+80 \text{ }^\circ\text{C}$), Peso ca. 200 g/m^2 sp. 4mm.
- 6 Listone in legno d'abete 3x3 cm.
- 7 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 8 Rivestimento esterno in Rame sp 2/10 mm.

Chiusura verticale CV01 opzione 2

Spessore totale	0,457 m	Trasmittanza periodica Y_{ie}	0,01 $\text{W/m}^2\text{K}$
Massa superficiale	79,8 kg/m^2	Fattore di attenuazione	0,14
Trasmittanza U	0,10 $\text{W/m}^2\text{K}$	Sfasamento	13h 25'

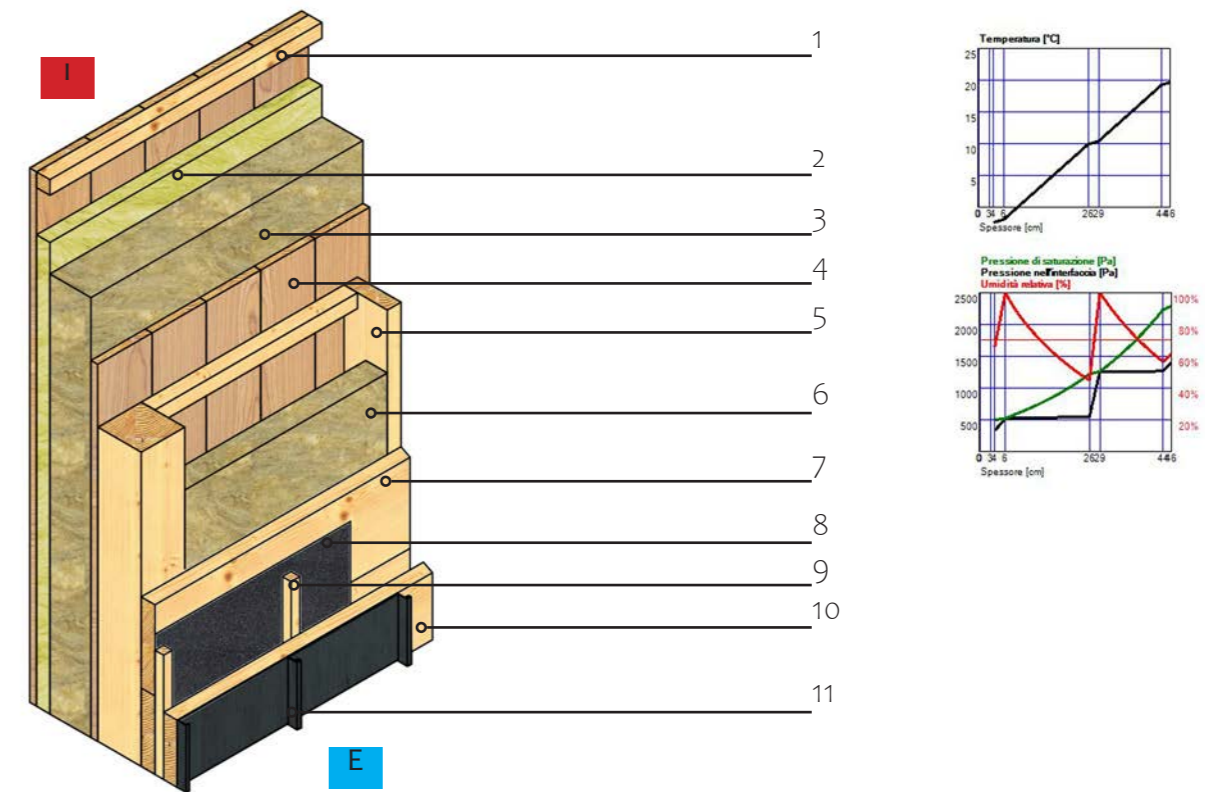


Fig. 6.3 Stratigrafia CV01 parete perimetrale opzione 2 progetto.

- 1 Tavolato costituito da perline in legno di abete di spessore 20 mm, larghezza 120-140 mm, piallate, smussate, maschiate e bisellate sulle parti in vista, posate accostate e chiodate alla struttura portante.
- 2 Isolamento termo-acustico a parete, controparete o controsoffitto in lana di vetro ($\lambda_D \text{ } 0,037 \text{ W/mK}$), sp. 5 cm.
- 3 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa $110[\text{kg/m}^3]$, Conduttività termica $\lambda_D \text{ } 0,035 [\text{W/mK}]$ Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale $\geq 450 [\text{N}]$ Resistenza a compressione $\geq 30 [\text{kPa}]$ sp.15 cm.
- 4 Tavolato interno in legno di abete sp. 2 cm.
- 5 Struttura in legno d'abete 5x20.
- 6 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa $110[\text{kg/m}^3]$, Conduttività termica $\lambda_D \text{ } 0,035 [\text{W/mK}]$ Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale $\geq 450 [\text{N}]$ Resistenza a compressione $\geq 30 [\text{kPa}]$ sp.20 cm.
- 7 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 8 Strato in poliestere (PET) altamente resistente con speciale rivestimento esterno in poliuretano (PU) impermeabile e traspirante. Temperatura di esercizio ($-40 \text{ }^\circ\text{C}$ to $+80 \text{ }^\circ\text{C}$), Peso ca. 200 g/m^2 sp. 4mm.
- 9 Listone in legno d'abete 3x3 cm.
- 10 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 11 Rivestimento esterno in Rame sp 2/10 mm.

va a diminuire, considerando i corridoi ai piani superiori lo spazio diventerebbero stretto diminuendo la superficie di passaggio. Questa soluzione non è utilizzabile. La terza scelta è quella di applicare l'isolamento in lana di roccia verso l'esterno raggiungendo l'obiettivo e senza influire sulle misure degli spazi interni. Questa

soluzione viene scartata in quanto vista la quota elevata del rifugio l'imprevedibilità del tempo e le temperature rigide anche durante l'estate si preferisce lavorare dall'interno evitando di essere vincolati alle condizioni meteorologiche. La soluzione finale al problema è quella di usare un super isolante come Actis Hybris in

Chiusura verticale CV01 opzione 4

Spessore totale	0,457 m	Trasmittanza periodica Yie	0,02 W/m²K
Massa superficiale	79,8 kg/m²	Fattore di attenuazione	0,5
Trasmittanza U	0,1 W/m²K	Sfasamento	13h 18'

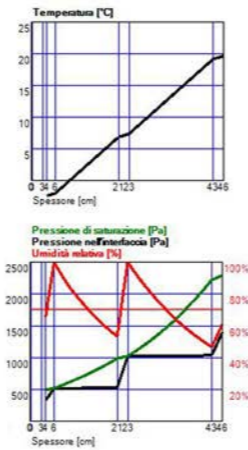
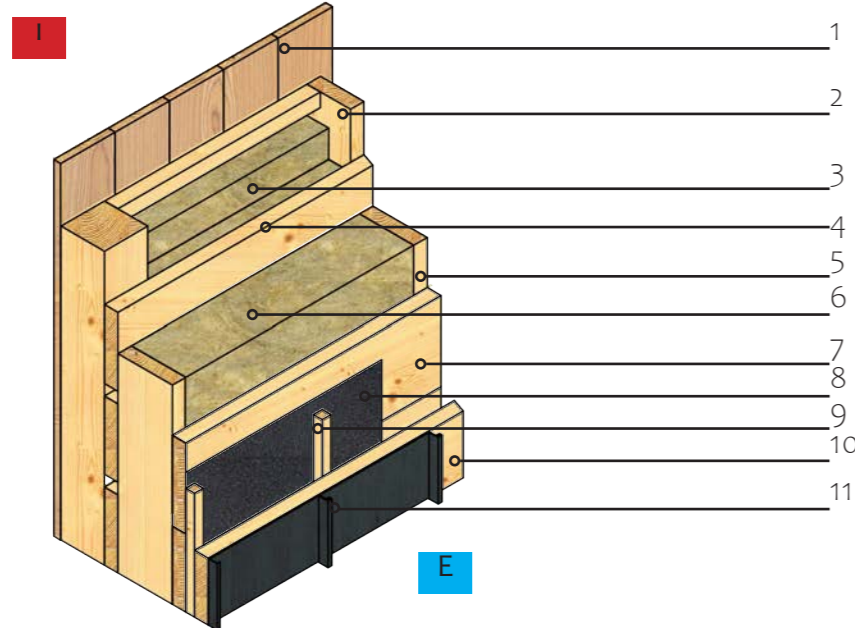


Fig. 6.4 Stratigrafia CV01 parete perimetrale opzione 3 progetto.

- 1 Tavolato costituito da perline in legno di abete di spessore 20 mm, larghezza 120-140 mm, piallate, smussate, maschiate e bisellate sulle parti in vista, posate accostate e chiodate alla struttura portante.
- 2 Struttura in legno d'abete 5x20 cm.
- 3 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa 110[kg/m³], Conduttività termica λD 0,035 [W/mK] Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale ≥450 [N] Resistenza a compressione ≥30 [kPa] sp.20 cm.
- 4 Tavolato interno in legno di abete sp. 2 cm.
- 5 Struttura in legno d'abete 5x20.
- 6 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa 110[kg/m³], Conduttività termica λD 0,035 [W/mK] Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale ≥450 [N] Resistenza a compressione ≥30 [kPa] sp.20 cm.
- 7 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 8 Strato in poliestere (PET) altamente resistente con speciale rivestimento esterno in poliuretano (PU) impermeabile e traspirante. Temperatura di esercizio (-40 °C to +80 °C), Peso ca. 200 g/m² sp. 4mm.
- 9 Listone in legno d'abete 3x3 cm.
- 10 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 11 Rivestimento esterno in Rame sp 2/10 mm.

modo tale da contenere lo spazio della contro parete e raggiungere l'obiettivo di 0,10 W/m²K come trasmittanza della parete. In tutte le soluzioni applicate abbiamo la rimozione del tavolato interno, la sostituzione della lana di roccia esistente con il successivo riempimento di tutta la cavità tra tavolato interno e tavolato esterno e la sostituzione del manto di copertura in

rame con l'aggiunta di un telo impermeabile in modo tale da evitare la marcescenza dell'assito a contatto con il rame. Dato questo tipo di analisi si decide di adottare questa stratigrafia come base dell'edificio e di utilizzarla anche per la copertura.

Chiusura verticale CV01 opzione 5

Spessore totale	0,431 m	Trasmittanza periodica Yie	0,02 W/m²K
Massa superficiale	74,4 kg/m²	Fattore di attenuazione	0,15
Trasmittanza U	0,1 W/m²K	Sfasamento	12h 21'

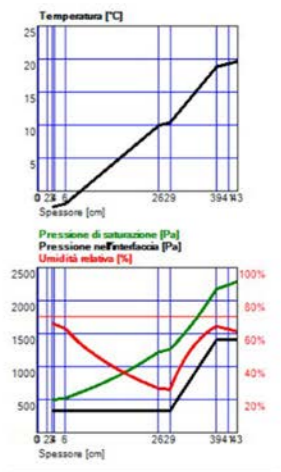
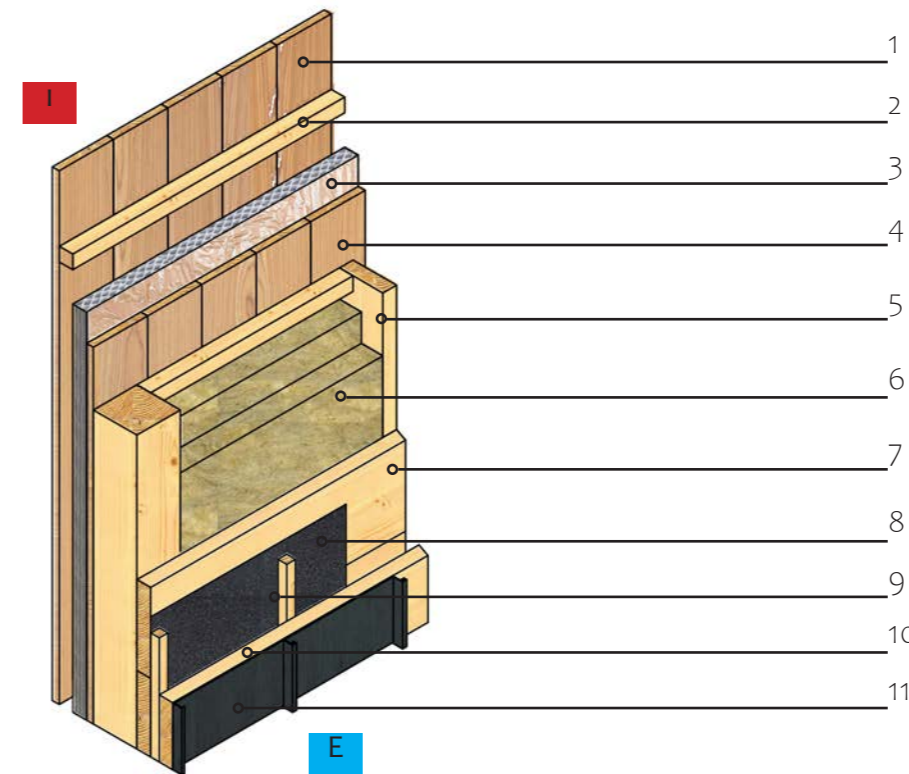


Fig. 6.5 Stratigrafia CV01 parete perimetrale opzione 4 progetto.

- 1 Tavolato costituito da perline in legno di abete di spessore 20 mm, larghezza 120-140 mm, piallate, smussate, maschiate e bisellate sulle parti in vista, posate accostate e chiodate alla struttura portante.
- 2 Struttura in legno d'abete 3x3 cm.
- 3 Strato di isolamento con actis Hybris conducibilità termica λD = 0,033 W/m.K, massa 9,5 +/- 1 kg/m³ resistenza termica dichiarata RD Da 1,20 a 4,20 m².K/W, capacità termica di massa (Cp) 2.300 J/kg.K, tenuta all'acqua Impermeabile, proprietà di trasmissione del vapore acqueo Sd > 90 m, permeabilità all'aria Ermetico all'aria, sp. 7,5 cm.
- 4 Tavolato in legno di abete sp. 2 cm.
- 5 Struttura in legno d'abete 5x20.
- 6 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa 110[kg/m³], Conduttività termica λD 0,035 [W/mK] Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale ≥450 [N] Resistenza a compressione ≥30 [kPa] sp.20 cm.
- 7 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 8 Strato in poliestere (PET) altamente resistente con speciale rivestimento esterno in poliuretano (PU) impermeabile e traspirante. Temperatura di esercizio (-40 °C to +80 °C), Peso ca. 200 g/m² sp. 4mm.
- 9 Listone in legno d'abete 3x3 cm.
- 10 Tavolato in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 11 Rivestimento esterno in Rame sp 2/10 mm.

Chiusura orizzontale controterra CO01

Spessore totale	0,400 m	Trasmittanza periodica Yie	0,15 W/m ² K
Massa superficiale	32,2 kg/m ²	Fattore di attenuazione	0,81
Trasmittanza U	0,20 W/m ² K	Sfasamento	3h 43'

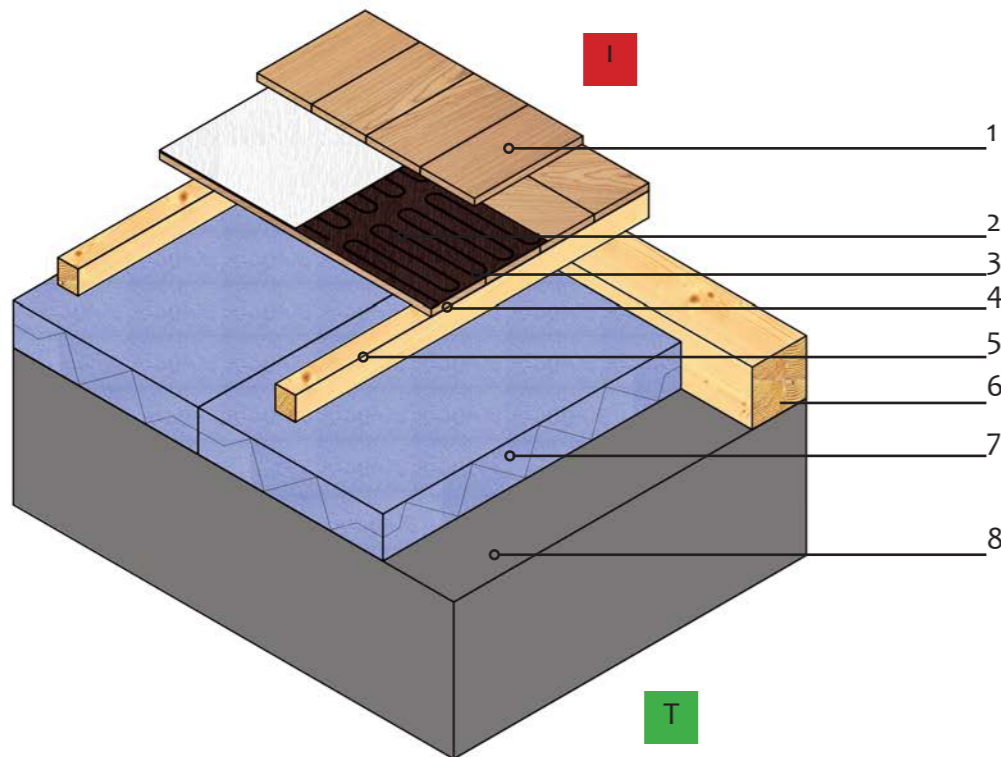
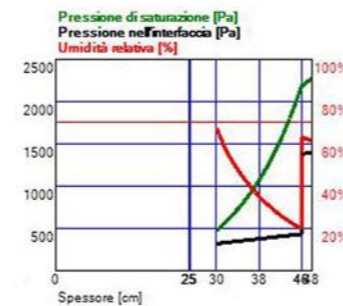
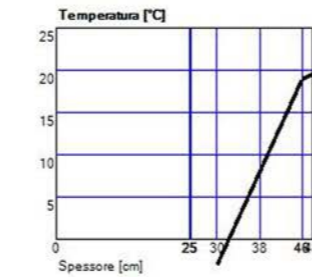


Fig. 6.6 Stratigrafia CO01.



- 1 Pavimento assito in legno di abete sp 2 cm.
- 2 Riscaldamento a pavimento elettrico tipo "EPM Warmfloor" sp 0,8cm.
- 3 Materassino in gomma e sugherofonoisolante in teli da applicare prima della posa di pavimenti in ceramica, materiale lapideo, resilienti e legno multistrato. Spessore: 2 mm, 4 mm, densità (kg/m³): 700, resistenza a trazione EN ISO 1798 (N/mm²): 0,6, allungamento a rottura EN ISO 1798 (%): 20, riduzione del rumore da calpestio EN ISO 140-8: 10 dB.
- 4 Pavimento assito in legno di abete sp 2.5 cm.
- 5 Travetti in legno d'abete 12x17 cm.
- 6 Trave principale in legno d'abete.
- 7 Isolante termico in polistirene estruso tipo "X-FOAM® HBT 700" resistenza alla compressione ≥ 700 kPa, larghezza pari a 60 cm, lunghezza 125 cm e spessore di 15 cm. EUROCLASSE E. λ 0,035 W/mK, ρ kg/m³.
- 8 Terreno.

Chiusura orizzontale copertura CO2

Spessore totale	0,469 m	Trasmittanza periodica Yie	0,01 W/m ² K
Massa superficiale	110,6 kg/m ²	Fattore di attenuazione	0,07
Trasmittanza	U 0,10 W/m ² K	Sfasamento	15h 41'

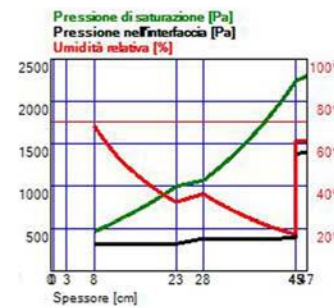
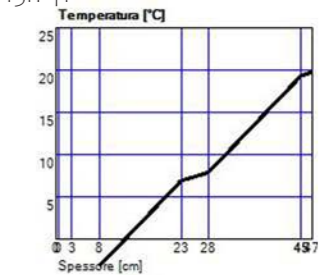
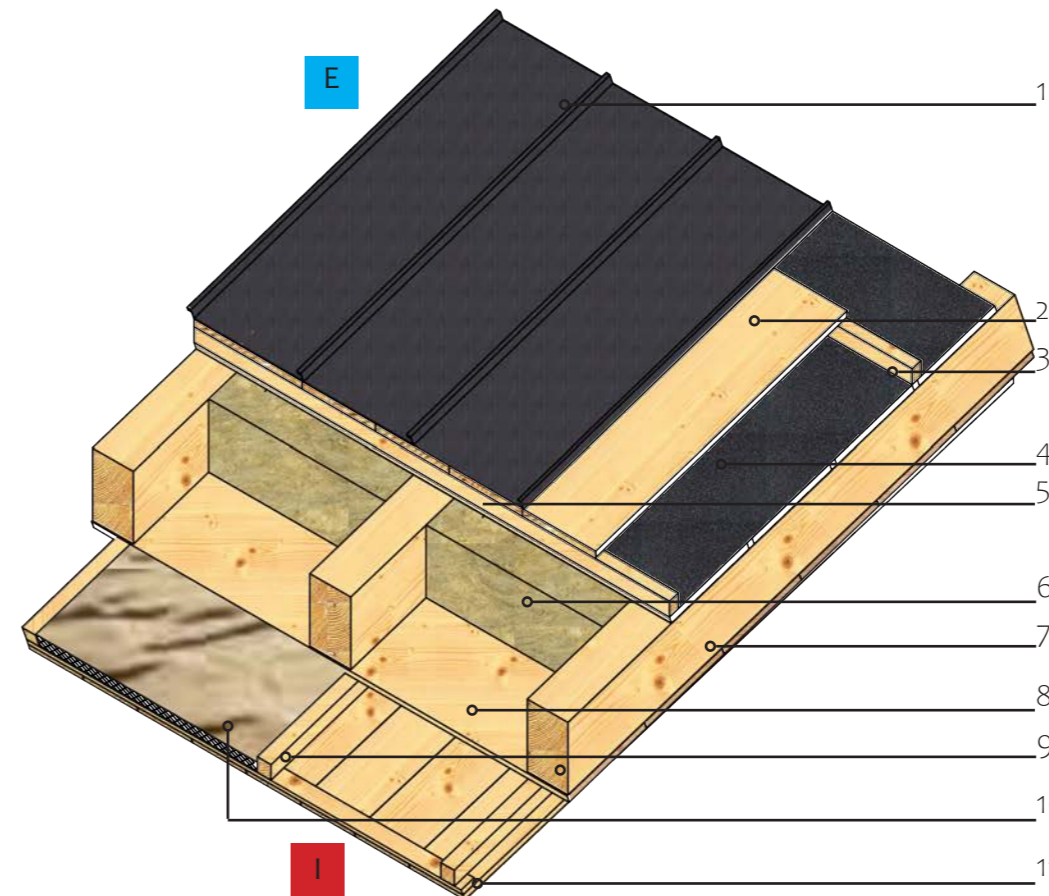


Fig. 6.7 Stratigrafia CO02.

- 1 Manto di copertura realizzato in rame doppia aggraffatura, spessore 0,06 cm, passo aggraffatura 40 cm.
- 2 Assito in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 3 Listone in legno d'abete 3x3 cm.
- 4 Strato in poliestere (PET) altamente resistente con speciale rivestimento esterno in poliuretano (PU) impermeabile e traspirante. Temperatura di esercizio (-40 °C to +80 °C), Peso ca. 200 g/m² sp. 4mm.
- 5 Assito in legno d'abete sp. 2.5 cm.
- 6 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa 110[kg/m³], Conduttività termica λD 0,035 [W/mK] Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale ≥450 [N] Resistenza a compressione ≥30 [kPa] sp 15 cm.
- 7 Travetti in legno d'abete 12x24 cm.
- 8 Assito in legno d'abete sp 2,5 cm.
- 9 Listone in legno d'abete 3x3 cm.
- 10 Strato di isolamento con actis Hybris conducibilità termica λD = 0,033 W/m.K, massa 9,5 +/- 1 kg/m³ resistenza termica dichiarata RD Da 1,20 a 4,20 m².K/W, capacità termica di massa (Cp) 2.300 J/kg.K, tenuta all'acqua Impermeabile, proprietà di trasmissione del vapore acqueo Sd > 90 m, permeabilità all'aria Ermetico all'aria, sp. 7,5 cm.
- 11 Assito in legno d'abete sp. 2cm.

Partizione orizzontale interpiano PO01

Spessore totale 0,420 m Massa superficiale 55 kg/m²

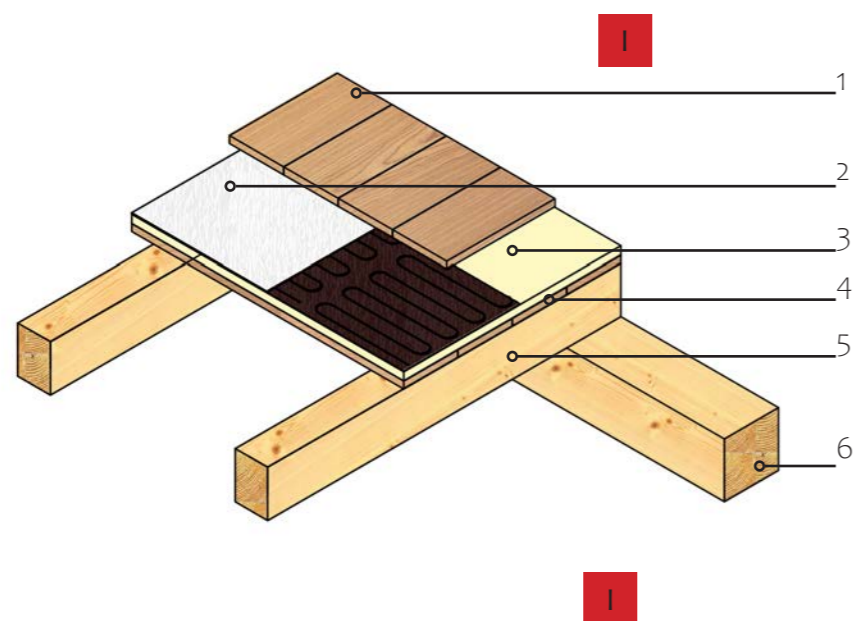


Fig. 6.8 Stratigrafia P001.

- 1 Pavimento assito in legno di abete sp 2 cm.
- 2 Riscaldamento a pavimento elettrico tipo "EPM Warmfloor" sp 0,8cm.
- 3 Materassino in gomma e sughero fonoisolante in teli da applicare prima della posa di pavimenti in ceramica, materiale lapideo, resilienti e legno multistrato. Spessore: 2 mm, 4 mm, densità (kg/m³): 700, resistenza a trazione EN ISO 1798 (N/mm²): 0,6, allungamento a rottura EN ISO 1798 (%): 20, riduzione del rumore da calpestio EN ISO 140-8: 10 dB.
- 4 Pavimento assito in legno di abete sp 2 cm.
- 5 Travetti in legno d'abete 12x17 cm.
- 6 Trave principale in legno d'abete.

Partizione verticale interna PV01

Spessore totale 0,120 m Massa superficiale 38 kg/m²

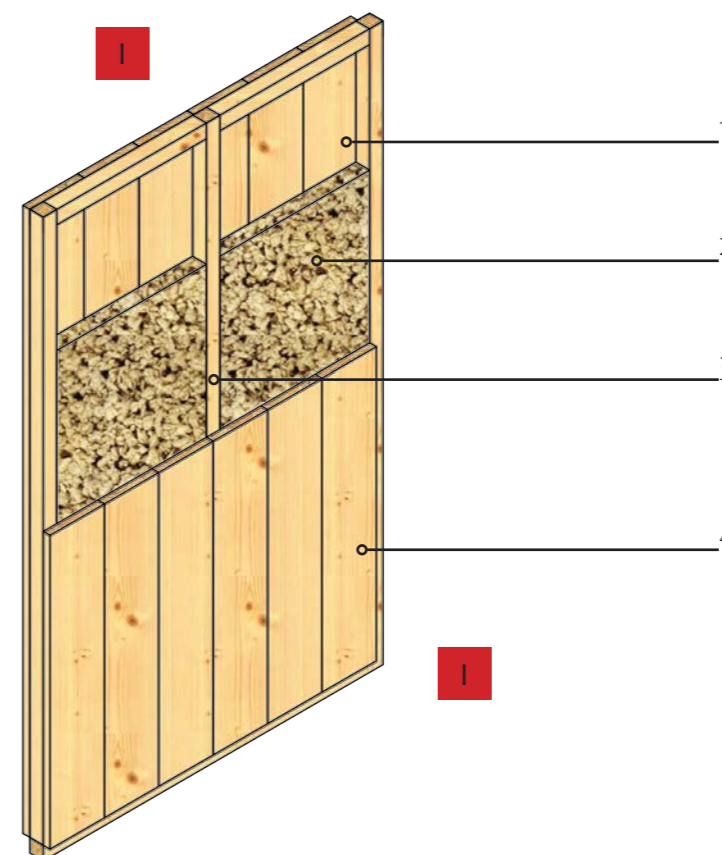


Fig. 6.9 Stratigrafia Pv01.

- 1 Tavolato costituito da perline in legno di abete di spessore 20 mm, larghezza 120-140 mm, piallate, smussate, maschiate e bisellate sulle parti in vista, posate accostate e chiodate alla struttura portante.
- 2 Isolamento acustico in lana di vetro reazione al fuoco Euroclasse F; conduttività termica λ_D 0,039 W/mK, calore specifico di 1030 J/kgK sp. 10 cm.
- 3 Sottostruttura in legno d'abete 5x10 cm.
- 4 Tavolato costituito da perline in legno di abete di spessore 20 mm, larghezza 120-140 mm, piallate, smussate, maschiate e bisellate sulle parti in vista, posate accostate e chiodate alla struttura portante.

6.3 Nodi tecnologici

Il particolare costruttivo rappresenta l'essenza di un elemento, di una sua parte e di una connessione di elementi di una costruzione. È la rappresentazione il più delle volte tecnico-grafica, ma può esserne anche la configurazione fisica e visibile posta in opera. Lo studio dei nodi costruttivi ha un ruolo centrale nella progettazione, finalizzata alla limitazione delle varianti in corso d'opera e strumento per aumentare la qualità del costruito.

È importante studiare l'edificio in ogni dettaglio ad un livello di definizione tale da consentire che ogni elemento sia identificabile in forma, tipologia, qualità e dimensioni. Ciò diviene importante considerando lo sviluppo di soluzioni altamente tecnologiche, la cui messa in opera non può essere affidata alla capacità ed espe-

rienza degli operatori sul cantiere. Le prestazioni richieste ai componenti edilizi, specialmente quelli appartenenti all'involucro, sono sempre maggiori e sempre più complesso il loro controllo in fase di progetto. Tale controllo si deve estendere alle connessioni tra componenti differenti poiché spesso è proprio la connessione il punto debole dal punto di vista prestazionale. Il modo corretto per controllare le prestazioni delle connessioni e assicurarne la corretta realizzazione nella successiva fase esecutiva è quello di disegnarle con una elevata scala di dettaglio al fine di evidenziare tutte le criticità.

Il progettista riunisce tutte le informazioni che acquisisce dagli specialisti e le trasforma in un linguaggio, il disegno, comprensibile da chi poi sarà chiamato a realizzare quanto progettato. Il problema dei ponti

termici I nodi costruttivi sono generalmente elementi di discontinuità nei materiali o di forma che possono causare un'anomalia termica denominata ponte termico.

Un dettaglio non correttamente progettato o eseguito può comportare uno scambio termico maggiore tra interno ed esterno ed un abbassamento della temperatura superficiale interna con conseguente possibile formazione di condensa superficiale e di muffe.

I ponti termici si hanno in corrispondenza di nodi strutturali e tecnologici, dove il flusso termico non è ortogonale alla superficie di scambio e accade che, all'interno di ciascuno strato di materiale omogeneo, le isoterme relative al campo di temperatura non risultano più parallele alle superfici delimitanti la struttura.

Si ha un ponte termico di forma in corri-

spondenza di quei punti in cui la disomogeneità deriva dalla disposizione geometrica come negli angoli di pareti perimetrali e nei giunti a T tra una partizione e un muro perimetrale.

Si ha un ponte termico di struttura nei punti dell'edificio in cui si verifica l'accostamento di strutture diverse per materiali come per esempio nelle zone di inserimento di travi in ferro in strutture murarie. I nodi verticali principali studiati sono:

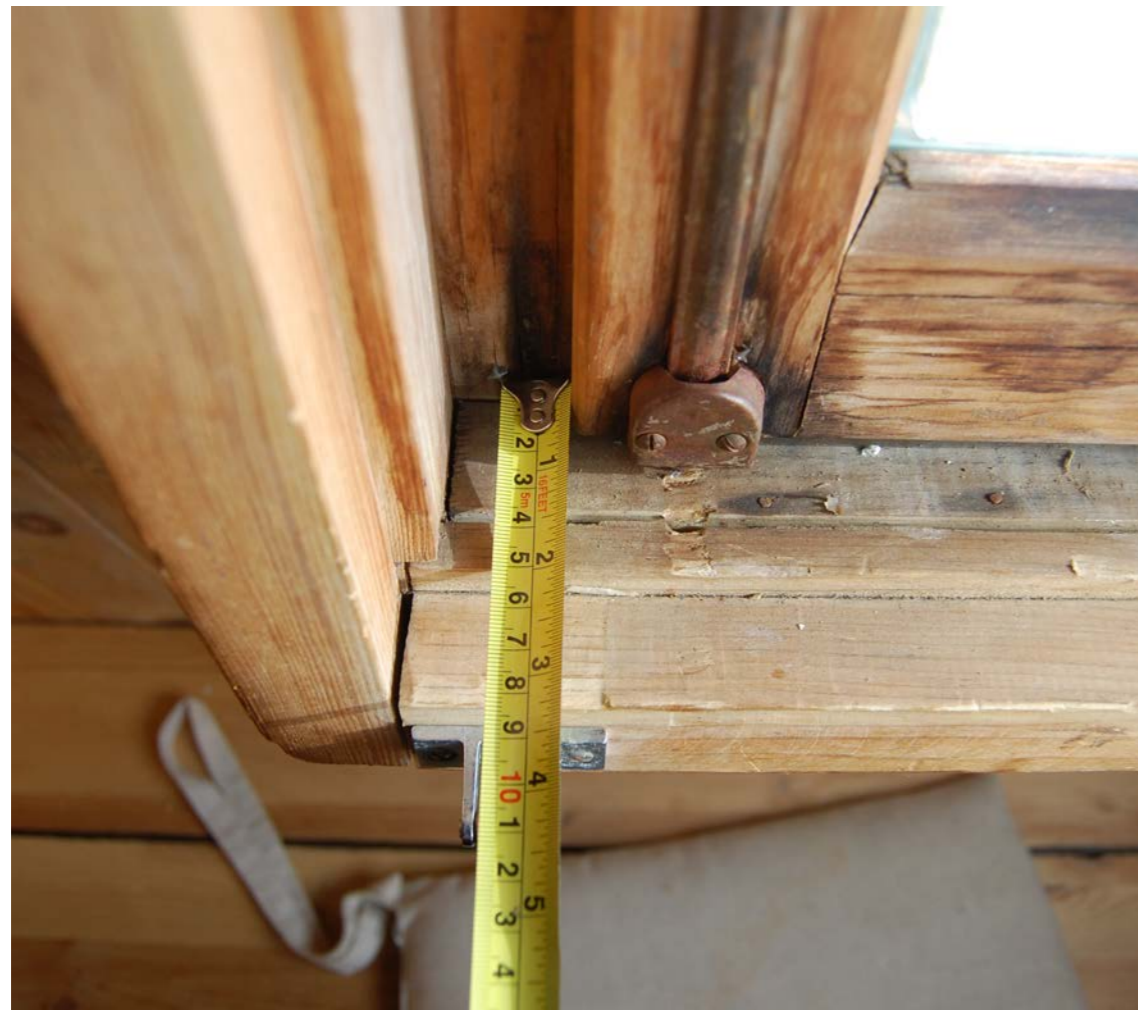


Fig. 6.10 Fotografia particolare costruttivo finestra esistente.



Fig. 6.11 Fotografia particolare costruttivo trave primaria travetti secondarie scala.

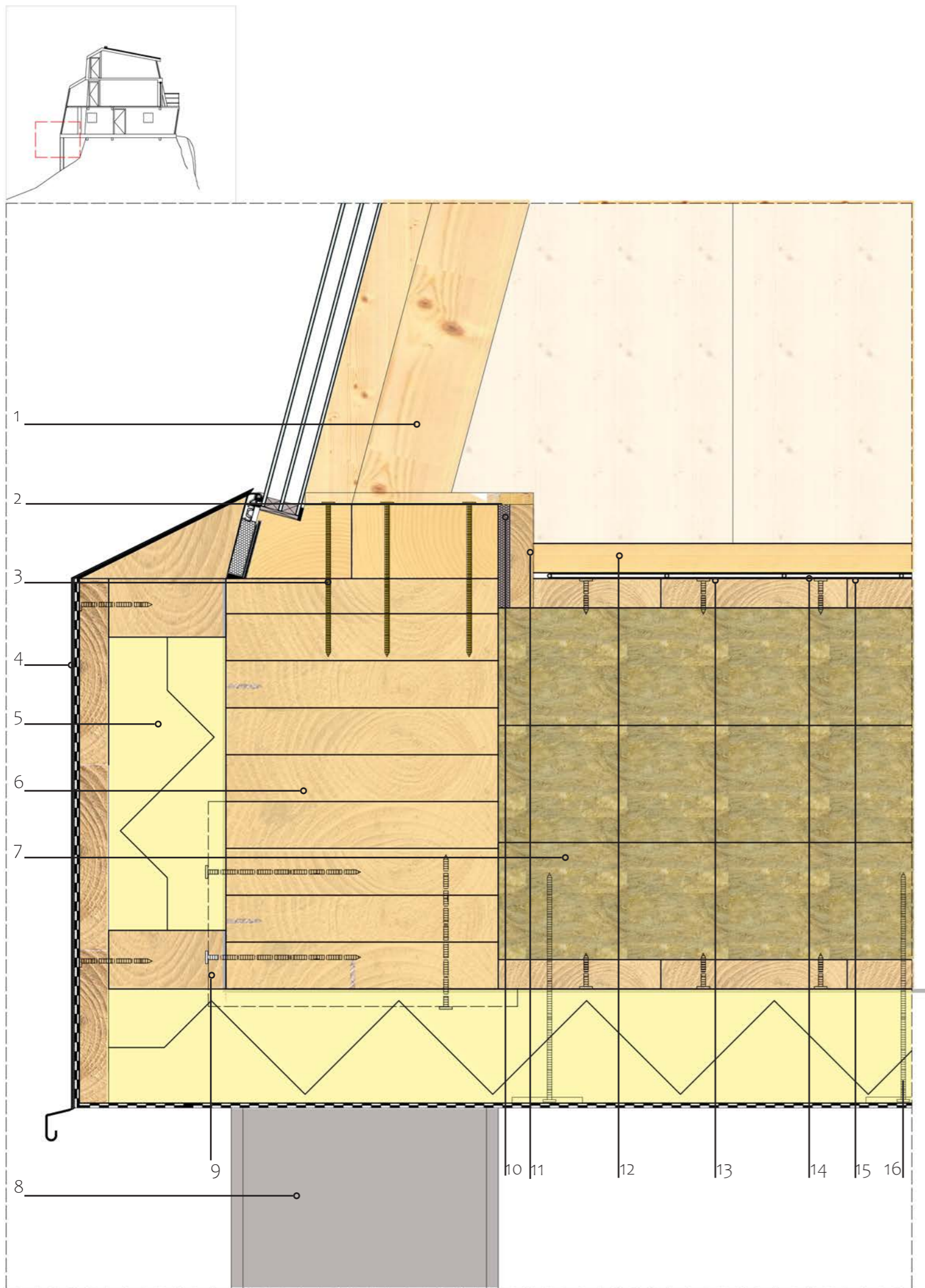
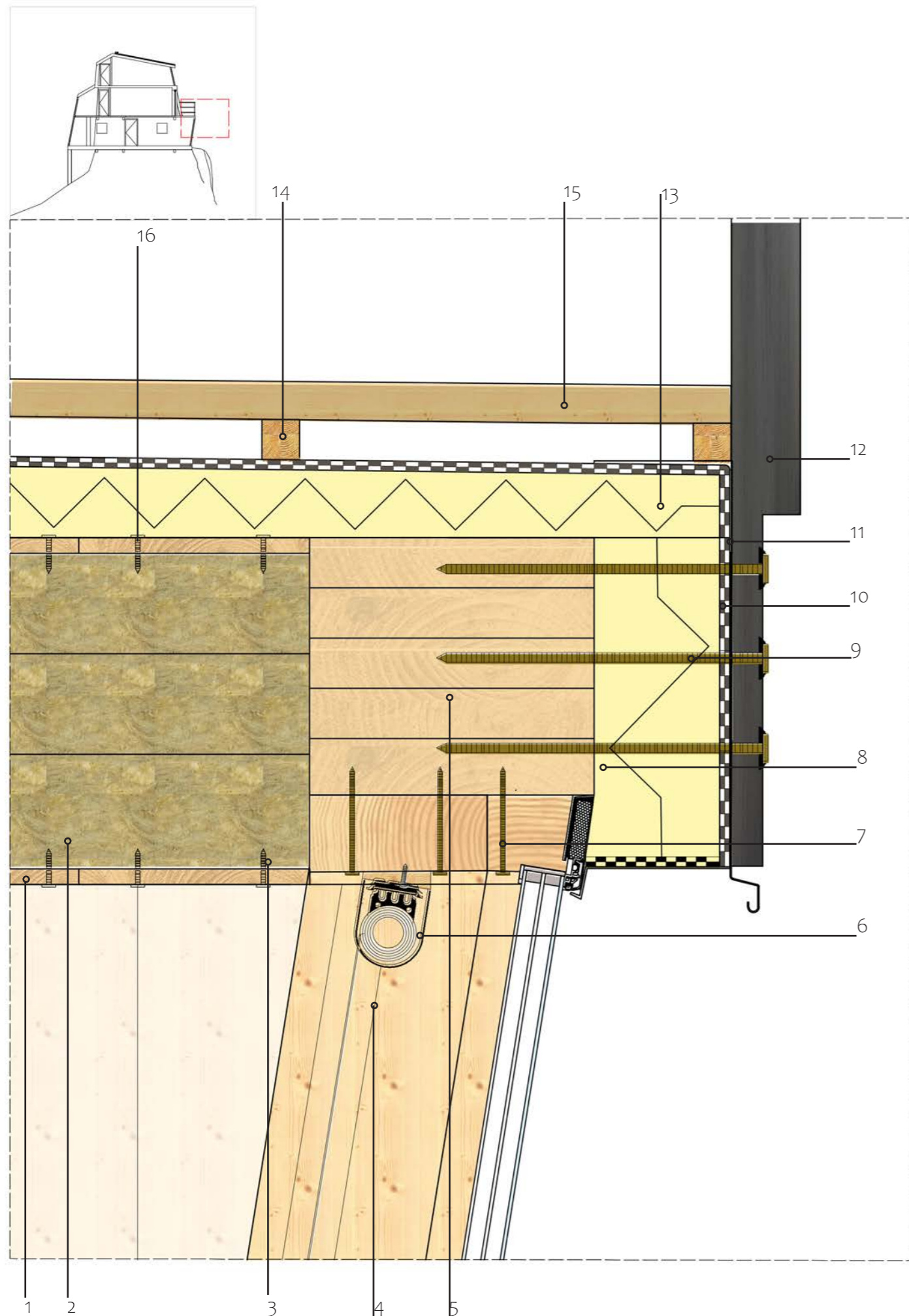


Fig. 6.12 Nodo verticale 01 scala 1:10.

Nodo 01: intersezione tra pavimento piano terra e facciata vetrata continua in legno-alluminio. Questa situazione viene progettata per l'inserimento dei nuovi spazi al piano terra ed è ottimale in quan-

to racchiude la soluzione a ponte termico e alla tenuta all'acqua risolti con l'aggiunta di un isolante esterno in polistirene estruso resistente all'acqua rivestito con una scossalina in rame.

- 1 Serramento in legno-alluminio decorato legno, con certificazione CE, sezione 68+19x90 mm. Legno lamellare di pino, rivestimento in alluminio esterno spessore mm19 saldato e fissato all'anta mediante apposite clips. Compresa di ferramenta AGB, cardini regolabili, tre guarnizioni. Compresa di doppio vetro camera basso emissivo, Ug 1,0 Uw serramento < 1,30 W/m²K.
- 2 Corpifilo in legno d'abete sp.1,5cm, densità 500 Kg/m³.
- 3 Vite per serramenti in acciaio zincato giallo, diametro nominale 10 mm, lunghezza 120 mm.
- 4 Rivestimento esterno in rame sp. 8/10 mm.
- 5 Isolamento termico ottenuto mediante posa in opera di pannello in Polistirene Espanso Estruso XPS tipo monostrato, conduttività termica $\lambda_D = 0,033 \pm 0,036$ W/mK secondo lo spessore, reazione al fuoco in Classe E secondo UNI EN 13501-1 E UNI EN ISO 11925-2, resistenza a compressione al 10% di deformazione ≥ 250 KPa o ≥ 300 KPa in funzione dello spessore, secondo UNI EN 826. Assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo < 0,7% secondo UNI EN 12087 sp. 10 cm.
- 6 trave in legno lamellare di abete GL30, proveniente da gestione forestale sostenibile (GFS) costituita da lamelle in legno di spessore variabile 33-40 mm classe C24-C32 incollate con resine, piallate, smussate sugli spigoli ed impregnate con due mani date a pennello od a spruzzo di impregnante idrorepellente fungo-battericida conforme.
- 7 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa 110[kg/m³], Conduttività termica $\lambda_D 0,035$ [W/mK] Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale ≥ 450 [N] Resistenza a compressione ≥ 30 [kPa] sp 15 cm.
- 8 Struttura portante fuori terra realizzate in acciaio strutturale S235 a profili commerciali HEA 220. Connessioni, ancoraggi e giunzioni fra profili, realizzate con sistema a piastra in acciaio s 235 e viti per legno 12x250 mm.
- 9 Travetto in legno d'abete 5x10 cm per sostegno assito.
- 10 Striscia adesiva in polietilene per riscaldamento a pavimento e dilatazione pavimenti sp.10mm.
- 11 Zoccolino in legno d'abete spessore 1,5 cm lunghezza 4 m.
- 12 Pavimento flottante in legno di ciliegio da 22 mm a coste perfettamente parallele, con superficie superiore piallata.
- 13 Riscaldamento a pavimento elettrico tipo "EPM Warmfloor" sp 0,8cm.
- 14 Materassino in gomma e sughero fonoisolante in teli da applicare prima della posa di pavimenti in ceramica, materiale lapideo, resilienti e legno multistrato. Spessore: 2 mm, 4 mm, densità (kg/m³): 700, resistenza a trazione EN ISO 1798 (N/mm²): 0,6, allungamento a rottura EN ISO 1798 (%): 20, riduzione del rumore da calpestio EN ISO 140-8: 10 dB.
- 15 Pavimento assito in legno di abete sp 2.5 cm.
- 16 Tassello fissaggio isolamento.

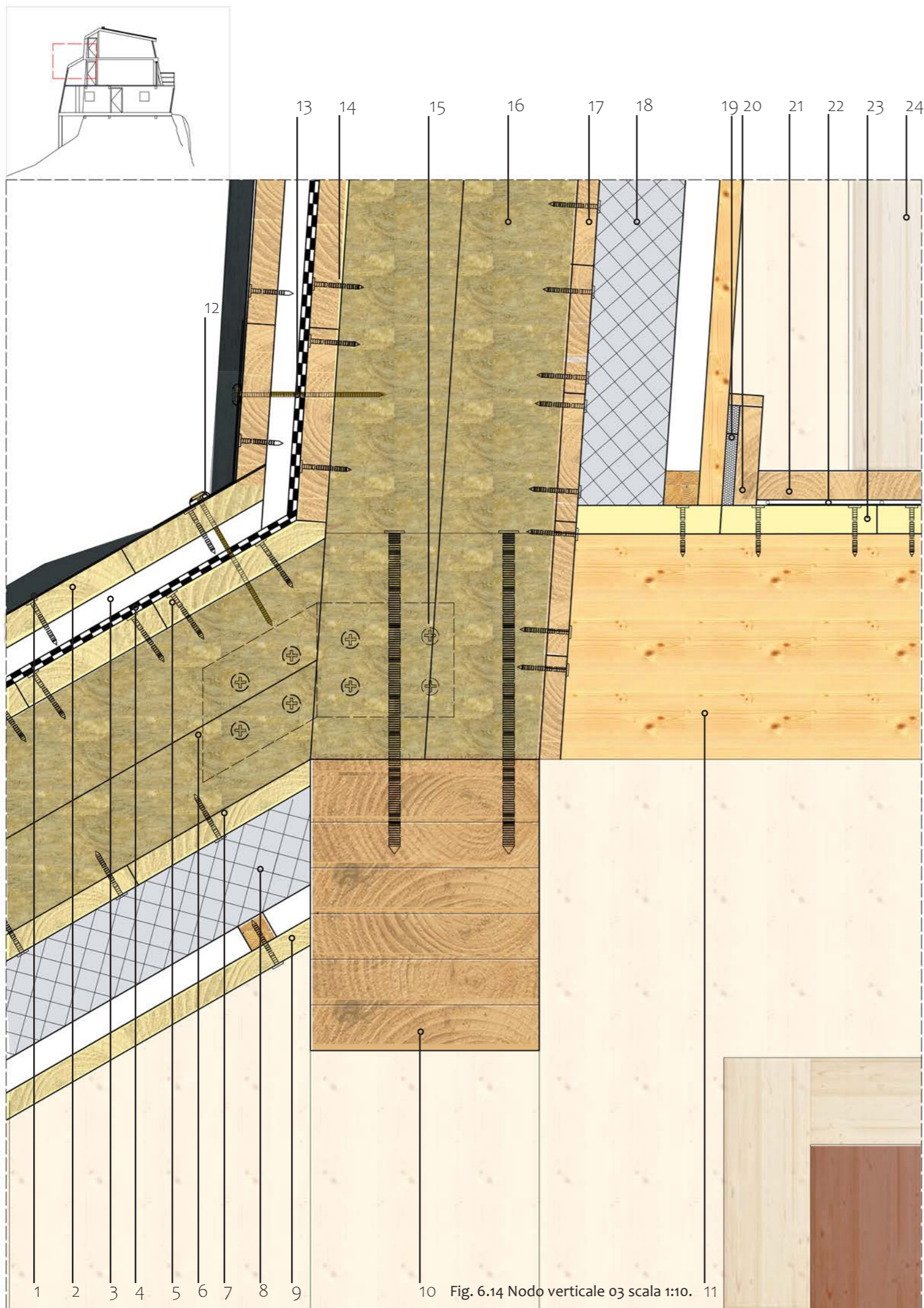


Nodo 02: intersezione tra balcone esterno e facciata vetrata continua in legno alluminio, la problematica principale è quella dell'impermeabilizzazione risolta con l'utilizzo di una membrana in poliestere su un pannello in poliuretano già penden-

ziato in modo tale da incanalare l'acqua verso valle. L'inserimento di un sistema di oscuramento da utilizzarsi nelle prime ore del giorno e verso sera è assicurato da un sistema di tende a scorrimento che seguono l'inclinazione del serramento.

- 1 Controsoffitto con assito in legno di abete sp 2.5 cm ,densità 500 Kg/m³.
- 2 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa 110[kg/m³] , Conduttività termica λ_D 0,035 [W/mK] Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale ≥ 450 [N] Resistenza a compressione ≥ 30 [kPa] sp 10 cm.
- 3 Vite per fissaggio assito in legno 6x40mm
- 4 Serramento in legno-alluminio decorato legno, con certificazione CE, sezione 68+19x90 mm. Legno lamellare di pino, rivestimento in alluminio esterno spessore mm19 saldato e fissato all'anta mediante apposite clips. Compresa di ferramenta AGB, cardini regolabili, tre guarnizioni. Compresa di doppio vetro camera basso emissivo, Ug 1,0 Uw serramento < 1,30 W/m²K.
- 5 Trave in legno lamellare di abete GL24, proveniente da gestione forestale sostenibile (GFS) costituita da lamelle in legno di spessore variabile 33-40 mm classe C24-C27 incollate con resine , piallate, smussate sugli spigoli ed impregnate con due mani date a pennello od a spruzzo di impregnante idrorepellente fungo-battericida conforme 22x20 cm.
- 6 Fornitura e posa in opera di tende in Poliestere ignifugo classe 1 , peso 260 g/m², colore bianco con increspatura del 10% e binario in alluminio verniciato nero a carrello con tiraggio a mano.
- 7 Vite per serramenti in acciaio zincato giallo, diametro nominale 10 mm, lunghezza 120 mm.
- 8 Isolamento termico ottenuto mediante posa in opera di pannello in Polistirene Espanso Estruso XPS tipo monostrato, conduttività termica $\lambda_D = 0,033 \pm 0,036$ W/mK secondo lo spessore, reazione al fuoco in Classe E secondo UNI EN 13501-1 E UNI EN ISO 11925-2, resistenza a compressione al 10% di deformazione ≥ 250 KPa o ≥ 300 KPa in funzione dello spessore, secondo UNI EN 826. Assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo <0,7% secondo UNI EN 12087 sp. 10 cm.
- 9 Vite fissaggio barriera di protezione esterna diametro M20 lunghezza 240 mm.
- 10 Strato in poliestere (PET) altamente resistente con speciale rivestimento esterno in poliuretano (PU) impermeabile e traspirante. Temperatura di esercizio (-40 °C to +80 °C),Peso ca. 200 g/m² sp. 4mm.
- 11 Rivestimento esterno in rame sp. 8/10 mm.
- 12 Barriera di protezione esterna in Alluminio nero.
- 13 Isolamento termico ottenuto mediante posa in opera di pannello in Polistirene Espanso Estruso XPS tipo monostrato con pendenza, conduttività termica $\lambda_D = 0,033 \pm 0,036$ W/mK secondo lo spessore, reazione al fuoco in Classe E secondo UNI EN 13501-1 E UNI EN ISO 11925-2, resistenza a compressione al 10% di deformazione ≥ 250 KPa o ≥ 300 KPa in funzione dello spessore, secondo UNI EN 826. Assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo <0,7% secondo UNI EN 12087 sp. 7-10cm.
- 14 Listone in legno d'abete 3x3 cm, densità 500 Kg/m³.
- 15 Pavimentazione esterna in legno in farssino termotrattato sp. 3cm.
- 16 Viti in acciaio per legno 6 x40mm.

Fig. 6.13 Nodo verticale 02 scala 1:10.

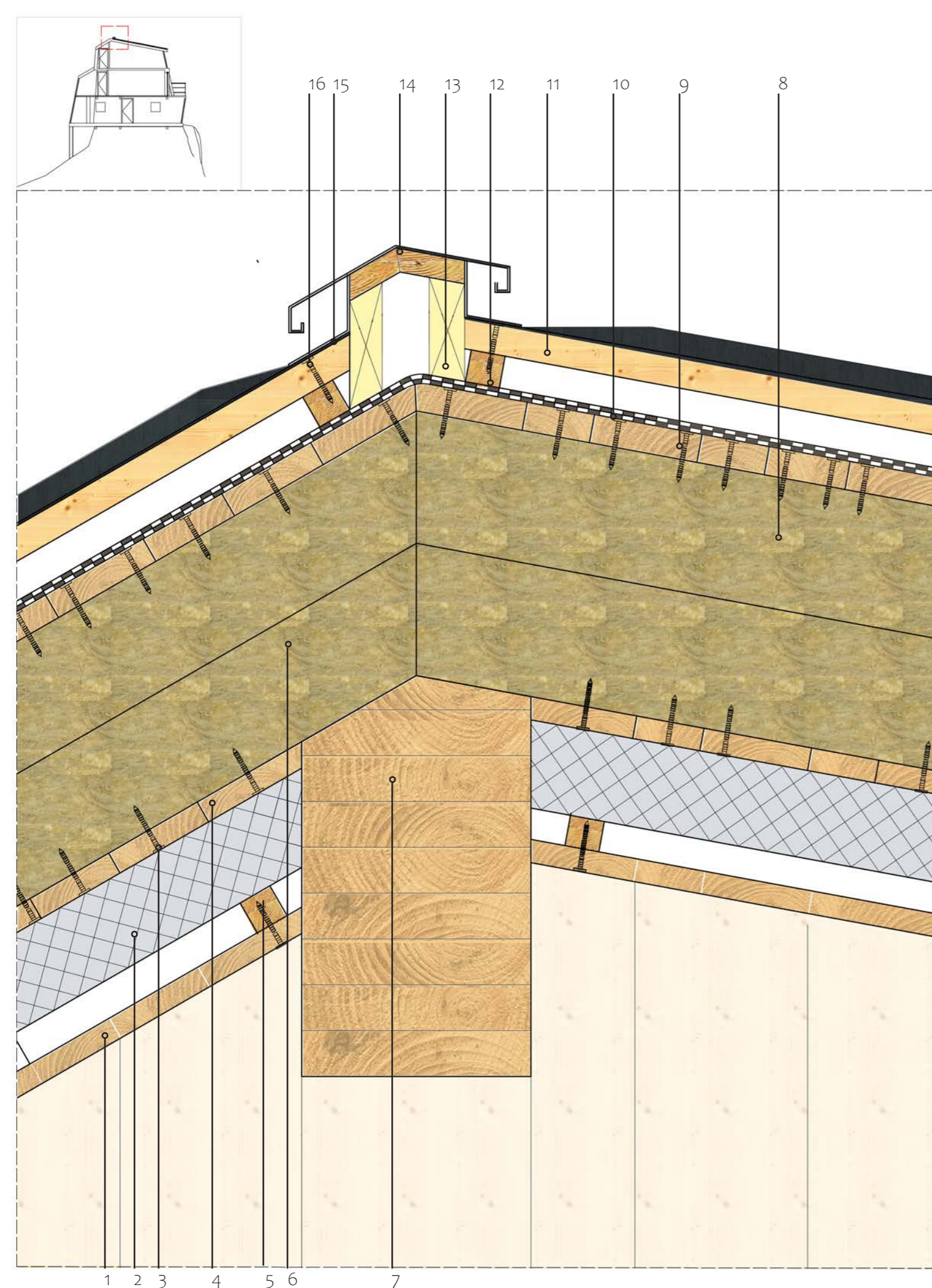


Nodo 03: intersezione tra parete inclinata e nuova copertura zona nord-ovest, L'isolamento è garantito dai multistrati di isolante contenuti nei pacchetti perimetrali. La problematica principale di questa inter-

sezione è la tenuta all'acqua garantita con la sovrapposizione delle membrane isolanti e l'aggiunta di una scossalina in rame di raccordo tra i due manti di copertura.

- 1 Manto di copertura realizzato in rame doppia aggraffatura, spessore 8/10 mm, passo aggraffatura 40 cm.
- 2 Assito in legno di abete sp 2.5 cm ,densità 500 Kg/m³.
- 3 Listoni in legno di abete 3x3 cm.
- 4 Strato in poliestere (PET) altamente resistente con speciale rivestimento esterno in poliuretano (PU) impermeabile e traspirante. Temperatura di esercizio (-40 °C to +80 °C),Peso ca. 200 g/m² sp. 4mm.
- 5 Assito in legno di abete sp 2.5 cm.
- 6 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa 110[kg/m³] , Conduttività termica λD 0,035 [W/mK] Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale ≥ 450 [N] Resistenza a compressione ≥ 30 [kPa] sp 20 cm.
- 7 Assito in legno di abete sp 2.5 cm ,densità 500 Kg/m³.
- 8 Strato di isolamento con actis Hybris conducibilità termica $\lambda D = 0,033$ W/m.K, massa 9,5 +/- 1 kg/m³ resistenza termica dichiarata RD Da 1,20 a 4,20 m².K/W, capacità termica di massa (Cp) 2.300 J/kg.K, tenuta all'acqua Impermeabile, proprietà di trasmissione del vapore acqueo Sd > 90 m, permeabilità all'aria Ermetico all'aria, sp. 7,5 cm.
- 9 Controsoffitto con assito in legno di abete sp 2.5 cm.
- 10 Trave in legno lamellare di abete GL30, proveniente da gestione forestale sostenibile (GFS) costituita da lamelle in legno di spessore variabile 33-40 mm classe C28-C35 incollate con resine , piallate, smussate sugli spigoli ed impregnate con due mani date a pennello od a spruzzo di impregnante idrorepellente fungo-battericida conforme 20x25 cm.
- 11 Trave in legno lamellare di abete GL30, proveniente da gestione forestale sostenibile (GFS) costituita da lamelle in legno di spessore variabile 33-40 mm classe C25-C35 incollate con resine , piallate, smussate sugli spigoli ed impregnate con due mani date a pennello od a spruzzo di impregnante idrorepellente fungo-battericida conforme 17x22 cm.
- 12 Scossalina in rame per raccordo tra parete e copertura sp. 8/10 mm.
- 13 Vite fissaggio rivestimento esterno in rame M10 lunghezza 120mm.
- 14 Viti in acciaio per legno 6 x40mm.
- 15 Sistema di fissaggio travi in legno con piastra in acciaio s 235 sp. 10 mm e viti in acciaio per legno 12x260mm.
- 16 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa 110[kg/m³] , Conduttività termica λD 0,035 [W/mK] Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale ≥ 450 [N] Resistenza a compressione ≥ 30 [kPa] sp 20 cm.
- 17 Assito in legno di abete sp 2.5 cm ,densità 500 Kg/m³.
- 18 Strato di isolamento con actis Hybris conducibilità termica $\lambda D = 0,033$ W/m.K, massa 9,5 +/- 1 kg/m³ resistenza termica dichiarata RD Da 1,20 a 4,20 m².K/W, capacità termica di massa (Cp) 2.300 J/kg.K, tenuta all'acqua Impermeabile, proprietà di trasmissione del vapore acqueo Sd > 90 m, permeabilità all'aria Ermetico all'aria, sp. 7,5 cm.
- 19 Striscia adesiva in polietilene per riscaldamento a pavimento e dilatazione pavimenti sp.10mm.
- 20 Zoccolino in legno d'abete spessore 1,5 cm lunghezza 4 m.
- 21 Pavimento flottante in legno di ciliegio da 22 mm a coste perfettamente parallele, con superficie superiore piallata.
- 22 Riscaldamento a pavimento elettrico tipo "EPM Warmfloor" sp 0,8cm con materassino in gomma e sughero fonoisolante in teli da applicare prima della posa di pavimenti in ceramica, materiale lapideo, resilienti e legno multistrato. Spessore: 2 mm, 4 mm, densità (kg/m³): 700, resistenza a trazione EN ISO 1798 (N/mm²): 0,6, allungamento a rottura EN ISO 1798 (%): 20, riduzione del rumore da calpestio EN ISO 140-8: 10 dB.
- 23 Pavimento Assito in legno di abete sp 2.5 cm ,densità 500 Kg/m³.
- 24 Coprifilo porta interna.

Fig. 6.14 Nodo verticale 03 scala 1:10.



Nodo 04: intersezione della copertura o colmo, la connessione è risolta con l'inserimento del profilo del colmo in rame avvitato al rivestimento graffiato, per quanto

riguarda l'isolamento non ci sono ponti termici in quanto il pacchetto di copertura è ben fornito di isolamento continuo.

- 1 Tavolato costituito da perline in legno di abete di spessore 20 mm, larghezza 120-140 mm, piallate, smussate, maschiate e bisellate sulle parti in vista, posate accostate e chiodate alla struttura portante.
- 2 Strato di isolamento con actis Hybris conducibilità termica $\lambda D = 0,033 \text{ W/m.K}$, massa $9,5 \pm 1 \text{ kg/m}^3$ resistenza termica dichiarata R_D Da 1,20 a $4,20 \text{ m}^2.K/W$, capacità termica di massa (C_p) 2.300 J/kg.K , tenuta all'acqua Impermeabile, proprietà di trasmissione del vapore acqueo $S_d > 90 \text{ m}$, permeabilità all'aria Ermetico all'aria, sp. 7,5 cm.
- 3 Viti in acciaio per legno 6 x40mm.
- 4 Assito in legno di abete sp 2.5 cm.
- 5 Travetto in legno d'abete per sottostruttura pareti interne 3x3 cm.
- 6 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa $110[\text{kg/m}^3]$, Conducibilità termica $\lambda D 0,035 \text{ [W/mK]}$ Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale $\geq 450 \text{ [N]}$ Resistenza a compressione $\geq 30 \text{ [kPa]}$ sp 20 cm.
- 7 Trave in legno lamellare di abete GL30, proveniente da gestione forestale sostenibile (GFS) costituita da lamelle in legno di spessore variabile 33-40 mm classe C28-C35 incollate con resine, piallate, smussate sugli spigoli ed impregnate con due mani date a pennello od a spruzzo di impregnante idrorepellente fungo-battericida conforme 20x30 cm.
- 6 Assito in legno di abete sp 2.5 cm.
- 8 Isolamento in lana di roccia non rivestito a doppia densità, Densità Circa $110[\text{kg/m}^3]$, Conducibilità termica $\lambda D 0,035 \text{ [W/mK]}$ Euroclasse A1 Resistenza al carico puntuale $\geq 450 \text{ [N]}$ Resistenza a compressione $\geq 30 \text{ [kPa]}$ sp 20 cm.
- 9 Assito in legno di abete sp 2.5 cm.
- 10 Strato in poliestere (PET) altamente resistente con speciale rivestimento esterno in poliuretano (PU) impermeabile e traspirante. Temperatura di esercizio ($-40 \text{ }^\circ\text{C}$ to $+80 \text{ }^\circ\text{C}$), Peso ca. 200 g/m^2 sp. 4mm.
- 11 Assito in legno di abete sp 2.5 cm.
- 12 Listone in legno d'abete per sottostruttura copertura 3x3 cm.
- 13 Travetto in legno d'abete 5x10 cm.
- 14 Profilo in rame per la copertura del colmo del tetto sp 8/10 mm.
- 15 Manto di copertura realizzato in rame doppia aggraffatura, spessore 8/10 mm, passo aggraffatura 40 cm.
- 16 Viti in acciaio per legno 6 x40mm.

Fig. 6.15 Nodo verticale 04 scala 1:10.

7 Progetto energetico

In questo capitolo si studia l'edificio dal punto di vista del funzionamento energetico andando ad individuare i consumi da parte di elementi come l'impianto di riscaldamento acs e illuminazione inoltre si calcolano le prestazioni energetiche del rifugio

7.1 Premessa

Il mondo delle costruzioni sta affrontando sempre di più il tema dell'efficienza energetica strettamente legato al comfort degli utenti all'interno degli edifici. Tale processo è iniziato in seguito alla prima crisi petrolifera nella seconda metà del XX secolo, quando il mondo intero ha realizzato che i combustibili fossili sono una fonte di energia soggetta ad esaurimento. Un altro fenomeno legato al sovrappeso consumo degli idrocarburi sono le notevoli catastrofi ambientali avvenute a causa dei cambiamenti climatici, le cui cause sono imputabili all'uomo con l'immissione eccessiva di CO₂ in atmosfera che ha provocato l'effetto serra. La maggiore attenzione alle varie politiche ambientali ha spinto diversi Stati, tra cui l'Italia, ad agire per il contenimento dei consumi energetici in ambito edilizio. Nasce a questo punto la classificazione energetica degli edifici dove questi vengono catalogati in relazione del consumo di energia primaria in kWh/m² annui. La certificazione energetica è un criterio di valutazione finalizzato alla promozione dell'efficienza energetica dell'edificio. L'Unione Europea ha emanato una serie di direttive e norme per permettere ai singoli Stati di certificare l'efficienza energetica degli edifici. La progettazione è partita dallo studio del carico termico per il riscaldamento che nel caso in analisi è quello più gravoso per l'impianto. Dopo aver definito l'entità del carico di progetto sui diversi ambienti si è proceduto al dimensionamento dei vari sistemi di riscaldamento, si è deciso di utilizzare il riscaldamento a pavimento elettrico per l'intero edificio. Una volta definiti i terminali si è proceduto al calcolo della potenza richiesta dal sistema di generazione di calore. L'impianto che è stato deciso di utilizzare è un impianto che utilizza l'energia dei pannelli fotovoltaici come fonte primaria fonti e un generato-

re di corrente a diesel funzionante in caso di emergenza o mancanza di produzione d'energia. Definiti gli elementi che compongono il sistema di riscaldamento, si è passati allo studio degli elementi che formano l'impianto per la produzione e la distribuzione dell'acqua calda sanitaria. Altro tema affrontato è lo smaltimento delle acque reflue che ha portato alla definizione delle caratteristiche della rete di smaltimento e al calcolo dei sistemi di trattamento. L'ultimo componente del sistema impiantistico analizzato è stato l'impianto fotovoltaico dimensionato in modo tale da rendere l'edificio autosufficiente del punto di vista energetico.

7.2 Il contesto climatico

Per evidenziare al meglio le condizioni climatiche reali all'interno delle quali si colloca il progetto, sono stati esportati una serie di dati sulla temperatura dell'aria esterna, l'escursione termica, l'umidità relativa, la radiazione diretta e diffusa. Secondo il DPR 412-93, il territorio nazionale è suddiviso in sei zone climatiche in funzione dei gradi giorno, indipendentemente dall'ubicazione geografica. Il rifugio Capanna Regina Margherita è situato nel comune di Alagna Valsesia e si trova in zona climatica F, determinata in base al valore dei gradi giorno (3877).

7.2.1 Temperatura ambientale

Dai dati climatici di Punta Gniffetti si può osservare l'andamento della temperatura durante il corso dell'anno. Si nota come il mese più caldo è agosto, con una temperatura massima di 7°C. Nella stagione invernale le temperature risultano essere molto basse, con valori che si aggirano intorno ai -30°C. La situazione climatica studiata più attentamente è quella estiva che va dai mesi di giugno a settembre ovvero i mesi di apertura del rifugio. Ad una quota oltre i 4000 m possiamo notare come le temperature difficilmente vadano al di sopra dello zero termico le massime

sono raggiunte a metà giornata circa e si attestano intorno ai 5°C mentre durante la notte abbiamo temperature minime vicine ai -10 gradi. l'escursione termica si attesti ad un valore di 15 °C. Questa condizione climatica evidenzia il fatto che in termini di progetto non c'è bisogno di un impianto di climatizzazione estiva.

7.2.2 Umidità relativa

Le tematiche relative al rischio di formazione di condensa hanno assunto una maggiore importanza da quando l'isolamento termico degli edifici ha assunto importanza. La composizione stratigrafica delle pareti disperdenti può generare fenomeni di condensa interstiziale, con danneggiamenti dei materiali, o condensazioni superficiali. Nel grafico viene rappresentato l'andamento dell'umidità relativa mensile durante il corso dell'anno. L'ambiente risulta essere molto umido nella stagione invernale raggiungendo valori superiori al 70%. Sono valori alti e non tollerabili per

il comfort. Solo con l'utilizzo di un buon sistema di ventilazione, sia naturale che meccanizzata, è possibile controllarla. Durante l'inverno, la deumidificazione apporta dei benefici. In estate l'aumento del movimento d'aria favorisce lo smaltimento termico del corpo umano.

Sarà necessario pensare all'installazione di impianti di ventilazione meccanica controllata in modo da abbattere il carico di umidità ed insieme di trattare igro-termicamente l'aria di rinnovo.

7.2.3 Radiazione solare diretta

Il controllo della radiazione solare risulta di grande importanza per poter studiare le strategie per evitare che questo valore faccia innalzare le temperature interne dell'edificio. Il mese di dicembre è caratterizzato da un valore di irradiazione solare media mensile diretta sul piano orizzontale piuttosto basso, mentre si registra il valore più alto nel mese di luglio, con un valore medio pari quasi a 14,6 MJ/m².

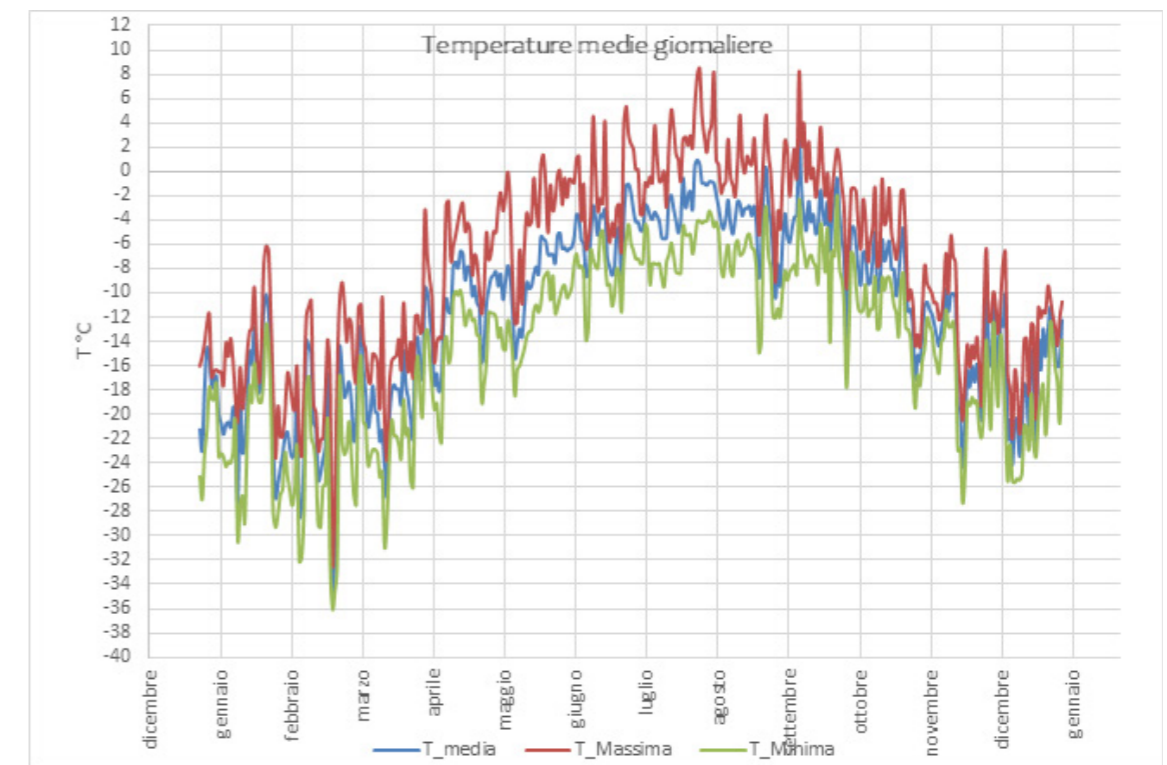


Fig. 7.1 Grafico andamento temperature medie giornaliere.

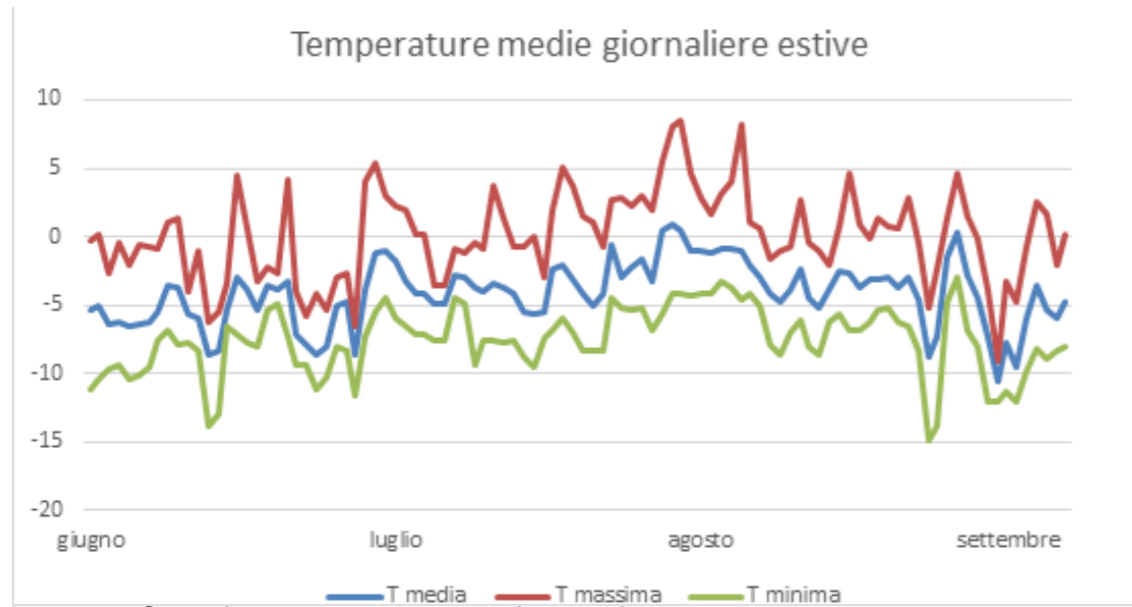


Fig. 7.2 Grafico andamento temperature medie giornaliere estive.

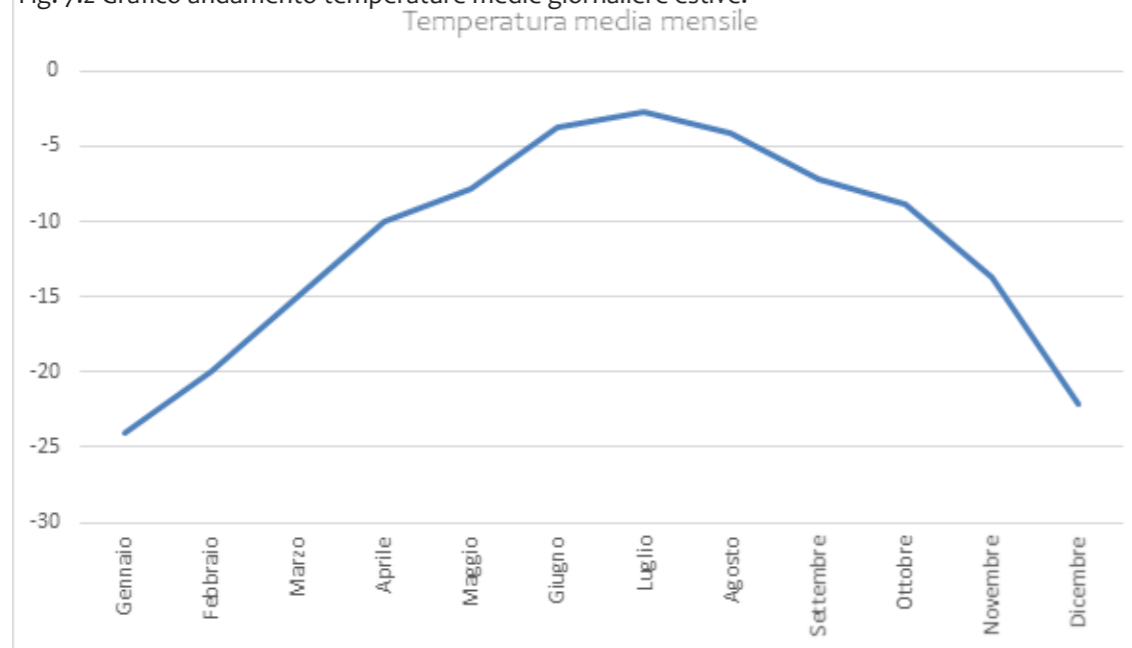


Fig. 7.3 Grafico temperature medie mensile.

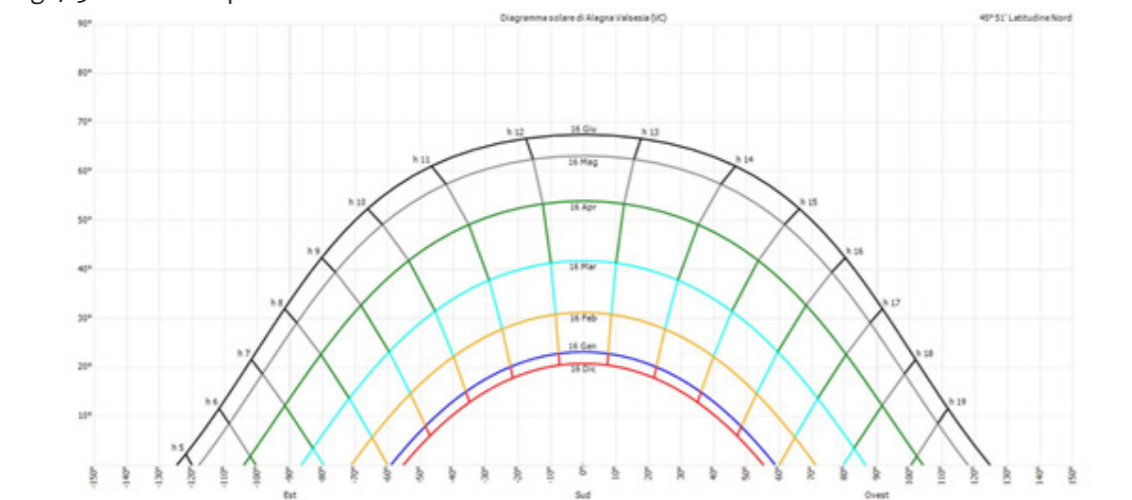


Fig. 7.4 Grafico irradianza sito di progetto.

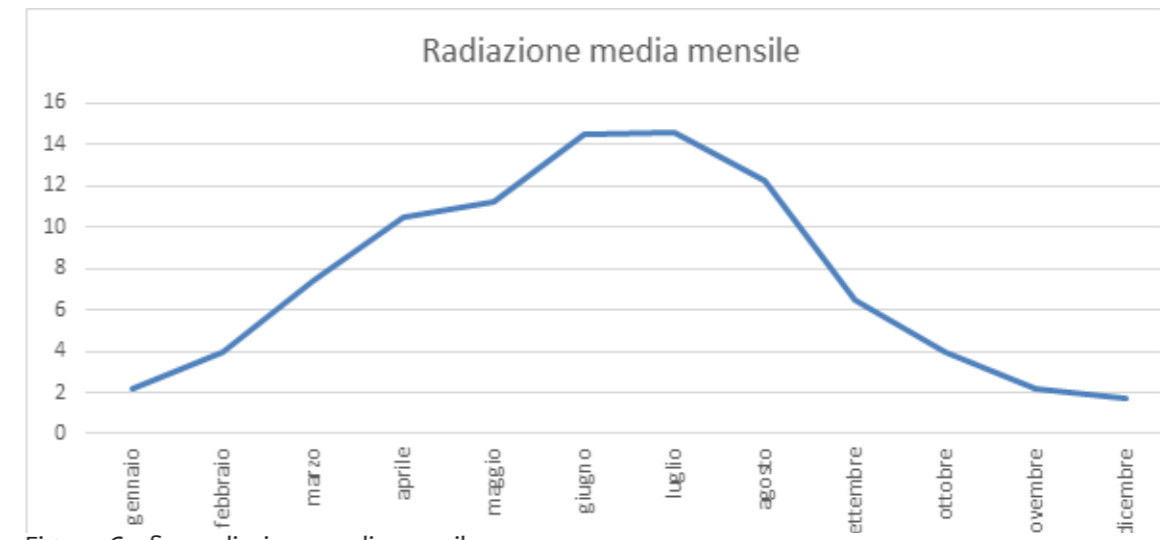


Fig. 7.5 Grafico radiazione media mensile.

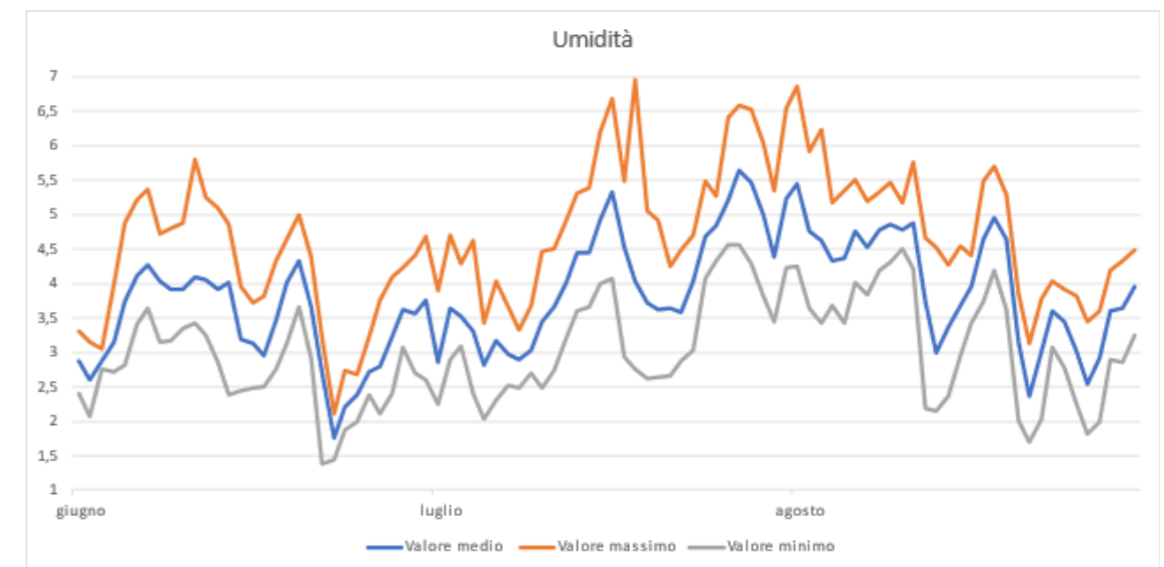


Fig. 7.6 Grafico umidità media giornaliera nei mesi estivi.

7.3 Simulazioni energetiche

Le simulazioni energetiche sono state condotte utilizzando il software Termolog 11 della Logical Soft che consente la modellazione di qualsiasi edificio e sistema impiantistico per valutare il comportamento energetico. Grazie all'utilizzo del modello virtuale che riproducesse l'edificio reale, è stato possibile ottenere un completo controllo dell'edificio studiato, valutando, nel corso della progettazione, quali siano le scelte ottimali da effettuare in fase preliminare riuscendo a minimizzare i consumi energetici ed al contempo ad ottimizzare il comfort degli utenti. Il software è dedicato ai progettisti ed ai certificatori per il calcolo dei consumi energetici, delle dispersioni e dei fabbisogni, producendo anche gli attestati di prestazione energetica per tutte le regioni e le province.

7.3.1 Il software Termolog

A differenza di altri software presenti in commercio, Termolog consente la creazione del modello mediante metodo grafico e tabellare. È possibile modellare l'edificio in 3D come in qualsiasi software BIM con il vantaggio che i dati relativi al clima, ai materiali ed agli impianti sono già contenuti all'interno di Termolog. Il metodo grafico permette di riconoscere aree, volumi e superfici disperdenti, rilevando l'orientamento delle superfici ed eventuali ombreggiamenti. In presenza di angoli, eventuali balconi e serramenti, il programma calcola automaticamente la presenza o meno di ponti termici visualizzabili graficamente. Ad ogni superficie disperdente è associabile una stratigrafia e sono definibili dispersioni e fabbisogni dell'involucro totali. Per ogni stratigrafia si esegue la verifica di trasmittanza in base

alla UNI EN ISO 6946 ed il comportamento termoigrometrico è valutato secondo la UNI EN ISO 13788. Definito l'involucro si inserisce in tabella il modello di impianto per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria (ACS). Dopo aver inserito i dati di input, il programma calcola gli indici di prestazione energetica per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione in regime statico. Termolog esegue anche il calcolo dinamico dell'edificio attraverso un motore orario basato sul metodo della ISO 52016. Il motore dinamico orario consente di determinare l'andamento della temperatura interna ad intervalli di un'ora, la potenza degli impianti ed il fabbisogno di raffrescamento e di riscaldamento a partire da condizioni climatiche, profili occupazionali e condizioni di utilizzo orario.

7.3.2 Modellazione delle zone

Nella prima fase si costruisce il modello tridimensionale all'interno del software definendo pareti, coperture, solai e finestre. Il 3D viene convertito in un modello di calcolo nel quale sono contenuti geometrie, volumi e superfici disperdenti. La prima operazione effettuata è stata specificare quali sono le zone termiche di cui si compone l'edificio oggetto di analisi. L'edificio si sviluppa su tre piani di cui il piano terra adibito a bar ristorante e zona giorno mentre gli altri due a camere da letto quindi zona notte. Il rifugio è stato quindi suddiviso in tre zone termiche, una per piano. Per ogni zona termica il modello 3D fornisce il volume lordo e la superficie utile. Per ogni zona termica si inseriscono i dati relativi alla capacità termica della stessa ed i servizi presenti quali acqua calda sanitaria, ventilazione, infiltrazioni ed i carichi

Locale	Superficie utile	Altezza interna	Volume
	m ²	m	m ³
Zona giorno PT	191,72	2	383,44
Zona notte 1P	170,70	2	341,4
Zona notte 1P	147,67	2,4	354,408

Tab 7.1 Caratteristiche spaziali rifugio.

interni. Il calcolo della capacità termica interna avviene secondo i metodi riportati nella UNI TS 11300-1. Termolog permette di valutare la capacità termica interna dell'edificio secondo il metodo analitico, sviluppato in accordo alla UNI EN ISO 13786. Nella sezione servizi è necessario indicare quali sono associati alla zona climatica in analisi: acqua calda sanitaria, impianto di umidificazione, deumidificazione e raffrescamento. Il calcolo del fabbisogno di ACS per destinazioni d'uso non residenziale è eseguito secondo la UNI TS 11300-2 in base al numero di utenti presenti negli ambienti. Il calcolo del fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione è stimato in base agli apporti interni latenti ricavati dal tipo di attività degli occupanti e le tipologie di apparecchiature. Le infiltrazioni dipendono dalla classe di permeabilità dell'involucro e dall'esposizione dell'edificio rispetto al contesto. La ventilazione indica le modalità di ricambio dell'aria per la zona termica.

7.4 L'involucro

Le stratigrafie dell'involucro esterno sono state pensate per rendere l'edificio il più performante possibile. Dopo aver definito i vari strati che compongono il pacchetto, si è passati successivamente alla verifica utilizzando la normativa nazionale.

La normativa impone l'obbligo di verifiche termoigrometriche che prevedono la verifica in assenza di condensa interstiziale e la verifica di assenza del rischio di formazione di muffa, requisiti più restrittivi rispetto a quanto previsto dall'attuale legislazione in merito.

Si presenta ora la normativa utilizzata per lo studio dei pacchetti tecnologici:

- UNI EN ISO 6946 del 2008: Componenti ed elementi per edilizia-Resistenza termica e trasmittanza termica-Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 13786: Prestazione termica

dei componenti per edilizia- Caratteristiche termiche dinamiche

- UNI EN ISO 13788: Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia-Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale

- D.L. n.63/2013 "Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE (convertito poi in legge 90/2013)

7.4.1 Trasmittanza termica

Uno dei parametri più importanti per analizzare il comportamento degli elementi edilizi, in risposta alla dispersione del calore, è la trasmittanza termica U che viene misurata in W/m²K. Il parametro di trasmittanza è un valore che fa riferimento a un calcolo effettuato in regime stazionario, dove si prendono in considerazione i dati medi di temperatura interna ed esterna.

La norma di riferimento per il calcolo della trasmittanza termica è la UNI EN ISO 6946 del 2008: dove minore è il valore riferito al pacchetto di involucro e minore sarà il flusso di calore passante attraverso all'elemento considerato. Parlando di elemento di involucro si richiamano sia le parti opache che compongono gli edifici di progetto, sia la parte del serramento ed infine anche le parti vetrate. La formula per il calcolo della trasmittanza termica

è la seguente:

dove:

- R_{si} resistenza laminare della superficie interna della struttura [m²K/W]
- R_n resistenza termica di strati di materiale non omogeneo [m²K/W]
- R_{se} resistenza termica di eventuali intercapedini [m²K/W]

- λ conduttività termica dei materiali [W/mK]

- s spessore dello strato i -esimo della parete [m]

La trasmittanza termica misura la quantità di calore che nell'unità di tempo attraversa una superficie A sottoposta ad una differenza di temperatura T_1-T_2 ed è legata alle caratteristiche del materiale ed alle condizioni di scambio termico lineare. L'analisi rigorosa di questo fenomeno si basa su teorie molto complesse e quindi per rendere più agevole lo sviluppo dei calcoli si ipotizzano le seguenti condizioni. Si ipotizza un regime stazionario, ovvero flusso di calore costante nel tempo che attraversa una parete piana con un materiale componente perfettamente omogeneo ed isotropo. Nell'Appendice A del decreto sono presenti una serie di tabelle che forniscono vari dati di riferimento per la progettazione di edifici nuovi. Per il calcolo dell'involucro dell'edificio di riferimento fornisce le trasmittanze termiche degli elementi opachi e trasparenti, comprensive dell'effetto dei ponti termici. Il rispetto dei limiti va ovviamente nella direzione di ridurre le dispersioni termiche attraverso l'involucro dell'edificio.

7.4.2 Trasmittanza termica periodica

Un altro parametro fondamentale per la descrizione delle caratteristiche fisico-tecniche del progetto in esame è il valore di trasmittanza termica periodica Y_{ie} . La differenza rispetto alla trasmittanza termica sta nel fatto che quella periodica è calcolata in regime dinamico: in questo caso è possibile comprendere come l'elemento tecnologico si comporti nei confronti del flusso termico in un certo lasso di tempo. È definita secondo la norma tecnica EN ISO13786 ed esprime la capacità di un componente edilizio di attenuare e sfasare nel tempo il flusso termico che proviene dall'esterno.

Il calcolo si basa sulla seguente formula:

$$Y_{ie} = U \cdot f_a$$

dove:

- U è la trasmittanza termica [W/m²K];

- f_a è il fattore di attenuazione riferito ad una sollecitazione armonica con periodo pari a 24 ore [adm].

La normativa italiana riporta i valori limite al fine di abbattere i fabbisogni energetici per il raffrescamento durante la stagione estiva e per contenere le temperature interne entro certi range per il comfort degli utenti. La trasmittanza termica periodica è la capacità di sfasare il flusso termico che lo attraversa nell'arco delle 24h. In particolare il DM 26/06/2015 prevede che, tenendo fermi i limiti di trasmittanza termica U nelle varie zone climatiche ed i valori di irradianza

al suolo, già previsti dal D.Lgs 192/05, si valutino i parametri e prestazioni diverse per pareti e coperture che si trovano in tutte quelle aree con irradianza maggiore di 290W/m² nel mese di massima insolazione. Per le pareti verticali, non orientate a Nord, Nord-Ovest, Nord-Est, il progettista può scegliere se adottare strutture dotate di massa superficiale superiore ai 230kg/m² o strutture caratterizzate da un valore di trasmittanza termica periodica $Y_{ie} < 0,10$ W/m²K. Per le pareti opache orizzontali ed inclinate è previsto il solo rispetto del limite di trasmittanza termica periodica $Y_{ie} < 0,18$ W/m²K. La trasmittanza termica periodica non è altro che un parametro che esprime la capacità di un componente edilizio di attenuare e sfasare nel tempo il flusso termico che proviene dall'esterno che lo attraversa nell'arco delle 24 ore. Il decreto n.59 del 2 Aprile 2009 all'articolo 2 richiede, per le pareti più esposte all'irraggiamento, che la massa superficiale sia quindi maggiore di 230kg/m² e che la trasmittanza termica periodica Y_{ie} sia minore di 0,12W/m²K.

7.4.3 Sfasamento termico

Dal punto di vista normativo lo sfasamento è stato chiarito dal DM 26/06/2009 de-

finendolo come la differenza di tempo tra l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie esterna della struttura e l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie interna. È importante avere uno sfasamento di almeno 8 ore e non minore di 10 ore nelle zone geografiche

con climi estivi più impegnativi.

Con questi valori di sfasamento, infatti, il calore entrerà nelle ore notturne durante le quali può essere smaltito con ricambi di aria.

7.4.4 Fattore di attenuazione

Rappresenta il rapporto tra la variazione di temperatura esterna ed il flusso che è necessario somministrare all'interno per mantenere costante la temperatura interna. Il parametro è il rapporto tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.

7.4.5 Condensa superficiale ed interstiziale

Il DPR 59/09, all'art. 4 comma 17, fornisce prescrizioni in merito ai fenomeni di condensazione.

Qualora non esista un sistema di controllo dell'umidità relativa interna, questa sarà assunta

pari a 65% e la temperatura interna a 20°C. La soluzione più diffusa è la correzione dell'isolamento termico al fine di mantenere la temperatura superficiale interna superiore al punto critico di rugiada e, parallelamente, effettuare una corretta ventilazione degli ambienti, per ridurre l'umidità relativa interna. La condensa interstiziale si forma quando, all'interno della parete, si creano delle condizioni di temperatura e di pressione tali da raggiungere le

condizioni di rugiada. Per studiare i fenomeni di condensa del vapore viene utilizzato il metodo di Glazer che consente, una volta fissate le condizioni termigrometriche interne ed esterne, di verificare

su una struttura piana la presenza o meno di condensazione del vapore acqueo. Il software Termolog esegue la verifica di Glazer per ogni mese. Per la verifica effettuata nelle pagine seguenti si riporta la situazione peggiore, individuata nel mese di gennaio.

Queste verifiche sono già state svolte nel capitolo precedente, quindi si procede con il calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio.

	U [W/m ² K] a. 2015	U [W/m ² K] a. 2021
Strutture opache verticali	0,30	0,26
Strutture opache orizz./inclinate	0,25	0,22
Chiusure tecniche trasparenti/opache	0,30	0,26

Tab 7.2 Caratteristiche prestazionali da normativa della trasmittanza delle pareti.

	Y_{ie} W/m ² K a. 2015	Massa sup. kg/m ²
Strutture opache verticali	0,1	230
Strutture opache orizz./inclinate	0,25	0,22

Tab 7.3 Caratteristiche prestazionali da normativa trasmittanza periodica.

Sfasamento [h]	Attenuazione	Prestazioni
$S > 12$	$F_a < 0,15$	ottime
$12 \geq S > 10$	$0,15 \leq F_a < 0,30$	buone
$10 \geq S > 8$	$0,30 \leq F_a < 0,40$	medie
$8 \geq S > 6$	$0,40 \leq F_a < 0,60$	sufficienti

Tab 7.4 Caratteristiche prestazionali da normativa sfasamento e attenuazione.

7.5 Fabbisogno energetico

punto di partenza per la progettazione del sistema edificio-impianto risiede nella determinazione del fabbisogno di energia.

Il bilancio energetico di un edificio viene definito includendo le seguenti quantità:

- Dispersione termica per trasmissione e ventilazione dall'ambiente riscaldato verso l'esterno

- Scambio termico per trasmissione e ventilazione tra zone adiacenti

- Apporti solari

- Apporti termici interni

- Perdite di generazione, distribuzione, emissione e regolazione dell'impianto di riscaldamento

- Energia assorbita dall'impianto di riscaldamento La Norma UNI/TS 11300-1 "Presestazioni energetiche" fornisce linee guida e dati nazionali per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e raffrescamento per ogni zona dell'edificio e per ogni mese.

$Q_{H,nd} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$

$Q_{C,nd} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$

dove:

- $Q_{H,nd}$ è il fabbisogno per riscaldamento

- $Q_{C,nd}$ è il fabbisogno per raffrescamento

- $Q_{H,tr}$ è lo scambio termico per trasmissione (riscaldamento)

- $Q_{C,tr}$ è lo scambio termico per trasmissio-

sione (raffrescamento)

- $Q_{H,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione (riscaldamento)

- $\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti

- $\eta_{C,ls}$ è il fattore di utilizzazione delle dispersione

- Q_{int} sono gli apporti termici interni

- Q_{sol} sono gli apporti termici solari

Nel software Termolog il calcolo mediante il metodo statico avviene non prima di aver modellato l'edificio tramite il pannello input grafico in involucro. Questo, dopo aver importato la pianta in formato .dwg

all'interno del software, ha permesso la restituzione dei piani, con la creazione delle pareti perimetrali esterne, interne, i solai

interni e di copertura, visualizzabili sia in 3D che in 2D. Nel bilancio energetico dell'edificio vengono considerate le perdite per trasmissione e ventilazione degli spazi riscaldati verso l'esterno. Il software calcola gli scambi termici ed il fabbisogno restituendo

in forma grafica e tabellare i risultati. Coefficiente di scambio termico. Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione

descrive la dispersione dell'involucro e tiene conto della differenza di temperatura tra interno ed esterno di ciascuna superficie disperdente.

Dipende da tutti gli elementi dell'edificio e dai ponti termici lineari che separano lo spazio riscaldato dall'ambiente esterno. Si indica con:

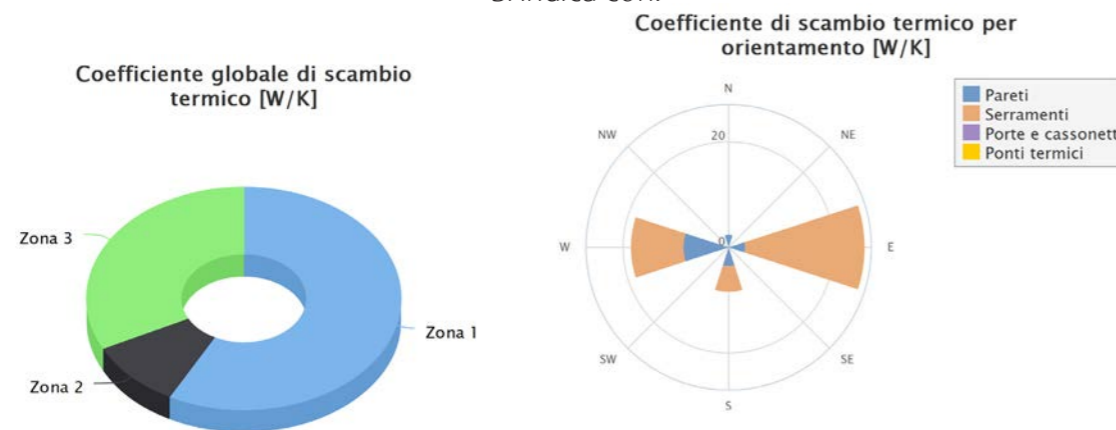


Fig. 7.7 Grafico coefficiente globale di scambio termico e coefficiente di scambio termico per orientamento.

$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$

dove:

- H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno

- H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno

- H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso gli ambienti non climatizzati

- H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone climatizzate a temperatura diversa.

Il coefficiente globale di scambio termico si può indicare con:

$H_t = \sum S \cdot U \cdot b_{tr,i}$

dove:

- U è la trasmittanza [W/m^2K]

- S è la superficie considerata [m^2]

- $b_{tr,i}$ è un fattore di correzione dello scambio termico verso ambienti non climatizzati o verso il terreno [adm].

7.6 Calcolo potenza di riscaldamento

Il carico termico invernale indica la massima potenza termica che l'edificio disperde verso l'ambiente esterno. La sua conoscenza permette il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento in modo da mantenere all'interno dello spazio condizioni confortevoli. I coefficienti di scambio termico e le portate di ventilazione sono calcolati in conformità

alla norma UNI 12831. La progettazione di un impianto di riscaldamento prevede la determinazione dei massimi carichi termici, che vengono definiti di picco, tali da dimensionare l'impianto. La potenza termica da fornire per mantenere l'ambiente

dentro una temperatura interna che viene fissata è il carico termico invernale. Per uno stesso edificio, al variare della temperatura esterna, varierà il carico termico. A causa di questo è stata fissata una tempe-

ratura esterna di progetto in modo da ricondursi al regime stazionario. All'interno degli ambienti del compartimento II si è

assunta, in regime invernale, una temperatura dell'aria interna pari a $20^\circ C$, mentre

la temperatura esterna viene fissata pari a $-7^\circ C$ in condizione di regime statico. I carichi termici per trasmissione attraverso

l'involucro ϕ_{pt} è la quota di potenza termica dispersa per trasmissione in condizioni di progetto. Lo scambio termico avviene

per una differenza di temperatura tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno. I risultati sotto la voce potenza termica

mostrano la quantità dispersa a seconda dell'esposizione e si ricavano dal prodotto tra il fattore correttivo di esposizione, il

fattore H_t e ΔT (differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno). I carichi termici per ventilazione ϕ_{pv} sono la quota di

potenza termica dispersa per ventilazione in condizioni di progetto che viene persa dall'aria

dello spazio riscaldato per la presenza di fenomeni di infiltrazione dell'aria esterna nell'ambiente.

Per garantire le caratteristiche dell'aria all'interno dell'ambiente è necessario assicurare ricambi in relazione alla destinazione d'uso del locale. L'impianto da dimensionare dovrà provvedere a riscaldare

quest'aria per riportarla alla temperatura di progetto desiderata. Il carico termico invernale è quindi la potenza termica che l'impianto deve fornire agli ambienti

dell'edificio per mantenere la temperatura interna di progetto. Deve risultare quindi:

$Q_e = Q_u$

dove:

- Q_u è la potenza termica uscente dagli ambienti

- Q_e è la potenza termica entrante ovvero quella che l'impianto deve cedere agli ambienti

per bilanciare la potenza termica uscente.

Unità immobiliare	Φ_{trasm}	Φ_{vent}	$\Phi_{ripresa}$
Zona 1	1.460,0 W	1.948,8 W	958,9 W
Zona 2	214,4 W	1.774,3 W	853,5 W
Zona 3	695,2 W	1.762,1 W	738,4 W
Totale	2.369,7 W	5.485,3 W	2.550,7 W

Tab 7.5 Carico termico per trasmissione, ventilazione e ripresa nelle zone riscaldate.

Zona riscaldata	Sup,utile	Carico totale
Zona 1	191,8 m ²	4.367,7 W
Zona 2	170,7 m ²	2.842,2 W
Zona 3	147,7 m ²	3.195,7 W

Tab 7.6 Carico termico totale nelle zone riscaldate.

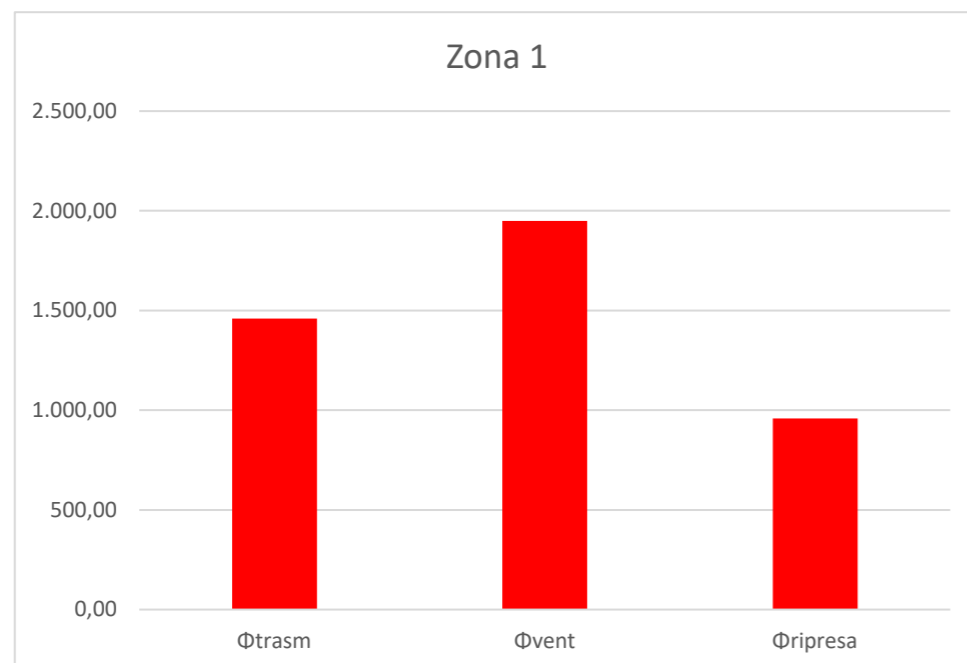


Fig. 7.8 Grafico carico termico disperso in zona 1.

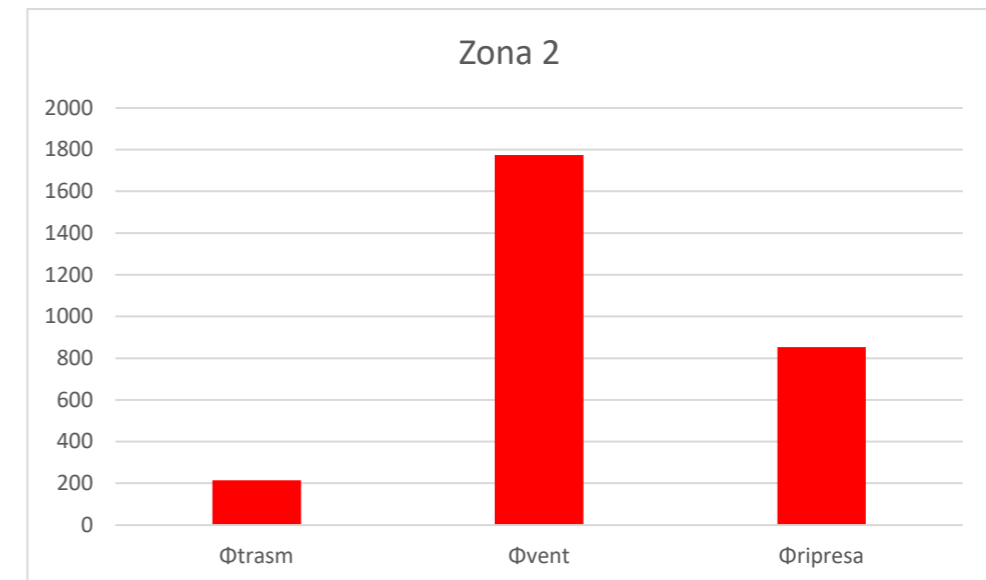


Fig. 7.9 Grafico carico termico disperso in zona 2.

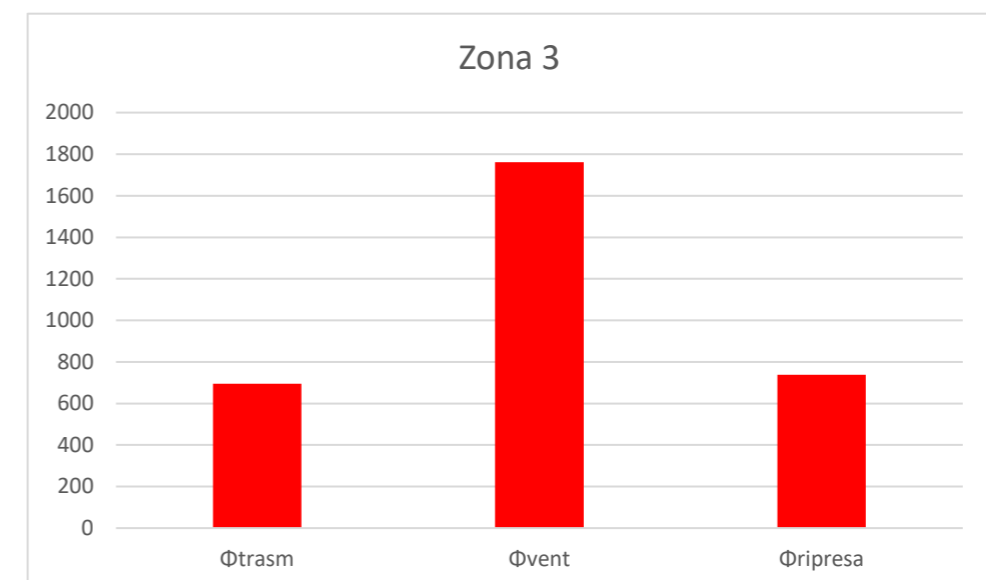


Fig. 7.10 Grafico carico termico disperso in zona 3.

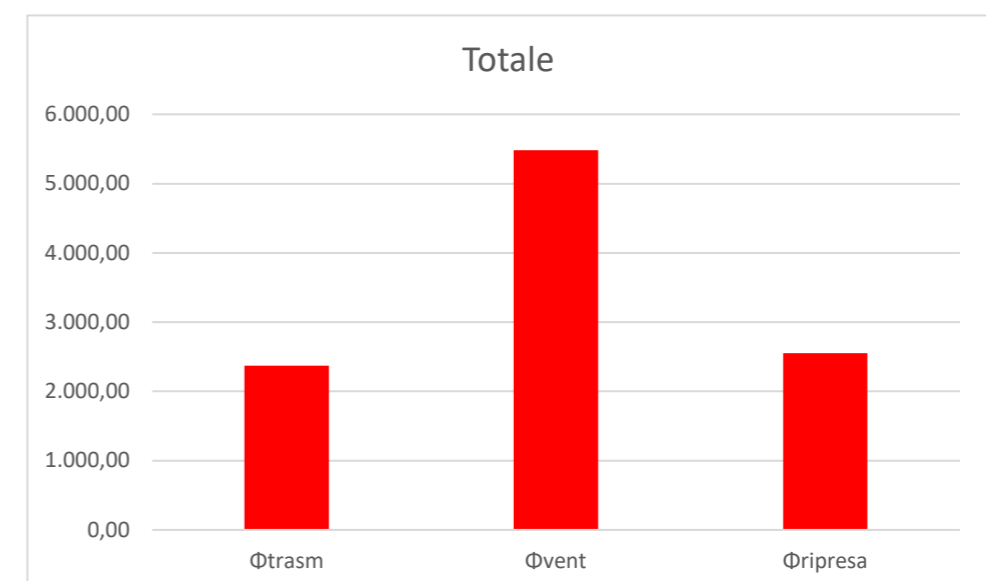


Fig. 7.11 Grafico carico termico disperso in tutto l'edificio.

7.7 Potenza e consumo di acqua calda sanitaria

Il fabbisogno di energia termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria è stato calcolato facendo riferimento alla normativa UNI 11300-2 che definisce la portata d'acqua media giornaliera per le varie destinazioni d'uso e la differenza tra la temperatura di erogazione e quella di immissione alla base.

L'energia termica richiesta è stata quindi calcolata con la seguente formula:

$$Q_w = p_w \times c_w \times V \times (t_e - t_i)$$

Dove:

p_w è la massa volumica dell'acqua pari a 1000 [kg / m³];

c_w è il calore specifico dell'acqua 1,162 * 10⁻³ [kWh / (kg · K)];

V è il volume di acqua richiesto per la singola destinazione d'uso nell'arco di una giornata [m³];

t_e è la temperatura di erogazione dell'acqua che nel nostro caso è pari a 40° C;

t_i è la temperatura di ingresso dell'acqua fredda che nel nostro caso è pari a 15° C.

Per gli edifici ad uso non residenziale il

volume d'acqua richiesto espresso in litri/giorno, è stato calcolato come:

$$V = a \times N_u$$

Dove:

a è il fabbisogno specifico giornaliero in litri /giorno in funzione del tipo di edificio, nel nostro caso è stato considerato pari a 20l/g; N_u è un parametro che varia in funzione del tipo di edificio che corrisponde al numero di ospiti all'interno della struttura nel nostro caso 70.

Da qui risulta che il fabbisogno medio giornaliero all'interno del rifugio è pari a 40,67 [kWh].

Per la determinazione del consumo totale di acqua calda nel periodo di punta, che nel caso specifico è pari a 1,5 ore, occorre tener conto del numero degli apparecchi sanitari installati e della loro frequenza d'uso.

Per la determinazione dei consumi di acqua in funzione dell'apparecchio si è fatto riferimento alla norma UNI 9182, nella tabella seguente sono riportati i consumi unitari e totali dei diversi apparecchi installati all'interno dell'edificio. Per calcola-

Apparecchi	n	Qu calda	Qu fredda	Q calda	Q fredda
		l/s	l/s	l/s	l/s
Wc	9	0	0,1	0	0,9
Lavabo	9	0,1	0,1	0,9	0,9
Doccia	10	0,15	0,15	1,5	1,5
Lavastoviglie	2	0	0,2	0	0,4
Lavello	2	0,2	0,2	0,4	0,4
Totale				2,8	4,1

Tab. 7.7 Potenza e consumo impianto idraulico.

re il fabbisogno massimo non si sommano i consumi di ciascun apparecchio, ma si calcola tenendo conto della contemporaneità.

La contemporaneità è stata ricavata nel modo seguente:

$$Q = Q_t \times (1 : (n - 1)^{0,5})$$

Dove:

Q_t è la somma delle portate erogate da tutti gli apparecchi;

N è il numero totale degli apparecchi.

La portata di contemporaneità così calcolata risulta essere pari a 0,51 l/s per l'acqua calda e 0,73 l/s per l'acqua fredda.

Il calcolo della potenza che deve essere erogata dal generatore di calore è il seguente:

$$Q = p_w \times c_w \times G \times \Delta T$$

Dove:

p_w è la massa volumica dell'acqua pari a 1000 [kg / m³];

c_w è il calore specifico dell'acqua 1,162 * 10⁻³ [kWh / (kg · K)];

G è la portata di contemporaneità espressa in [m³/h];

ΔT è la differenza di temperatura tra l'acqua in mandata e quella in uscita che in questo caso è pari a 28° C.

La potenza termica che il generatore di calore deve essere in grado di fornire è pari a 59,73 [kW].

Per la produzione dell'acqua calda sanitaria si è scelto un sistema di produzione istantanea in questo modo si evitano tutte le problematiche relative all'accumulo dell'acqua.

7.8 illuminazione ed apparecchi elettrici

In base agli apparecchi elettrici installati all'interno dell'edificio e il numero di lampade per l'illuminazione si procede con il calcolo del consumo energetico.

Il calcolo del consumo d'energia da parte degli elettrodomestici è il seguente:

$$Q = P \times T$$

Dove:

P è la potenza dell'apparecchiatura elettronica [Kw];

T è il tempo di funzionamento durante l'arco di una giornata [h];

Elettrodomestici				
Apparecchio	n	potenza	ore	consumo
		Kw	h	Kwh
illuminazione	60	0,005	6	1,8
Lavastoviglie	1	2,2	6	13,2
Piano cottura	1	2,5	6	15
Cappa	1	0,4	6	2,4
Forno	1	2,4	2	4,8
Totale				37,2

Tab. 7.8 Potenza e consumo impianto elettrico.

7.9 Fotovoltaico

L'irraggiamento solare è una fonte pulita, rinnovabile, disponibile ovunque ed inesauribile. Il progetto ha previsto l'integrazione in copertura dei pannelli fotovoltaici orientando la falda a Sud-est con inclinazione 10° e di una parete di orientata a sud-ovest. L'edificio è colpito da una irradiazione giornaliera media mensile che varia da un massimo di 16,80MJ/m² a luglio a un minimo di 1,30MJ/m² a dicembre. L'irradiazione solare annuale è pari 5461,8MJ/m². Il pannello è composto da celle fotovoltaiche in grado di convertire l'energia solare incidente in energia elettrica. L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico durante i mesi d'apertura del rifugio risulta essere pari a 8776,43 Kwh.

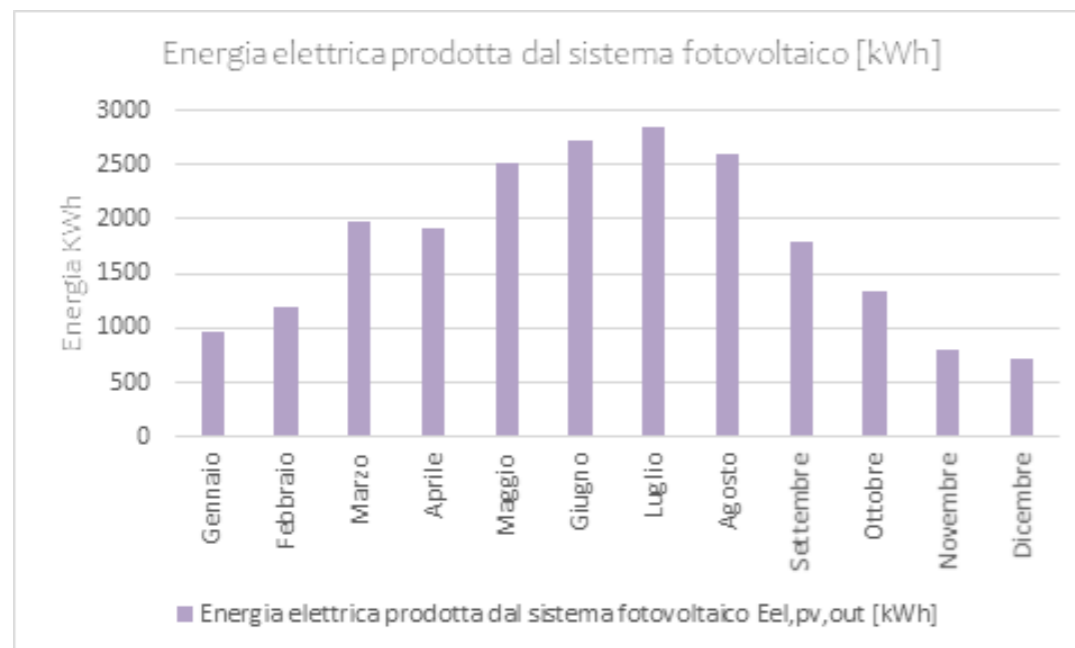


Fig. 7.12 Energia prodotta dal sistema fotovoltaico in un anno.

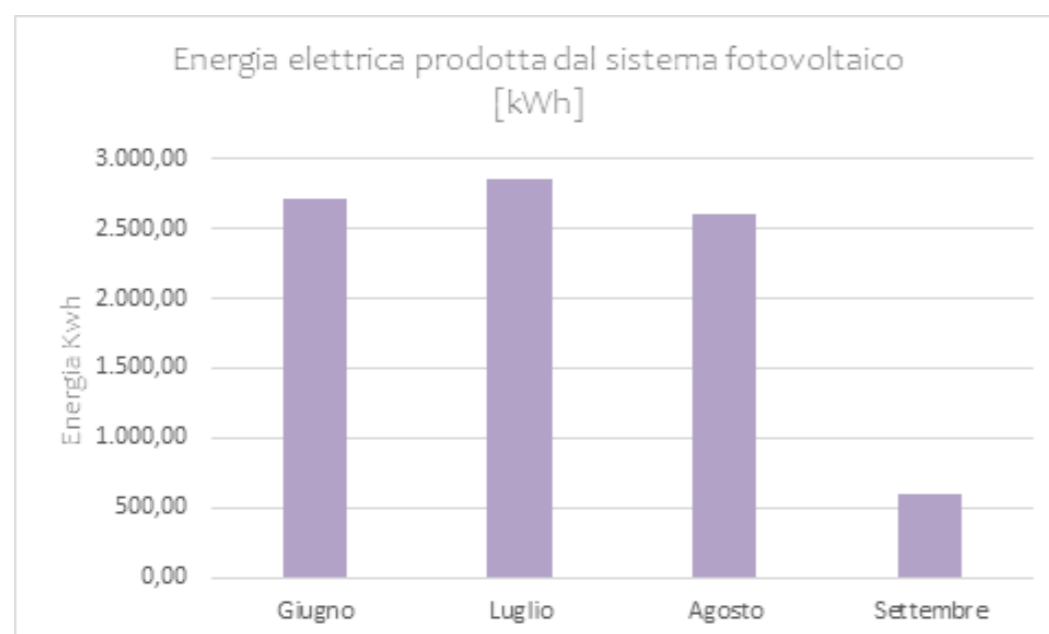


Fig. 7.13 Energia prodotta dal sistema fotovoltaico nei mesi d'apertura.

7.10 Certificazione energetica

La normativa nazionale stabilisce che la certificazione energetica venga attuata mediante un

“Attestato di Prestazione Energetica APE”, ovvero un documento che attesta le prestazioni energetiche dell'intero edificio o della singola unità immobiliare. Le prestazioni sono identificate tramite degli indicatori di consumo, a cui sono associate 10 classi di appartenenza (da A4 a G). Permette di conoscere in maniera semplice ed intuitiva le prestazioni energetiche e la quantità annua di energia primaria che è consumata all'interno dell'edificio ed i vari consumi energetici (climatizzazione invernale ed estiva, acqua calda sanitaria, illuminazione e apparecchi elettrici).

L'indicatore più importante è il fabbisogno energetico annuale globale che viene espresso in kWh/m²anno (EPgl,nren). Questo indice è la classe energetica con una scala che va da A4 (edificio più efficiente a G (edificio meno efficiente). Termolog 11, sulla base dei dati inseriti in precedenza, ha calcolato la certificazione energetica sulla base dell'indice di prestazione energetica, visualizzabile ed esportabile anche in formato .doc. La prima informazione che si riporta sull'attestato è la destinazione d'uso dell'edificio secondo la classificazione D.P.R 412/93: E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserma.

7.10.1 Dati identificativi

Zona climatica: F

Anno di costruzione: 1980

Anno di ristrutturazione: 2021

Superficie utile riscaldata: 510,1 m²

Volume lordo riscaldato: 1137 m³

7.10.2 Fabbisogno di energia termica

QH,nd Riscaldamento involucro = 2556,67 kWh

QW Acqua calda sanitaria = 4067 kWh

QL,nd Illuminazione involucro = 3720 kWh

7.10.3 Fabbisogno di energia primaria

Il calcolo deve individuare la prestazione energetica di ogni singolo impianto per poi procedere

alla sommatoria. La conoscenza del fabbisogno energetico consente di determinare l'indice di prestazione energetica globale EPgl dato dalla sommatoria di 4 indici di prestazione parziali:

$EPgl,tot = EPH,nd + EPC,nd + EPW,nd + EPV,nd + EPL,nd$

dove:

- EPH,nd è l'indice di prestazione termica utile riscaldamento

- EPC,nd è l'indice di prestazione termica utile per raffrescamento

- EPW,nd è l'indice di prestazione termica utile per ACS

- EPV,nd è l'indice di prestazione termica utile per ventilazione

- EPL,nd è l'indice di prestazione termica utile per illuminazione

L'EPgl,tot è il consumo di energia primaria totale riferito all'unità di superficie utile espresso in kWh/m². Esso rappresenta la prestazione dell'intero involucro (edificio+impianto+fonti energetiche rinnovabili). Indica la classe del fabbricato.

7.10.4 Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento stagionale

Il fabbisogno medio di energia primaria per la climatizzazione invernale EPH,nd rappresenta il consumo “standardizzato” dell'edificio nella stagione invernale al fine di garantire il comfort ambientale interno.

L'indicatore è definito a partire dal valore dell'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento dell'edificio di riferimento (EPH,nd,limite) che è calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del Decreto Requisiti Minimi. Il valore è posto come limite di separazione tra gli involucri edilizi di qualità alta e di qualità media-

alta. Il valore rappresenta l'energia necessaria e dipende dalle caratteristiche

dell'impianto che si è andato a dimensionare. Non indica le dispersioni dell'edificio ma è l'energia necessaria che dipende dal tipo di impianto che sopperisce alle dispersioni dell'involucro edilizio. Ai fini delle verifiche previste dal D.P.R n.59/2009, il fabbisogno di energia primaria specifico per la climatizzazione invernale è dato da:
 $EPH = QP,H,tot / Su$ [kWh/m² · annuo]

dove:
 - QP,H,tot è il fabbisogno di energia primaria totale per la climatizzazione invernale
 - Su è la superficie netta calpestabile degli ambienti Riscaldati

7.10.5 Fabbisogno di energia primaria per la produzione di ACS

Per la produzione di acqua calda sanitaria ACS l'indice EPW,nd definisce la quantità

di energia primaria per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria in base alla superficie dell'edificio, della destinazione d'uso, numero di persone, quantità di acqua consumata ed è dato dalla seguente formula:

$$EPC = QP,W / Su$$
 [kWh/m² · annuo]

dove

- QP,W è il fabbisogno di energia primaria del sistema

7.10.6 Fabbisogno globale

In tabella si riportano i risultati del fabbisogno totale di energia primaria per il compartimento 2 considerando sia la quantità di energia primaria totale espressa in Kwh che l'indice di prestazione totale EPG,l che definisce la classe energetica di riferimento.

Fabbisogni di energia primaria climatizzazione invernale	Kwh
Energia primaria riscaldamento non rinnovabile QP,H,nren	208,07
Energia primaria rinnovabile QP,H,ren	2377
Energia primaria totale QP,H,tot	2585,07

Tab. 7.9 Fabbisogni di energia primaria climatizzazione invernale.

Indice di prestazione climatizzazione invernale	Kwh/m ²
Indice di prestazione non rinnovabile EPH,nren	0,41
Indice di prestazione rinnovabile EPH,ren	4,66
Indice di prestazione totale EPH,tot	5,07

Tab. 7.10 Indice di prestazione climatizzazione invernale.

Fabbisogni di energia primaria illuminazione	Kwh
Energia primaria ACS non rinnovabile QP,W,nren	1330,08
Energia primaria rinnovabile QP,W,ren	2510,84
Energia primaria totale QP,W,tot	3840,92

Tab. 7.11 Fabbisogni di energia primaria illuminazione.

Indice di prestazione illuminazione	[Kwh/m ²]
Indice di prestazione non rinnovabile EPW,nren	2,61
Indice di prestazione rinnovabile EPW,ren	4,92
Indice di prestazione totale EPW,tot	7,53

Tab. 7.12 Indice di prestazione illuminazione.

Fabbisogni di energia primaria ACS	Kwh
Energia primaria ACS non rinnovabile QP,W,nren	208,07
Energia primaria rinnovabile QP,W,ren	3877,84
Energia primaria totale QP,W,tot	4085,91

Tab. 7.13 Fabbisogni di energia primaria ACS.

Indice di prestazione ACS	Kwh/m ²
Indice di prestazione non rinnovabile EPW,nren	0,41
Indice di prestazione rinnovabile EPW,ren	7,60
Indice di prestazione totale EPW,tot	8,01

Tab. 7.14 Indice di prestazione ACS.

Fabbisogni di energia primaria	Kwh
Energia primaria non rinnovabile QP,gl,nren	1746,22
Energia primaria rinnovabile QP,gl,ren	8765,68
Energia primaria totale QP,gl,tot	10511,90

Tab. 7.15 Fabbisogni di energia primaria totale.

Indice di prestazione	Kwh/m ²
Indice di prestazione non rinnovabile EPgl,nren	3,42
Indice di prestazione rinnovabile EPgl,ren	17,19
Indice di prestazione totale EPgl,tot	20,61

Tab. 7.16 Indice di prestazione totale.

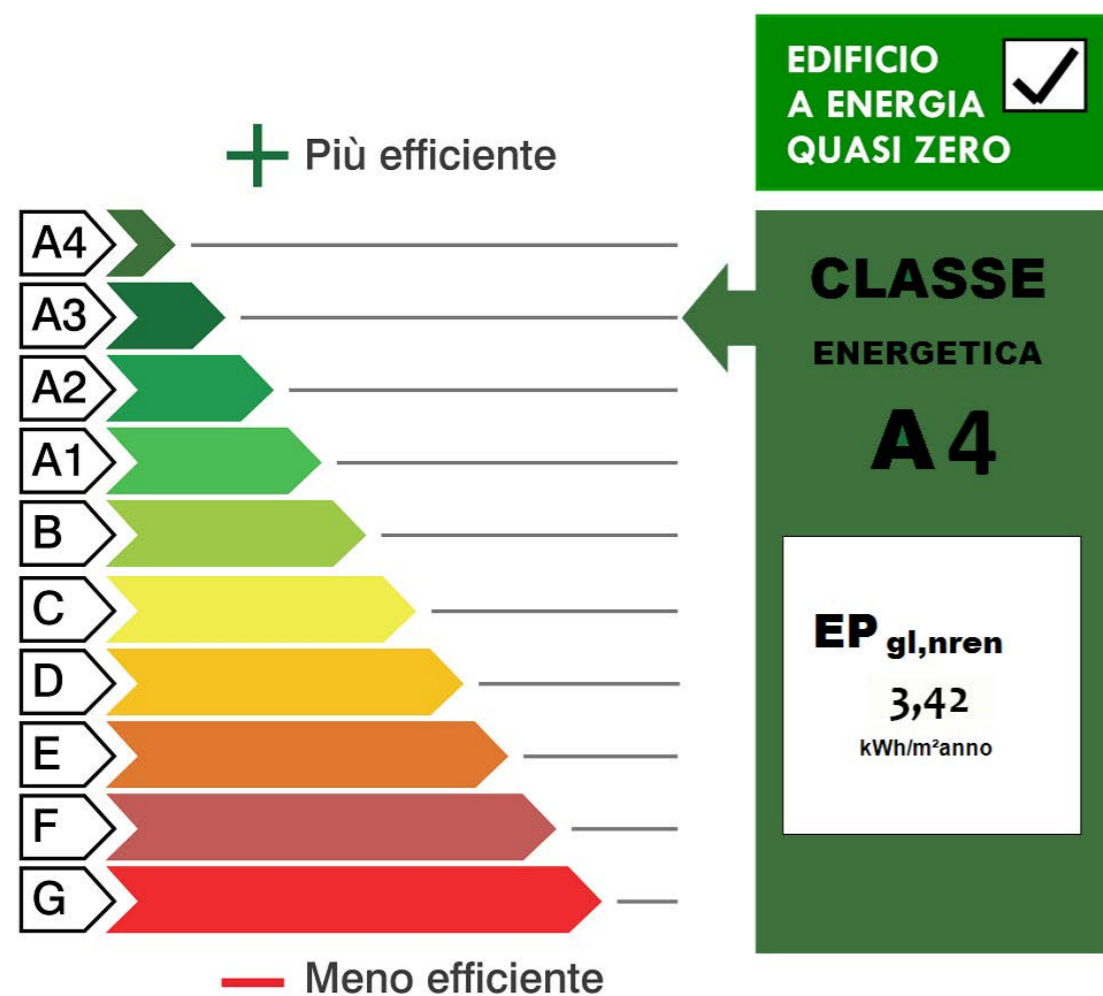


Fig. 7.14 Grafico prestazionale edificio.

8

Progetto impiantistico

L'edificio è una macchina tecnologica che funziona tramite l'utilizzo di diversi impianti, in questo caso studio in particolari i principali sono quello elettrico e quello idraulico. L'impianto elettrico gestisce il riscaldamento l'illuminazione il funzionamento degli elettrodomestici e i vari sistemi di sollevamento d'acqua. L'impianto idraulico è progettato per il funzionamento del blocco bagni e della cucina. Infine si progettano gli impianti di smaltimento dei reflui e di riciclo delle acque grigie.

8.1 calcolo impianto di riscaldamento

Dall'analisi della tipologia di struttura e di utenza si è scelto utilizzare un impianto di riscaldamento a pavimento di tipo elettrico per tutti gli ambienti dell'edificio. La motivazione principale è quella di cercare di risparmiare spazio nei solai interpiano dell'edificio in quanto l'altezza degli ambienti è già ridotta in partenza in quanto da pavimento a soffitto abbiamo una distanza di 2,2m. La scelta di un impianto elettrico piuttosto che uno più tradizionale ad acqua è dato anche dal fatto che nel periodo di non utilizzo le temperature potrebbero scendere al di sotto dello zero creando problemi di congelamento

del fluido all'interno dei tubi.

Come evidenziato dalla curva ideale per poter assicurare in un locale condizioni di benessere termico si devono mantenere zone leggermente più calde a pavimento e più fredde a soffitto.

Gli impianti che meglio si prestano a offrire tali condizioni sono quelli a pavimento radiante non solo per la loro posizione ma anche perché essi cedono calore soprattutto per irraggiamento, evitando così il formarsi di correnti convettive d'aria calda a soffitto e fredda a pavimento.

Per merito della loro elevata superficie disperdente, gli impianti a pannelli possono riscaldare a basse temperature e in modo più omogeneo.

Per il dimensionamento del sistema di ri-

Piano terra		
Locale	Sup, locale	Carico totale
	m ²	w
Ingresso bar	22,9	1.040
Sala da pranzo	91,8	1.450
Cucina	30,6	646,1
Bagno	10,9	221,2

Tab. 8.1 Carico termico piano terra.

Piano primo		
Locale	Sup, locale	Carico totale
	m ²	w
Bagni	19,1	313,4
Camera da letto 1.1-1.6	10,6	173,8
Camera da letto 1.7	8,2	135,2
Corridoio	51,3	789,0

Tab. 8.2 Carico termico piano primo.

Piano secondo		
Locale	Sup, locale	Carico totale
	m ²	w
Camera da letto 2.1-2.3	22,5 m ²	468,3
Camera da letto 2.4	8,2 m ²	188,7
Bagni	19,1 m ²	313,4

Tab. 8.3 Carico termico piano secondo.

scaldamento a pavimento si è fatto riferimento alla norma UNI EN1264 1-2-3-4.

Nella tabella seguente sono riportati per ciascun locale i valori relativi alla sua superficie e al suo carico termico calcolato in precedenza. In prima istanza per il dimensionamento dell'impianto è stata valutata l'efficienza del sistema; questo calcolo coinvolge diversi fattori a partire dall'ambiente con cui confina che può essere un locale riscaldato o l'ambiente esterno e lo spessore di isolamento presente all'interno della stratigrafia.

Quindi per valutare la resa del sistema è stato effettuato il calcolo della resistenza termica dello strato di rivestimento del pavimento e della resistenza termica degli strati sottostanti le serpentine dell'impianto.

Queste valutazioni sono state eseguite sulla stratigrafia C.O.1 da cui risulta una resistenza termica verso l'alto pari a 0,143 [m²K/W] che è stata determinata con la seguente formula:

$$R_o = 0,093 + R\lambda b$$

Dove:

Rλb è la resistenza termica del rivestimento del pavimento.

Mentre la resistenza termica verso il basso risulta essere pari a 10,1 [m²K/W] che è stata determinata con la seguente formula:

$$R_u = R\lambda_{ins} + 1/\alpha_u$$

Dove:

Rλins è la resistenza termica degli strati

sottostanti il pavimento radiante;

αu è il coefficiente di scambio termico limite che nel nostro caso è caso vale 5,99 [W/m²K].

Per procedere con il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento è necessario, come dato di partenza, il flusso termico richiesto per riscaldare i singoli locali. Il calcolo del fabbisogno specifico di ogni ambiente è stato eseguito dividendo il carico termico del singolo ambiente per la relativa superficie di pavimento. Come mostrato in tabella, il locale maggiormente sollecitato con un fabbisogno specifico di 45,35 [W/m²] è la sala da pranzo che viene quindi presa in esame per poter dimensionare l'impianto.

Una volta determinati i valori di resistenza della stratigrafia e del fabbisogno termico specifico è stato possibile procedere alla determinazione della potenza termica totale che deve essere immessa all'interno del sistema.

La potenza termica richiesta, tenendo conto anche delle dispersioni verso il basso, risulta essere pari a 48,97 [W/m²] che è stata calcolata con la seguente formula: $q_{tot} = q + q(R_o/R_u) + \Delta T/R_u$

dove:

q è il fabbisogno termico specifico;

ΔT è la differenza di temperatura tra l'ambiente interno e quello esterno che nel nostro caso è pari a 30°C. Di seguito viene riportata una tabella contenente tutti i valori di potenza termica richiesta per ogni

Piano terra				
Locale	Sup,utile	Carico totale	Carico specifico	Carico di progetto
	m ²	w	w/m ²	w/m ²
Ingresso bar	22,9	1.040,0	45,36	50
Sala da pranzo	91,8	1.450,0	15,80	20
Cucina	20	646,1	32	35
Bagno	5,2	221,2	42,5	45

Tab. 8.4 Progetto potenza impianto di riscaldamento piano terra.

Piano primo				
Locale	Sup,utile	Carico totale	Carico specifico	Carico di progetto
	m ²	w	w/m ²	w/m ²
Bagni	11,3	313,4	27,73	30
Camera da letto 1.1-1.6	4,1	173,8	43,35	50
Camera da letto 1.7	3,2	135,2	42,25	50
Corridoio	12,7	789,0	62,12	65

Tab. 8.5 Progetto potenza impianto di riscaldamento piano primo.

Piano secondo				
Locale	Sup,utile	Carico totale	Carico specifico	Carico di progetto
	m ²	w	w/m ²	w/m ²
Camera da letto 2.1-2.3	11,2	468,3	41,81	45
Camera da letto 2.4	3,3	188,7	57,18	60
Bagni	6,5	313,4	48,22	50

Tab. 8.6 Progetto potenza impianto di riscaldamento piano secondo.

8.2 Funzionamento e caratteristiche dell'impianto

Il tappeto radiante è suddiviso in rotoli e per disporlo bisogna tagliare con una forbice o un taglierino i singoli elementi secondo la lunghezza indicata nel progetto. Per evitare una caduta di tensione all'estremità della termostriscia e quindi una perdita di efficienza, il carico massimo consigliato per singola striscia è di watt è 225W e la lunghezza di progetto della singola striscia non deve superare 7,5 metri. l'installazione dev'essere effettuata in ambienti aperti e non sotto mobili fissi,

come ad esempio librerie, credenze, cucine e la distanza minima tra gli elementi e gli impianti idraulici deve essere di almeno 5 cm. gli elementi sono tenuti fermi sul sottofondo con malta cementizia o chiodi o nastro omologato, è possibile effettuare i collegamenti tra tappeto radiante e cavo direttamente sul pavimento, sulla parete dietro il battiscopa o su rialzi nella parte sottostante il sottofondo.

La fase successiva prevede il collegamento delle strisce radianti ai cavi della corrente elettrica e l'installazione del trasformatore in un locale tecnico con relativo



Fig. 8.1 Piante riscaldamento a pavimento dell'edificio.

circuito di protezione, Il trasformatore deve essere collocato in verticale su una parete, a soffitto, a pavimento o in un locale tecnico in modo tale che vi sia adeguata dispersione di calore. Ogni stanza può disporre di uno o più trasformatori e quindi se necessario, di un numero superiore a 2 nodi partitori. La potenza massima in watt, sul singolo canale secondario e quindi per interruttore automatico è 450 watt (o 18,75 amp a 24V).

Importante è Rendere minime le cadute di tensione pianificando percorsi dei cavi più brevi possibili sulla base del piano di posa rilasciato. Gli elementi vanno sempre collegati in parallelo e con i cavi della stessa polarità.

L'operazione finale è quella di collegare

il dispositivo di controllo al trasformatore in modo tale da tenere sotto controllo l'impianto. È possibile collegare fino a 20 alimentatori ad una unità di controllo con un ritardo all'accensione di 1,5 secondi tra ogni alimentatore.

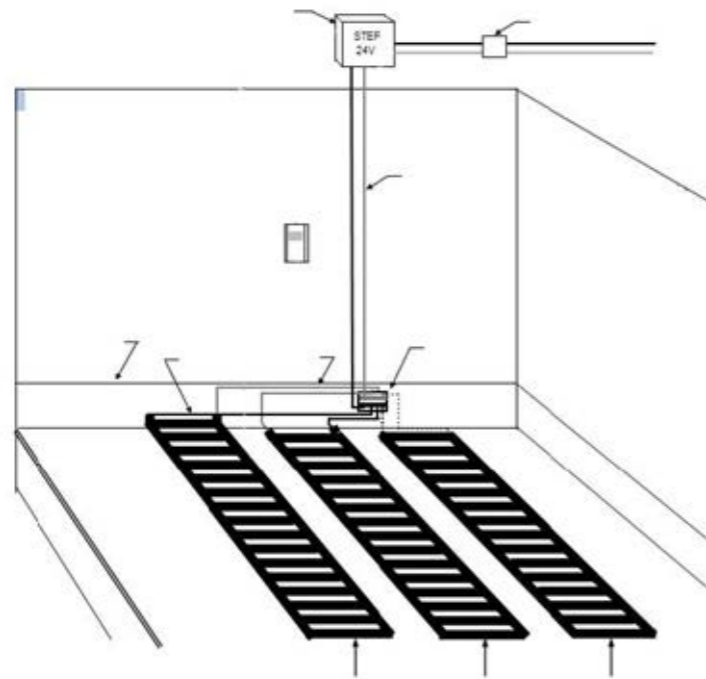


Fig. 8.2 Schema impianto di riscaldamento a pavimento elettrico.

8.3 Impianto fotovoltaico

L'energia elettrica prodotta per il funzionamento del rifugio viene ricavata attraverso due sistemi differenti. Il principale è quello dell'energia fotovoltaica prodotta dai pannelli posti in copertura e sulla facciata sud-ovest. Il secondo sistema è un generatore a gasolio che si occupa di fornire energia la rifugio in caso di emergenza o di mancata produzione da parte del fotovoltaico.

8.3.1 Caratteristiche impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico scelto è suddiviso in due parti captanti dell'edificio che insieme raggiungono una potenza di picco di 22,5 kw i pannelli posti in copertura sono 200 mentre quelli in facciata 50. Ogni

pannello fotovoltaico in Film sottile di silicio amorfo è in grado di esprimere una potenza di 150 w di picco ed ha Fattore di efficienza fpv pari a 0,80. I pannelli trasferiscono l'energia immagazzinata ad un regolatore di carica, da qui l'energia viene stoccata in un set di 5 batterie d'accumulo da 13,5 kwh per un totale di 67,5 kwh oppure utilizzata direttamente. Prima di essere utilizzata direttamente la corrente elettrica dev'essere trasformata da un inverter in corrente alternata e successivamente passare dal contatore generale. I moduli installati sul tetto catturano l'energia del sole e la trasformano in energia elettrica, sottoforma di corrente continua. La rete domestica, tuttavia, utilizza una tipologia di corrente elettrica caratterizzata

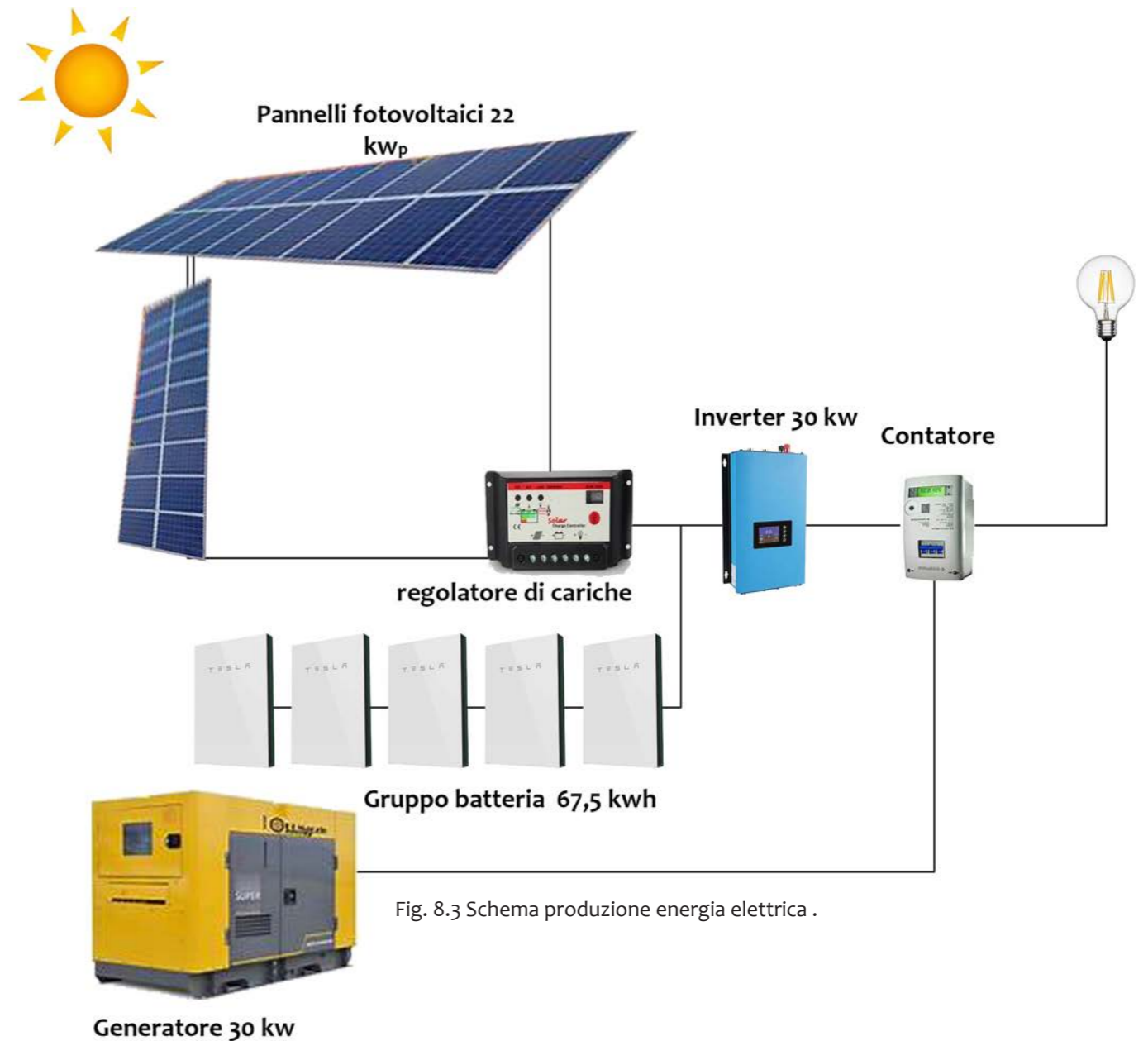


Fig. 8.3 Schema produzione energia elettrica .

da due flussi di energia, ovvero la corrente alternata a una frequenza costante di 50 Hz. Ed è proprio qui che entra in gioco l'inverter fotovoltaico. Il suo compito principale è proprio quello di convertire la corrente continua generata dai pannelli, in corrente alternata a 230 volt e 50 Hz. Accanto a questo, ci sono tutta una serie di funzioni altrettanto fondamentali:

- Contribuisce al rendimento energetico di un impianto fotovoltaico ottimizzando la potenza
 - Il suo rendimento determina la quantità di energia elettrica che da continua viene trasformata in alternata
 - Segnala la presenza di eventuali anomalie
 - Protegge il sistema in caso di blackout o sovratensioni
- la potenza di un inverter andrebbe scelta sulla base del consumo istantaneo massimo previsto. In altre parole, quanta potenza i vari elettrodomestici e apparecchi accesi in contemporanea assorbono dalla rete. Sulla base di questo, vediamo come la potenza necessaria sia, tipicamente 1-5 kW a livello residenziale e 6-20 kW a livello commerciale. L'inverter fotovoltaico va installato in un luogo isolato e ventilato, per evitare surriscaldamenti all'involucro con temperature non sotto i 5°C e non sopra i 40°C.

In mancanza di energia elettrica il sistema va a ripescare energia direttamente dalle batterie, quando le batterie saranno completamente scariche entrerà in funzione il generatore a diesel.

8.3.2 generatore di corrente alternata

Le caratteristiche principali che differenziano i diversi modelli di generatore di corrente sono: alimentazione, potenza, rumorosità e autonomia. Tra gli altri parametri da considerare in fase di progettazione rientrano anche il peso, le dimensioni, i sistemi di protezione, il numero di prese ed il tipo di raffreddamento.

- Alimentazione

Un generatore elettrico non è altro che un motore, capace di produrre energia grazie alla combustione di un carburante, in genere benzina o diesel.

I generatori diesel risultano più economici e, normalmente, sono quelli più utilizzati in ambito professionale, grazie alla possibilità di rimanere in funzione anche per molte ore consecutive. Di contro, questa tipologia di gruppo elettrogeno può risultare poco indicata nel caso di impiego in ambienti esterni in presenza di un clima particolarmente rigido. Per questo viene installato all'interno del rifugio in modo tale da funzionare a temperature non troppo basse.

- Potenza

Il parametro più importante nella scelta di un gruppo elettrogeno è quello relativo alla potenza elettrica generata. In questo caso il generatore deve alimentare l'intero rifugio in caso di emergenza quindi la sua potenza dev'essere di 60 kw

- Rumorosità

Un altro fattore da considerare con attenzione è quello relativo alla rumorosità. Tutti i tipi di generatore di corrente, una volta in funzione, inevitabilmente producono rumore, ma grazie all'adozione di particolari accorgimenti in fase di progettazione (come l'aggiunta di una scocca esterna insonorizzata) è possibile minimizzare il disturbo provocato dall'accensione.

Se nei modelli base la rumorosità si attesta mediamente tra i 70 e gli 80 db a 7 metri di distanza, nei gruppi elettrogeni silenziati, questa si porta tra i 60 ed i 70 db, naturalmente a parità di potenza.

- Autonomia

i gruppi elettrogeni che presentano potenza maggiore garantiscono una migliore resa energetica e, di conseguenza, anche una più lunga autonomia.

Ad influenzare in modo diretto l'autonomia di un generatore elettrico sono anche la dimensione del serbatoio (maggiore la capacità e maggiore il numero di ore

consecutive di utilizzo) e l'adeguatezza della potenza prodotta a quella richiesta dai macchinari collegati: un gruppo elettrogeno garantisce il rispetto dell'autonomia indicata dal produttore solo quando sottoposto ad uno sforzo adatto alla sua capacità.

8.4 Impianto elettrico

Un impianto elettrico per civile abitazione è definito come l'insieme di tutti i componenti preposti a generare, distribuire e utilizzare la corrente elettrica.

L'impianto elettrico, così come è definito dall'articolo 21 della norma CEI 64-8, è costituito da:

- circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori
- circuiti di alimentazione delle prese a spina
- apparecchiature di protezione.

Per soddisfare i requisiti prestazionali di un impianto elettrico si valutano due fondamentali criteri progettuali:

- la facilità d'adeguamento dell'installazione alle mutevoli esigenze abitative ed organizzative
- intesa come protezione di persone e cose che in qualche modo interagiscono con l'ambiente in piena coerenza con la norma CEI 64-8.

Tutti i materiali e gli apparecchi utilizzati devono rispondere alle norme CEI ed alle tabelle di unificazione CEI-UNEL e devono essere contrassegnati dal marchio IMQ quando è previsto. Devono essere adatti all'ambiente in cui si installano e devono avere caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive e termiche a cui sono sottoposti.

Un adeguato numero di circuiti ed un corretto dimensionamento delle linee e delle protezioni sono caratteristiche essenziali per un impianto elettrico efficiente e sicuro. Una progettazione errata può essere causa di danni gravi o gravissimi a cose e/o persone.

L'impianto elettrico deve essere progettato considerando i seguenti aspetti:

- superficie calpestabile dell'abitazione
- carichi elettrici impiegati
- esigenze della committenza accordi fra committente e progettista.

La CEI 64-8 prevede che il valore minimo della potenza di impiego sia pari a:

3 kW per superfici fino a 75 m² o 6 kW oltre i 75 m² anche se il contratto di fornitura può essere stipulato per una potenza inferiore.

8.4.1 Livelli prestazionali secondo la CEI 64-8

Vengono indicate tre frecce in cui sono dichiarati i tre livelli prestazionali: base, standard e livello domotico. La norma CEI 64-8 stabilisce una classificazione degli impianti elettrici prevedendo tre livelli riferiti alle prestazioni impiantistiche del sistema:

- Livello 1 prevede un numero minimo di punti prese e punti luce distribuiti in modo uniforme in base alla metratura o alla tipologia di vano un numero minimo di circuiti almeno due interruttori differenziali.
- Livello 2 prevede un numero maggiore di componenti rispetto al livello precedente l'installazione di un sistema di controllo dei carichi.
- Livello 3 l'impianto deve gestire funzioni più complesse (ad esempio controllo delle temperature, rivelazione incendi, controllo remoto, ecc).

Di seguito proponiamo una tabella di sintesi relativa ai livelli prestazionali in funzione dei metri quadri e alla dotazione minima da garantire. La superficie considerata è quella calpestabile ed è espressa in m².

Tabella sui livelli prestazionali

		Livello 1			Livello 2			Livello 3		
Per ogni locale (es. camera da letto, soggiorno, studio, ecc)	8 < A ≤ 12 12 < A ≤ 20 A > 20	4 [1] 5 [2] 6 [3]	1 1 2	1	5 7 8	2 2 3	1	5 8 10	2 3 4	1
Ingresso		1	1	-	1	1	-	1	1	-
Angolo Cottura		2(1)	-	-	2(1)	1	-	3(2)	1	-
Locale Cucina		5(2)	1	1	6(2)	2	1	7(3)	2	1
Lavanderia		3	1	-	4	1	-	4	1	-
Locale da bagno o doccia		2	2	-	2	2	-	2	2	-
Locale servizi (WC)		1	1	-	1	1	-	1	1	-
Corridoio	L ≤ 5 m L > 5 m	1 2	1 2	-	1 2	1 2	-	1 2	1 2	-
Balcone/Terrazzo	A ≥ 10	1	1	-	1	1	-	1	1	-
Ripostiglio	A ≥ 1	-	1	-	-	1	-	-	1	-
Cantina/Soffita		1	1	-	1	1	-	1	1	-
Box auto		1	1	-	1	1	-	1	1	-
Giardino	A ≥ 10	1	1	-	1	1	-	1	1	-

Fig. 8.4 Tabella sui livelli prestazionali.

l'area rappresenta la superficie calpestabile dell'abitazione, si escludono terrazzi, portici, cantine, soffitte e ulteriori pertinenze; nelle camere da letto si può prevedere una presa in meno rispetto a quella indicata dalla tabella; si escludono i circuiti di alimentazione di apparecchi specifici come le caldaie, lo scaldacqua, condizionatori.

8.4.2 Numero di circuiti da prevedere

Per circuito si intende una porzione dell'impianto dotata dello stesso interruttore magnetotermico o dallo stesso interruttore differenziale.

Di seguito si riporta la tabella con le dotazioni minima di circuiti previsti per i vari livelli.

Livello 1		Livello 2		Livello 3	
area (m ²)	numero circuiti	area (m ²)	numero circuiti	area (m ²)	numero circuiti
A ≤ 50	2	A ≤ 50	3	A ≤ 50	3
50 < A ≤ 75	3	50 < A ≤ 75	3	50 < A ≤ 75	4
75 < A ≤ 125	4	75 < A ≤ 125	5	75 < A ≤ 125	5
A > 125	5	A > 125	6	A > 125	7

Tab. 8.7 Tabella livelli prestazionali.

8.4.3 Criteri generali di posizionamento delle prese

Il progettista deve agevolare l'utilizzo dell'energia elettrica prevedendo un numero ed un posizionamento idoneo dei punti presa, funzione del tipo di vano e delle attività svolte all'interno di ciascuno spazio. Per "punto presa" si intende la scatola frutti predisposta per l'installazione di una o più prese di energia. I punti presa sono indipendenti dal numero effettivo di prese nel vano. La quota minima di una presa dal pavimento è di 17,5 cm da terra.

Posizionamento frutti in cucina

Relativamente alla posizione delle prese nel vano cucina, si consiglia quanto segue: altezza per le prese del piano cottura,

del frigo, del forno, della lavastoviglie: 30 cm dal pavimento nel caso in cui il forno è a colonna: tra 80 e 110 cm da terra per piccoli elettrodomestici sul piano di lavoro: tra 110-120 cm. È opportuno inoltre distanziare di almeno 60 cm le prese dal piano cottura e dal lavello per evitare la vicinanza alle fonti di calore e agli schizzi d'acqua. Nel caso di guasto ad un elettrodomestico potrebbe essere necessario interrompere la corrente ad uno solo di essi. Quando non è possibile staccare con facilità la presa di alcuni elettrodomestici, come il forno o il frigorifero, è consigliato installare un interruttore bipolare dal quale si può staccare l'alimentazione dell'elettrodomestico senza dover interrompere l'intera linea.

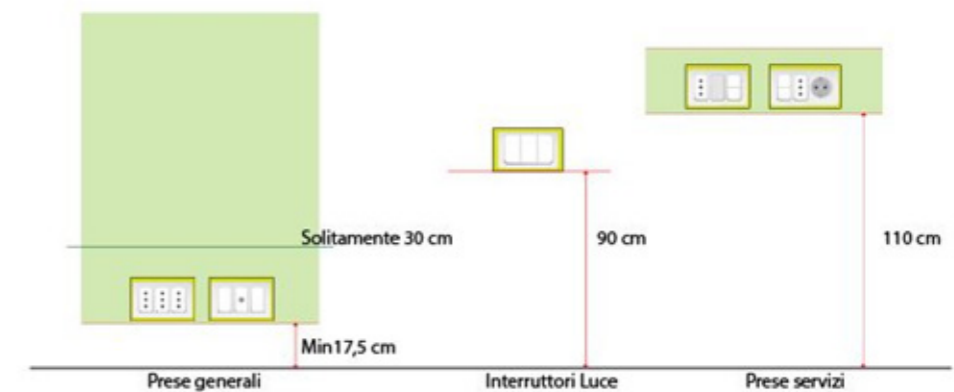


Fig. 8.5 Schema posizionamento altezza delle prese.

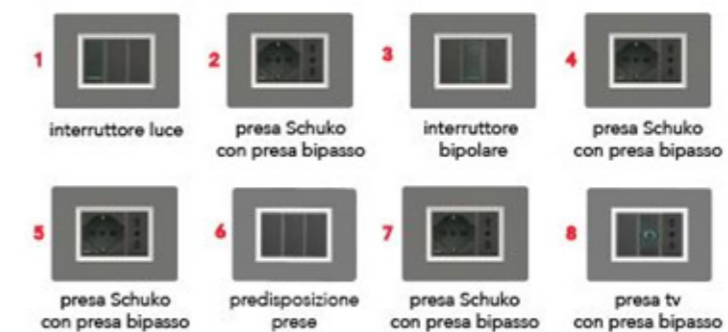


Fig. 8.6 Tipi di prese da inserire nell'impianto.

Per la cucina sono stati progettati:
 5 punti presa.
 1 punto luce.
 Questi sono solitamente disposti:
 2 prese nei pressi della porta sopra il piano di lavoro vicino gli elettrodomestici (piano cottura, frigo, lavastoviglie) vicino i piccoli elettrodomestici (fornetto, macchinetta

del caffè).
 Questa immagine rappresenta un'ipotetica distribuzione delle prese e degli interruttori in una cucina.



Fig. 8.7 Esempio di disposizione delle prese in cucina.

Locale	n punti presa	n punti luce
Ingresso bar	4	8
Sala da pranzo	8	16
Bagno Pt	4	4
Bagno 1p	4	4
Bagno 2p	4	4
Cucina	8	4
Scale	4	4
Scale d'emergenza	4	4
Camere 1.1-1.7	2	2
Camere 2.1-2.4	4	4
corridoio 1p	4	4
corridoio 2p	2	4

Tab. 8.8 Punti presa e punti luce.

8.5 Impianto idraulico e produzione acqua calda sanitaria

L'acqua è un bene prezioso soprattutto in una struttura isolata dalla rete come un rifugio d'alta montagna. L'acqua per uso sanitario viene prodotta tramite lo scioglimento della neve in un bollitore all'esterno al rifugio da 1000 l e successivamente immagazzinata in una cisterna da 5000 litri all'interno del rifugio nel locale adibito alla sua gestione. Da qui l'acqua viene messa in circolo tramite una pompa di cui calcoleremo la prevalenza. I circuiti d'acqua presenti all'interno dell'edificio sono due uno che serve direttamente il blocco bagni situato vicino all'ingresso e l'altro che rifornisce la cucina.

La produzione di acqua calda è sviluppata con l'utilizzo di una caldaia istantanea funzionante ad energia elettrica.

Per la determinazione del consumo totale di acqua calda nel periodo di punta, che nel caso specifico è pari a 1,5 ore, occorre tener conto del numero degli apparecchi sanitari installati e della loro frequenza d'uso.

Per la determinazione dei consumi di acqua in funzione dell'apparecchio si è fatto riferimento alla norma UNI 9182, nella tabella seguente sono riportati i consumi unitari e totali dei diversi apparecchi installati all'interno dell'edificio.

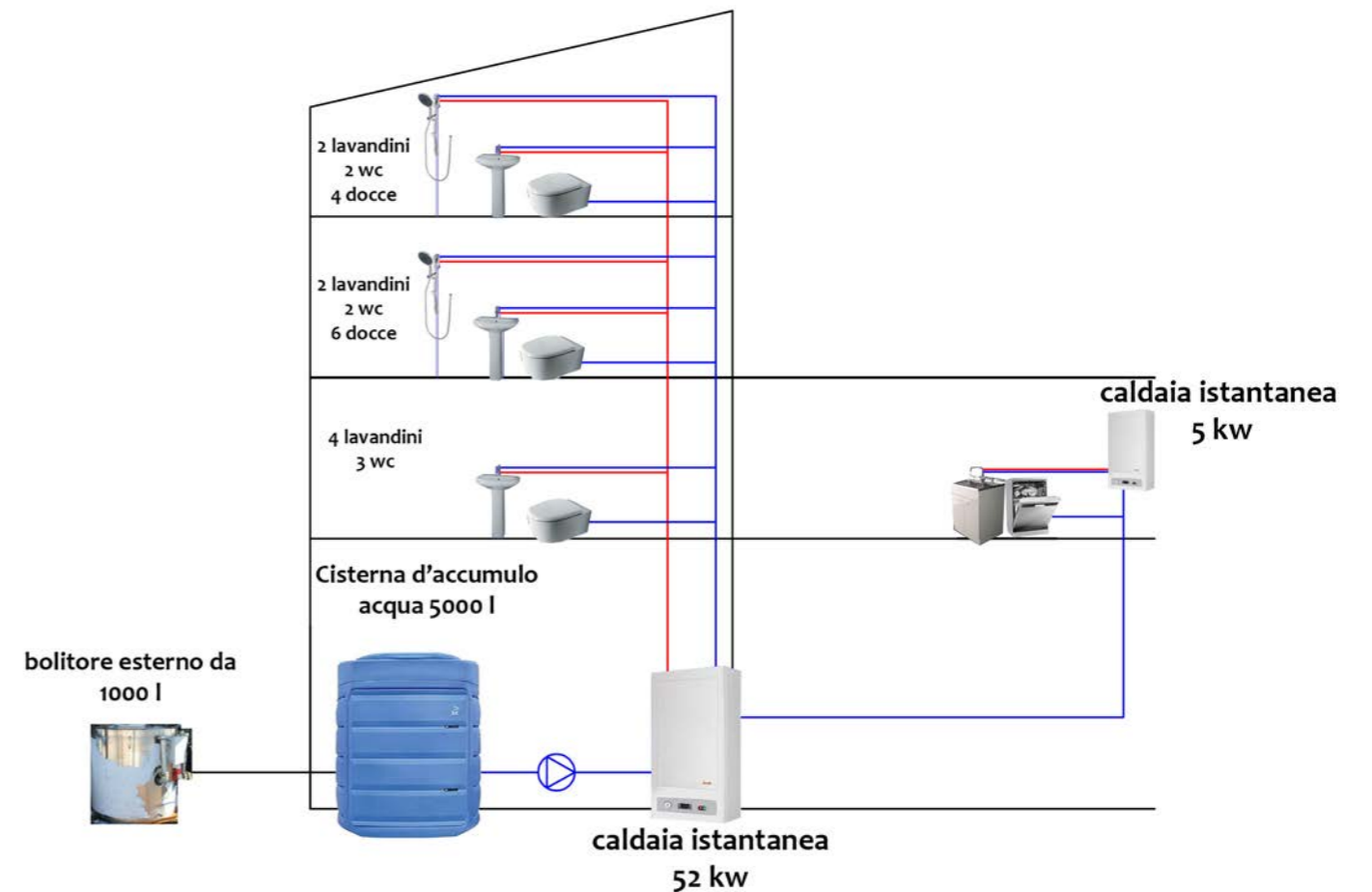


Fig.8.8 Schema impianto idraulico.

Apparecchi	n	Qu calda	Qu fredda	Q calda	Q fredda
		l/s	l/s	l/s	l/s
Wc	9	0	0,1	0	0,9
Lavabo	9	0,1	0,1	0,9	0,9
Doccia	10	0,15	0,15	1,5	1,5
Lavastoviglie	2	0	0,2	0	0,4
Lavello	2	0,2	0,2	0,4	0,4
Totale				2,8	4,1

Tab. 8.9 Portata massima apparecchi impianto idraulico.

Dopo la definizione delle portate che devono essere garantite ai diversi apparecchi, è stata dimensionata la rete di distribuzione.

La rete viene dimensionata utilizzando il metodo della velocità massima nel nostro caso 1,5 m/s.

$$D_{max} = \sqrt[3]{(4Q/v) \pi}$$

Dove:

Q è la portata volumetrica dell'acqua [m³/s];

v è la velocità stabilita come 1,5 [m/s];

D è il diametro di progetto [m];

Tratto	Acqua calda					
	Portata	Vmax	Diametro	Diametro	n uscite collettore	Diametro scelto
	m ³ /s	m/s	m	mm		mm
Colonna principale	0,0005	1,5	0,02	20,67	1	28
Collettore Po						
Lavabi	0,0001	1,5	0,009	9,22	2	10
Collettore PT						
Lavabi	0,0002	1,5	0,014	14,00	3	10
Collettore P1						
Lavabi	0,0002	1,5	0,013	13,0	2	10
Docce	0,0004	1,5	0,018	18,4	2	10
Collettore P2						
Lavabi	0,0002	1,5	0,013	13,03	2	10
Docce	0,0003	1,5	0,017	17,15	2	10

Tab. 8.10 Progetto diametro tubazioni impianto acqua calda.

Tratto	Acqua fredda					
	Portata	Vmax	Diametro	Diametro	n uscite collettore	Diametro scelto
	m ³ /s	m/s	m	mm		mm
Colonna principale	0,0007	1,5	0,025	25,00	1	28
Collettore Po						
WC	0,0002	1,5	0,013	13,03	2	10
Lavabi	0,0002	1,5	0,013	13,03	2	10
Collettore PT						
Wc	0,0002	1,5	0,013	13,42	3	10
Lavabi	0,0002	1,5	0,014	14,00	4	10
Collettore P1						
WC	0,0002	1,5	0,013	13,03	2	10
Lavabi	0,0002	1,5	0,013	13,03	2	10
Docce	0,0004	1,5	0,018	18,4	2	10
Collettore P2						
WC	0,0002	1,5	0,013	13,03	2	10
Lavabi	0,0002	1,5	0,013	13,03	2	10
Docce	0,0003	1,5	0,017	17,15	2	10

Tab. 8.11 Progetto diametro tubazioni impianto acqua fredda.

Tratto	Acqua cucina					
	Portata	Vmax	Diametro	Diametro	n uscite collettore	Diametro scelto
	m ³ /s	m/s	m	mm		mm
Colonna principale	0,0004	1,5	0,02	19,80	1	28
Collettore Po						
Lavello caldo	0,0002	1,5	0,013	13,03	1	14
Lavello freddo	0,0002	1,5	0,013	13,03	1	14
Lavastoviglie	0,0004	1,5	0,018	18,43	1	20

Tab. 8.12 Progetto diametro tubazioni impianto acqua cucina.

È stata infine dimensionata la pompa sulla base della prevalenza ricavata dal ramo idraulicamente più sfavorevole. L'impianto è dotato inoltre di una rete di ricircolo dimensionata in modo da poter compensare le dispersioni termiche della rete. A tal fine si è proceduto definendo innanzitutto il salto termico ammesso fra la temperatura di partenza dell'acqua calda e quella di erogazione all'apparecchio più sfavorito che è stato assunto pari a 2°C. Dopo si determinano le portate delle colonne dividendo le dispersioni termiche delle colonne per il salto termico ammesso. Le dispersioni termiche della rete sono state calcolate ipotizzando che i tubi disperdano mediamente 10 kcal/h per ogni metro.

La prevalenza totale della pompa si calcola in questo modo:

$$H_t = h_g + h_p + h_r = 17,7 \text{ m}$$

Dove:

h_p perdite di energia dinamica dell'acqua principalmente dovute all'attrito contro le pareti del tubo e gli accessori presenti in un impianto;

h_i L'altezza massima possibile tra la bocca di mandata della pompa e il punto di uscita dell'acqua (solitamente un rubinetto) (m);
 h_s L'altezza tra il livello dell'acqua nel bacino idrico e la bocca di aspirazione della pompa (m);

h_g L'altezza geometrica dal livello dell'acqua nel bacino idrico al punto di ingresso dell'acqua più lontano e sfavorevole (m);

h_g altezza geometrica dal livello dell'acqua nel bacino idrico al punto di ingresso dell'acqua più lontano e sfavorevole (m);

h_r Pressione richiesta nel punto di ingresso dell'acqua più lontano e sfavorevole (RUBINETTO) (20 m salvo diversamente specificato)

$$h_s = 5 \text{ m}$$

$$h_g = h_i + h_s = 9,5 \text{ m} + 5 \text{ m} = 14,5 \text{ m}$$

$$h_t = 14,5 + 2,2 \text{ m} + 1 \text{ m} = 17,7 \text{ m}$$

Portata da sollevare $Q = 1,23 \text{ l/s}$

In base a questi dati scegliamo la pompa adatta per l'impianto idraulico progettato.

8.6 Acque reflue

8.6.1 Trattamento acque di scarico

Per progettare e calcolare l'impianto di scarico è stato necessario conoscere i quantitativi massimi di acque scaricabili dai singoli apparecchi. La rete di scarico per le acque nere dagli apparecchi sanitari è stata realizzata mediante tubazioni in PVC per le colonne e i tratti sub orizzontali fino all'entrata nell'impianto di smaltimento. Tutte le colonne saranno munite al piede di sifone ispezionabile con chiusura idraulica, mentre in copertura le stesse verranno prolungate e protette da un esalatore d'aria. La pendenza dei collettori sub orizzontali, sia di raccolta interni al fabbricato che esterni interrati, non dovrà essere inferiore all'1%. Per il calcolo si tiene conto della contemporaneità di scarico, ovvero la percentuale di probabilità che due o più apparecchi, allacciati ad un'unica colonna, scarichino contemporaneamente. All'interno della rete di scarico è stato inserito il sistema di ventilazione parallela diretta il cui corretto dimensionamento permette di escludere la formazione di pressioni e depressioni idrostatiche evitando quindi il riempimento totale dei collettori e delle colonne di scarico, il sistema di ventilazione parallela diretta, costituito da una vera e propria colonna di ventilazione posata accanto alla colonna di scarico e collegata ad ogni piano permettendo di caricare maggiormente la condotta stessa. I materiali che costituiscono le condotte e le cappe di ventilazione devono resistere all'aggressività dei gas di fognatura ed agli agenti corrosivi in generale. Le colonne e i collettori di ventilazione primaria sono da dimensionare con un diametro maggiore dei 2/3 di quello della colonna di scarico. La colonna di ventilazione deve sporgere dal tetto di una misura maggiore di 30 cm e non deve presentare nessuna copertura, né congegni che ne diminuiscano la sezione di passaggio dell'aria. Il dimensionamento della rete di scarico si effettua utilizzando delle tabelle di natura empirica che forniscono i diametri dei tratti della rete in funzione della portata di scarico e della loro pendenza. Come unità di misura delle acque di scarico si adotta un valore base, corrispondente ad uno scarico specifico di 0,25 l/s o 15 l/min che prende il nome di unità di scarico. Tutti i punti di scarico di acque usate (apparecchi), sono ripartiti, secondo la loro potenzialità specifica di scarico, in unità costituenti dei gruppi di valori d'allacciamento. Per il calcolo del carico totale Q_t di acque usate che affluiscono in una colonna o in un collettore, si esegue la somma dei singoli valori specifici di scarico secondo i tipi di apparecchi allacciati che sono definito dalla normativa UNI EN12056. Il carico totale deve essere ridotto per tenere conto della contemporaneità, ciò viene fatto mediante la seguente formula: $Q_r = k \times Q_{t0,5}$ dove:

Q_r è il carico ridotto, cioè il carico probabile contemporaneo;
 k è il coefficiente di frequenza che nel nostro caso è pari a 0,5;
 Q_t è il carico totale delle acque reflue.
 Quindi, secondo il sistema di ventilazione scelto o la pendenza fissata, si determinano i rispettivi diametri di colonne e collettori. All'interno dell'edificio sono state realizzate due colonne di scarico distinte: la prima che serve esclusivamente i wc mentre la seconda raccoglie l'acqua di scarico proveniente dalle docce e dai lavabi convogliandola in un sistema che ne permette il riuso. Il dimensionamento delle colonne di scarico e la relativa condotta di ventilazione è stata fatta considerando il numero di apparecchi allacciati che nel nostro caso varia in funzione della colonna, come si vede in tabella, e la relativa portata. Avendo adottato un sistema di scarico a ventilazione parallela diretta, la capacità di scarico è circa il 40% più elevata di quella del sistema a sola ventilazione primaria.

Il carico totale deve essere ridotto per tenere conto della contemporaneità, ciò viene fatto mediante la seguente formula:

$$Q_r = k \times Q_{t0,5}$$

dove:

Gruppo d'unità di scarico	Tipo di apparecchi idrosanitari	Intensità di scarico Q in l/sec.	Durata indicativa dello scarico in secondi
1	- bacinella ad uso dentistico - fontanella a zampillo	0,25	
2	- lavamani, lavabo - bidet - lavabo a canale (3 rubinetti) - centrifuga ad uso domestico - piatto doccia	0,50	10 sec.
4	- vasca da bagno - lavapiedi (5 pilette) - lavabo a canale (10 rubinetti) - orinatoio - lavello da cucina semplice e doppio - lavastoviglie - lavatoio per lavanderia - lavatrice fino a 6 kg - pozzetto a pavimento con uscita ϕ 63	1,00	180 sec. 10 sec. 30-60 sec.
6	- vasca da bagno terapeutica - lavatrice da 7 kg a 12 kg - pozzetto a pavimento con uscita ϕ 75 - lavastoviglie per ristoranti - lavatoio doppio per lavanderia	1,50	
10	- w.c. (tutti i tipi) - vuotacchio - lavatrice da 13 kg a 40 kg - pozzetto a pavimento con uscita ϕ 90-110	2,50	6- 8 sec. 60-120 sec.

Fig.8.9 Tabella calcolo delle tubature impianto di scarico.

Colonna 1			
Apparecchi	n	Q UNIT l/s	Q l/s
WC	9	2,5	22,5
Contemporaneità			2,3717082
Colonna 2			
Doccia	10	0,5	5
Lavabo	9	0,5	4,5
			1,5411035
Colonna 3			
Lavello	2	1	2
Lavastoviglie	2	1	2

Tab. 8.13 Progetto diametro impianto acque reflue.

∅ interno/ esterno mm	portata Q l/sec.	totale * servizi tipo allacciabili	servizi * tipo allacciabili per piano	ventila- zione parallela ∅ mm
83/90 **	4,0			63
101/110	6,1	30	6	75
115/125	7,0	40	7	90
147/160	14,0	160	20	110

Tab. 8.14 Tabella progettazione diametro tubazioni impianto acque reflue.

È stata scelta una tubazione di 101/110 mm di diametro per la colonna 1 mentre per la colonna 2 e 3 un 83/90 mm. La colonna 1 viene incanalata in una fossa biologica posizionata all'esterno del rifugio mentre la colonna 2 viene incanalata in un sistema di recupero delle acque grigie la colonna 3 viene scaricata direttamente nell'ambiente circostante lungo le pareti del dirupo. Il dimensionamento dei collettori di scarico è stato fatto considerando la tipologia di apparecchi allacciati e la relativa portata.

8.6.2 Recupero acque grigie

La colonna 2 viene incanalata in un sistema di recupero delle acque da 2000 litri al giorno che recupera acque grigie provenienti da docce, lavandini. Il filtro con tecnologia a membrana applicato garantisce la completa separazione della biomassa dall'acqua grigia depurata; questo procedimento produce una tipologia di acqua libera da solidi e completamente debatterizzata con un'efficienza garantita del 99,99 %. Il processo di riciclaggio è costituito dal trattamento biologico e dalla filtrazione a membrana dell'acqua che sarà stoccata in un apposito serbatoio per

acque chiare; il risultato sarà un'acqua depurata e libera da qualunque carica batterica, riutilizzabile anche per docce e lavandini. L'impianto non può essere utilizzato per trattare e recuperare acqua da scarichi di cucina organicamente inquinate, acque contenenti cloro, acidi, medicinali, prodotti chimici, colori per tinteggiatura, sostanze e coloranti, acque di scarico lavastoviglie e lavatrici, acque provenienti da bagni di fango, acque provenienti dal lavaggio di indumenti nella doccia/vasca da bagno/lavandino, acqua di acquari. L'impianto viene installato indoor con serbatoi fuori terra in locale tecnico. La manutenzione richiesta è estremamente bassa: il sistema necessita solo di un controllo annuale per verificare il corret-

to funzionamento delle parti del sistema, ed eventualmente di una semplice pulizia delle membrane che compongono il filtro. Il sistema è suddiviso in tre vasche:
 Vasca 1: vasca di sedimentazione e aerazione acque grigie completa di ingresso acque grigie, uscita verso serbatoio filtraggio, troppopieno in scarico, valvola di scarico e kit collegamenti;
 Vasca 2: vasca di filtraggio completa di afflusso acque grigie, sistema di insufflaggio aria, sistema di filtraggio con filtro a membrana, pompa di spinta filtraggio, cavi e collegamenti;
 Vasca 3: vasca acqua trattata completa di accesso acqua filtrata, reintegro con acqua potabile, connessione alla stazione di pompaggio;

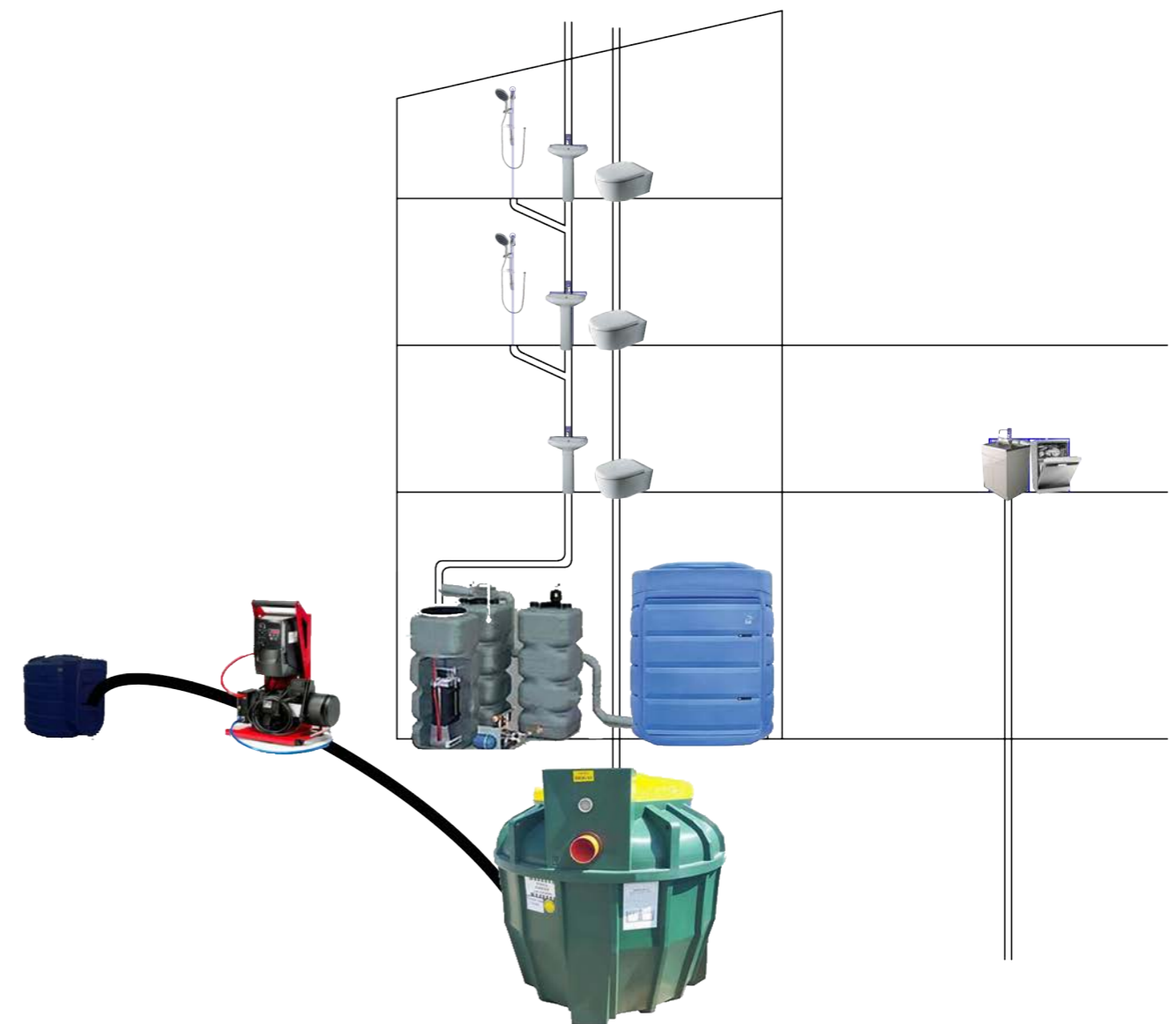


Fig.8.10 Schema impianto di scarico dei reflui.

L'acqua una volta rientrata in circolo viene utilizzata per alcuni cicli e poi viene scaricata quando viene utilizzata dai wc o dalla cucina in modo tale da garantire un ricambio d'acqua costante a livello giornaliero.

8.6.3 Smaltimento acque nere

Il trattamento delle acque nere si compone di un trattamento preliminare costituito da un degrassatore con la funzione di rimuovere il materiale galleggiante prodotto da oli, grassi e detersivi in cui la separazione avviene attraverso il principio della flottazione.

Il secondo elemento dell'impianto è costituito da una vasca Imhoff che costituisce il trattamento primario. La vasca è costituita da due comparti uno superiore dove i solidi sedimentano e una inferiore in cui avviene la digestione dei fanghi per via anaerobica. Il tasso di depurazione di questo tipo di trattamento è pari al 25%, pertanto è necessario un impianto secondario.

Per il trattamento secondario si è scelto un sistema di fitodepurazione a flusso sub-orizzontale con successiva subirrigazione nel terreno.

Per eseguire il dimensionamento dei vari componenti del sistema è necessario andare a definire il numero di abitanti equivalenti.

Con abitante equivalente (A.E.) viene indicata la quantità giornaliera di acque reflue cui corrisponde una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD₅) pari a 60 grammi di O₂ al giorno (D.Lgs. 152/06). A un abitante equivalente corrisponde anche ad una domanda chimica di ossigeno COD di 130 grammi di O₂ al giorno o un volume di scarico di 200 litri di reflu per abitante al giorno.

Per il calcolo si è considerato per la zona del ristorante 100 abitanti equivalenti, calcolati considerando 1 A.E. ogni 3 persone; la massima capacità è stata calcolata considerando il numero di persone più il

personale, per un totale di 33 A.E.. Per le camere si considerano 17 A.E.

calcolati come 1 A.E. per ogni camera con superficie minore a < 14 m² mentre per quelle con superficie superiore si considerano 2 A.E. più 1 per ogni 6 m² oltre i 14 m².

In base a tale valore è stata scelta la capacità del trattamento primario che è risultata pari a 10000 l ripartiti in 3000 l per la parte di sedimentazione e 7000 l per la parte di digestione.

La pulizia della fossa viene effettuata annualmente prima dell'apertura del rifugio tramite una pompa preinstallata che fa convergere i reflui in diversi contenitori che trasporteranno a valle i residui.

9 Progetto strutturale

In questo capitolo viene progettata e verificata la struttura in legno dell'edificio.

9.1 Dati generali

In questo paragrafo si riportano le caratteristiche generali relative all'opera, alla località di ubicazione.

Caratteristiche	
Nome progetto	Capanna Osservatorio Regina Margherita
Tipologia opera	Rifugio Alpino
Normative di riferimento	Norme tecniche 2018
Tipologia di intervento	Costruzione esistente
Classe d'uso dell'edificio	III
Località	
Comune	Alagna Valsesia
Provincia	Vercelli
Longitudine	
Latitudine	

Tab. 9.1 Caratteristiche principali del rifugio.

9.2 Riferimenti normativi

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

Normativa nazionale

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni 2018”
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle ‘Nuove norme tecniche per le costruzioni’ di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”. (GU n. 35 del 11-2-2019)”
- Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996. “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (G.U. 5-2-1996, N. 29)”
- Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG. “Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996”
- Decreto Ministeriale 9 Gennaio 1996 “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione-

ne ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche. (Da utilizzarsi nel calcolo col metodo degli stati limite) (G.U. 5-2-1996, N. 29)”

- Circolare 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG. /S.T.C.

“Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996. (G.U. 26-11-1996, n. 277 - suppl.)”

- Decreto Ministeriale 20 novembre 1987 “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento. (Suppl. Ord. alla G.U. 5-12-1987, n. 285)”

Eurocodici

- UNI EN 1992-1-1: 2005 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”.

- UNI EN 1992-1-2: 2005 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio”.

9.3 Materiali

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”. Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione. Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione

Nome: GL30H Tipo: Legno lamellare	
Resistenza caratteristica media a flessione f_{mk} : 30 N/mm ²	Resistenza caratteristica a trazione parallela f_{tok} : 24 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare f_{t90k} : 0,5 N/mm ²	Resistenza caratteristica a compressione parallela f_{c0k} : 30 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compress. perpendicolare f_{c90k} : 2,5 N/mm ²	Resistenza caratteristica a taglio f_{vk} : 3,5 N/mm ²
Modulo Elastico parallelo medio E_{om} : 11.500 N/mm ²	Modulo Elastico perpendicolare medio E_{90m} : 300 N/mm ²
Modulo Elastico parallelo caratteristico $E_{0.05}$: 9.600 N/mm ²	Modulo Elastico tangenziale medio G_m : 650 N/mm ²
Densità ρ : 385 kg/m ³	Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 0

Tab. 9.2 Caratteristiche legno lamellare.

Nome: C35 Tipo: Legno massiccio	
Resistenza caratteristica media a flessione f_{mk} : 35 N/mm ²	Resistenza caratteristica a trazione parallela f_{tok} : 22,5 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare f_{t90k} : 0,4 N/mm ²	Resistenza caratteristica a compressione parallela f_{c0k} : 25 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione. perpendicolare f_{c90k} : 2,7 N/mm ²	Resistenza caratteristica a taglio f_{vk} : 4,0 N/mm ²
Modulo Elastico parallelo medio E_{om} : 11.000 N/mm ²	Modulo Elastico perpendicolare medio E_{90m} : 370 N/mm ²
Modulo Elastico parallelo caratteristico $E_{0.05}$: 7.400 N/mm ²	Modulo Elastico tangenziale medio G_m : 690 N/mm ²
Densità ρ : 450 kg/m ³	Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 0

Tab. 9.3 Caratteristiche legno massello c 35.

dei materiali di seguito descritti.

9.4 Azioni e carichi sulla struttura

Con riferimento al paragrafo 2.5.1.3 delle NTC, le azioni che investono la struttura sono classificate in relazione alla durata della loro presenza nell'arco della vita di progetto come:

- permanenti (G): azioni con sufficiente approssimazione costanti nel tempo, tra le quali:
 - peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno,

quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);

- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- variabili (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agisce con un'intensità significativa, anche non continuamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- eccezionali (A): azioni che si verificano eccezionalmente:
 - incendi
 - esplosioni
 - urti ed impatti
- sismiche (E): azioni derivanti dai terremoti.

L'effetto delle azioni viene valutato ai fini delle verifiche con l'approccio semiprobabilistico agli stati limite, secondo diverse combinazioni:

- Combinazione fondamentale dei carichi, impiegata per gli stati limite ultimi (nei risultati SLU statica)

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (nei risultati SLE rara)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (nei risultati SLE frequente)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti a lungo termine (nei risultati SLE quasi permanente)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (nei risultati SLU sisma) $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$

Dettagli per la combinazione sismica
La valutazione dell'azione sismica E è condotta secondo le specifiche del capitolo 3.2 e in accordo con le prescrizioni del capitolo 7.3.3 delle NTC per i tipi di analisi sismica lineare sia dinamica che statica.

I risultati così ottenuti per ciascuna direzione, X e Y (eventualmente anche Z), vengono poi combinati secondo le indicazioni del capitolo 7.3.5 delle NTC, ovvero vengono sommati i contributi secondo il seguente criterio:

$$E_1 = 1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z \quad E_2 = 0,30 \cdot E_x + 1,00 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z \quad E_3 = 0,30 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 1,00 \cdot E_z$$

la rotazione dei coefficienti moltiplicativi permette l'individuazione degli effetti più gravosi, la direzione Z è opzionale in virtù delle prescrizioni al paragrafo 7.2.2 delle NTC. Nella verifica allo stato limite ultimo si distinguono le combinazioni EQU, STR e GEO (cfr NTC § 2.6.1), rispettivamente definite come:

stato limite di equilibrio EQU, che considera la struttura ed il terreno come corpi rigidi, stato limite di resistenza della struttura STR, da riferimento per tutti gli elementi strutturali, e stato limite di resistenza del terreno GEO.

Nelle verifiche STR, per la progettazione di elementi strutturali, si adottano i coefficienti della colonna A1. Nelle verifiche STR e GEO che coinvolgono azioni di tipo geotecnico possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali. Per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza complessiva,

nell'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale. Approccio 1, combinazione 1: si utilizzano per le azioni i coefficienti della colonna A1 Approccio 1, combinazione 2: si utilizzano per le azioni i coefficienti della colonna A2

Approccio 2: si utilizzano per le azioni i coefficienti della colonna A1. Le Norme Tecniche prescrivono i valori dei coefficienti γ in dipendenza dalle caratteristiche della funzione di ripartizione di ciascuna azione: si ammette infatti che, assieme alle azioni permanenti, esistano

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli		0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli	γ_{G1}	1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli		0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli	γ_{G2}	1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli		0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli	γ_{Qi}	1,5	1,5	1,3

Tab. 9.4 Coefficienti carichi dell'edificio.

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Permanenti	1,00	1,00	1,00
Permanenti non strutturali	1,00	1,00	1,00
Categoria A - Residenziale	0,70	0,50	0,30
Categoria B - Uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C - Ambienti affollati	0,70	0,70	0,60
Categoria D - Aree commerciali	0,70	0,70	0,60
Categoria E - Aree di accumulo o aree industriali	1,00	0,90	0,80
Categoria F - Veicoli con peso $\leq 30kN$	0,70	0,70	0,60
Categoria G - Veicoli con peso $> 30kN$	0,70	0,50	0,30
Categoria H - Coperture non praticabili	0,00	0,00	0,00
Categoria I - Coperture praticabili	0,00	0,00	0,00
Categoria K - Coperture per usi speciali	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,50	0,20	0,00
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,70	0,50	0,20
Variazioni termiche	0,60	0,50	0,00

Tab. 9.5 Coefficienti destinazione d'uso.

combinazioni di azioni in cui una sola azione è presente al valore caratteristico mentre le altre hanno intensità ridotte $\psi_0 Q_k$. Le categorie di azioni variabili ed i rispettivi coefficienti di combinazione utilizzati nell'applicazione dei carichi al modello sono riportati nella tabella precedente.

9.5 Azioni sulle costruzioni

9.5.1 Carichi permanenti strutturali

Per il valore dei pesi propri strutturali si considererà caso per caso il peso per unità di volume dell'elemento oggetto di predimensionamento, che, moltiplicato per il relativo valore di volume della sezione ipotizzata, permetterà di valutarne l'incidenza sui carichi totali.

Il calcolo sarà pertanto eseguito contemporaneamente al processo di dimensionamento dato che, a priori, non si è a conoscenza della dimensione della sezione che soddisferà i requisiti imposti dal problema.

9.5.2 Carichi permanenti strutturali

Secondo NTC2018 sono da considerarsi carichi permanenti non strutturali quei carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione quali tampo-nature esterne, divisori interni, massetti... La loro valutazione deve avvenire in base alle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali co-

stituenti.

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisori interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k} , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare un'adeguata ripartizione del carico.

Trattandosi nel caso di studio di elementi divisori leggeri, in cui l'elemento divisorio più pesante ha un peso per unità di superficie pari a $53,5 \text{ kg/m}^2$, inferiore quindi a $1,00 \text{ kN/m}^2$, da normativa si avrà che $g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2 \cdot h_{\text{divisorio}}$ con $h_{\text{divisorio}}$ valore pari all'altezza del divisorio interno, variabile di piano in piano nel caso studio.

Di seguito si riporta a titolo esemplificativo un riepilogo dettagliato dei carichi relativamente ad uno dei pacchetti tecnologici del progetto, la chiusura verticale C.V.01 e della copertura C.O.01. Si considera il peso proprio dei singoli strati, ottenuto moltiplicando la densità del materiale per il rispettivo spessore o applicando il peso al m^2 quando indicato nella scheda tecnica dei produttori; dalla somma dei pesi propri per unità di superficie dei singoli strati si otterrà il valore di peso proprio per unità di superficie del relativo pacchetto.

Elemento	Peso
	kg/m^2
C.V.01 Parete perimetrale	74,4
Chiusura orizzontale controterra CO01	32,2
Chiusura orizzontale copertura Co2	110,6
Partizione orizzontale interpiano PO01	55
Partizione verticale interna PV01	38

Tab. 9.6 peso elementi della struttura.

9.5.3 Carichi d'esercizio

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera (Tab.9.6), i cui valori sono forniti dalle NTC2008 come: carichi verticali uniformemente distribuiti

q_k [kN/m^2]; Carichi verticali concentrati Q_k [kN]; carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]. Il corpo considerato ospita degli ambienti che appartengono alle categorie A, C1, C2.

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m^2]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 secondo categoria di appartenenza —

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

Fig 9.1 Tabella carichi per destinazione d'uso.

In primo luogo, prima di poter andare a determinare il valore delle sollecitazioni, è stato necessario andare ad ipotizzare un reticolo di travi e pilastri ed un relativo schema statico di connessione tra gli elementi stessi, che descrivesse al meglio la situazione reale.

In secondo luogo, si è andati ad ipotizzare lo schema statico volto a semplificare le connessioni tra i vari elementi del portale. Condizione imprescindibile di questa fase è la necessità di andare a creare una maglia di travi e pilastri non labile, riconducibile fondamentalmente a due tipi di soluzioni.

La prima è rappresentata da connessioni interne a mezzo di cerniere, andando di fatto ad annullare il momento nei nodi, ma con la necessità di andare a disporre controventature ad ogni livello del portale in entrambe le direzioni X e Y di sviluppo planimetrico dell'edificio, al fine di garantire la non labilità della struttura e di assorbire le spinte orizzontali.

La seconda è invece rappresentata da connessioni interne ad incastro, in cui i nodi devono necessariamente essere in grado di trasmettere momento, senza la necessità di controventature visto l'elevata iperstaticità di una struttura di questo tipo nel suo complesso che la rende ben resistente alle sollecitazioni orizzontali.

L'opzione uno è quella scelta per via della regolarità della maglia strutturale e per la possibilità di inserire i controventi nei portali perimetrali e nei tramezzi interni dell'edificio.

Per poter effettuare le verifiche normative è stato necessario andare ad eseguire un'analisi dei carichi per ogni area di influenza relativa all'elemento trave/pilastri.

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Fig. 9.9 Tabella classi di servizio.

Nella determinazione dei carichi agenti sulla struttura si è fatto riferimento ai pesi propri ed alle azioni variabili precedentemente distribuiti sulle relative aree di influenza di ciascuna trave/pilastro.

9.9 Analisi dei carichi

Per andare a determinare il valore delle sollecitazioni generate dai carichi, si è utilizzato il software di calcolo Telaio2D, utilizzabile per risolvere casi di carico in due dimensioni relativamente semplici come quello in questione.

Alla grafitizzazione del sistema a telaio di prima ipotesi è seguita la schematizzazione dei nodi come stabilito in precedenza. Infine, si è proceduto ad applicare i carichi permanenti strutturali e non ed i carichi variabili (neve, vento e da affollamento).

Prima di andare a verificare gli elementi lignei costituenti il portale è necessario fare una serie di considerazioni relative ad alcune premesse sulla valutazione delle strutture in legno secondo le NTC2018. Innanzitutto, il comportamento della sezione strutturale considerata dipende dalla durata del carico agente e dal tipo di ambiente (esposizione all'umidità) in cui verrà posta in opera.

La resistenza a rottura del legno dipende in particolar modo dall'umidità contenuta nello stesso, con un valore di resistenza alla rottura decrescente all'aumentare del valore di umidità. La normativa si riferisce normalmente a valori di umidità del legno del 12%, equivalenti ad un'umidità relativa dell'aria del 65% e ad una temperatura di 20 gradi.

Nella verifica si deve tenere conto di queste condizioni climatiche, per questo vengono definite 3 classi di servizio.

In generale si può affermare che l'edifi-

cio oggetto di studio rientri nella "Classe di servizio 1", che si riferisce a tutti quegli elementi che si trovano interamente all'interno di una costruzione dotata di riscaldamento. Le suddivisioni in classi di servizio si riferisce a situazioni normali della costruzione, pertanto avvenimenti eccezionali e limitati nel tempo non ne influenzano l'assegnazione.

In secondo luogo, la durata dell'azione del carico va a influenzare la resistenza del materiale con, ad esempio, una diminuzione della resistenza del materiale in caso di carichi elevati di lunga durata. Le classi di durata del carico sono rappresentate nel-

classe di durata del carico	durata corrispondente	esempio
permanente	oltre 10 anni	peso proprio
lunga durata	6 mesi - 10 anni	carichi nei depositi
media durata	1 settimana - 6 mesi	carichi di servizio in generale
breve durata	< 1 settimana	neve (in parte)
istantanea	breve	carichi accidentali, vento

Fig. 9.10 Tabella coefficienti classi di durata del carico.

la tabella seguente. L'effetto della durata del carico e quello dell'umidità del legno sono riassunti in un unico coefficiente di correzione apposito, denominato k_{mod} , con cui si determinano i valori di calcolo della resistenza del materiale come da ta-

bella seguente.

Il valore di calcolo X_d di una proprietà del materiale viene calcolato mediante la relazione:

$$X_d = (k_{mod} \cdot X_k) / \gamma_M$$

dove:

- k_{mod} : coefficiente di correzione;
- X_k : valore caratteristico di una proprietà del materiale;
- X_d : valore di calcolo della stessa proprietà del materiale;
- γ_M : coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà dei materiali.

I valori caratteristici delle proprietà del materiale fanno parte delle caratteristiche tecniche di ogni materiale da costruzione e sono contenuti nelle norme rispettive o nella documentazione tecnica sul materiale stesso.

I valori del coefficiente parziale per le proprietà dei materiali sono stabiliti in base alla variabilità delle caratteristiche del materiale stesso, tenendo conto delle procedure usate in laboratorio per la determinazione delle medesime e delle misure di controllo della qualità cui è sottoposto il materiale durante la produzione e la lavorazione. Secondo l'Eurocodice 5 valgono i valori di γ_M seguenti.

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico					
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea	
Legno massiccio Legno lamellare incollato	EN 14081-1 EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Compensato	EN 636	Parti 1, 2, 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parti 2, 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parte 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	EN 300	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		OSB/3 - OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
			2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre, alta densità	EN 622-2	HB/LA, HB/HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		HB/HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Pannello di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3	MBH/LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		MBH/HLS1 o 2	2	-	-	-	0,45	0,80
	EN 622-5	MDF/LA, MDF/HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		MDF/HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Fig. 9.11 Tabella coefficienti relativi ai diversi tipi di legno.

Stati limite ultimi	γ_t
- combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
- combinazioni eccezionali	1,00

Fig. 9.12 Tabella coefficienti gamma relativi ai diversi tipi di legno.

Copertura			
Carichi	Affollamento	Neve	Vento
	Kn/m ²	Kn/m ²	Kn/m ²
Q SLU	1,905	18,645	0,885
Q SLE	9,39	11,906	8,012
Piano tipo			
Q SLU	5,42		
Q SLE	3,65		
Balcone			
Q SLU	15,96	18,65	1,49
Q SLE	7,07	12,40	6,50

Tab. 9.7 Valore carichi allo stato limite ultimo e allo stato limite d'esercizio.

9.10 Travi secondarie

La seguente fase ha come scopo ultimo il dimensionamento e la verifica delle travi dell'edificio per copertura piano tipo e balcone.

9.10.1 Dimensionamento travi secondarie

Si procede al calcolo del carico distribuito sulle travi secondarie il carico critico e moltiplicandolo per l'area d'influenza della trave calcolata.

Trave	L	A _{inf}	q _{slu}	q _{sle}
	m	m	Kn/m	Kn/m
T.S.01	4,05	0,85	15,85	10,54
T.S.02	4,05	0,85	4,60	2,64
T.S.03	1,4	0,85	15,85	8,96
T.S.04	1,5	0,85	15,90	4,96

Tab. 9.8 Carico sulle travi secondarie.

Calcolo delle azioni di momento (M_{ed}) e taglio (V_x) in base agli SLU calcolati in precedenza, i cui valori sono riportati negli schemi statici di seguito riportati:

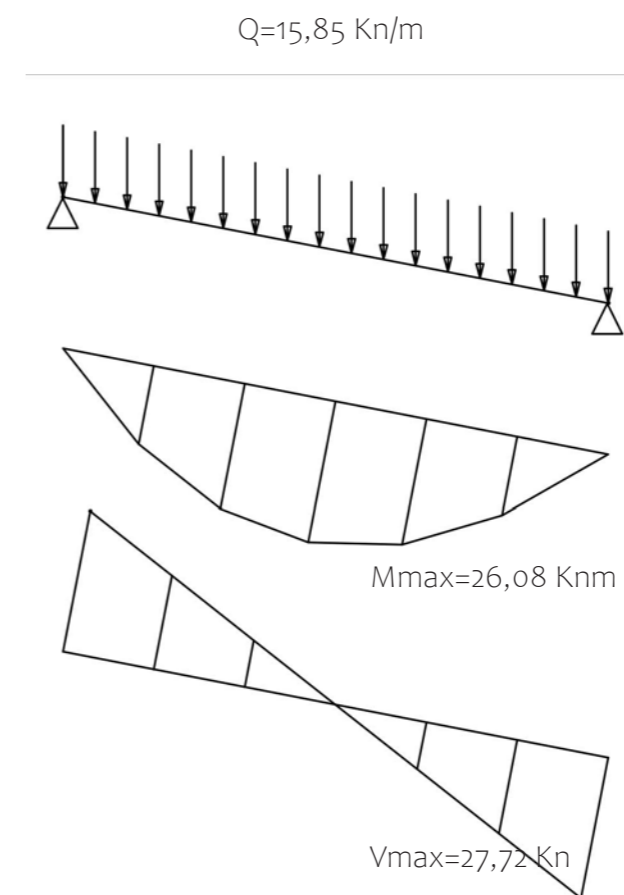


Fig. 9.13 Grafici relativi a M_{max} e V_{max} per TS01.

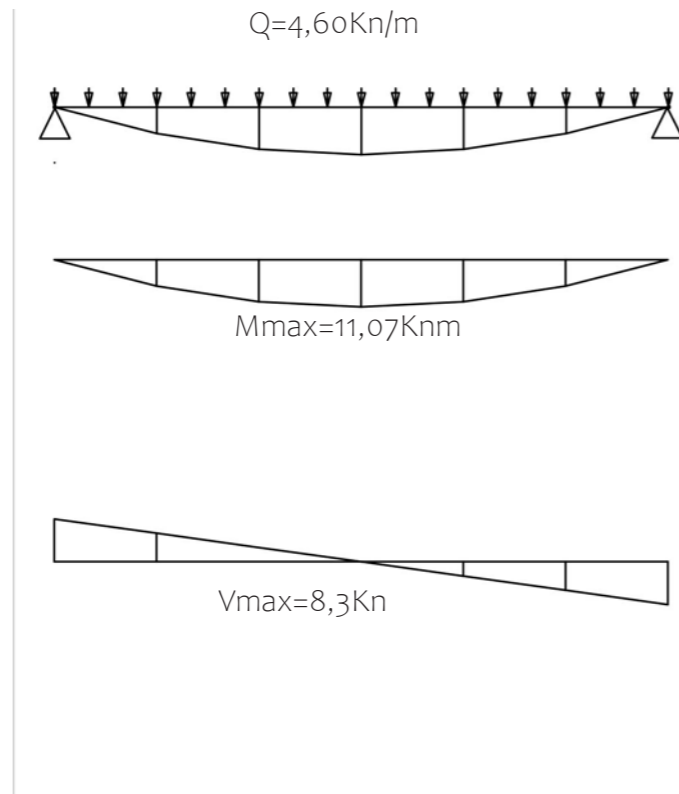


Fig. 9.14 Grafici relativi a Mmax e Vmax per TS02.

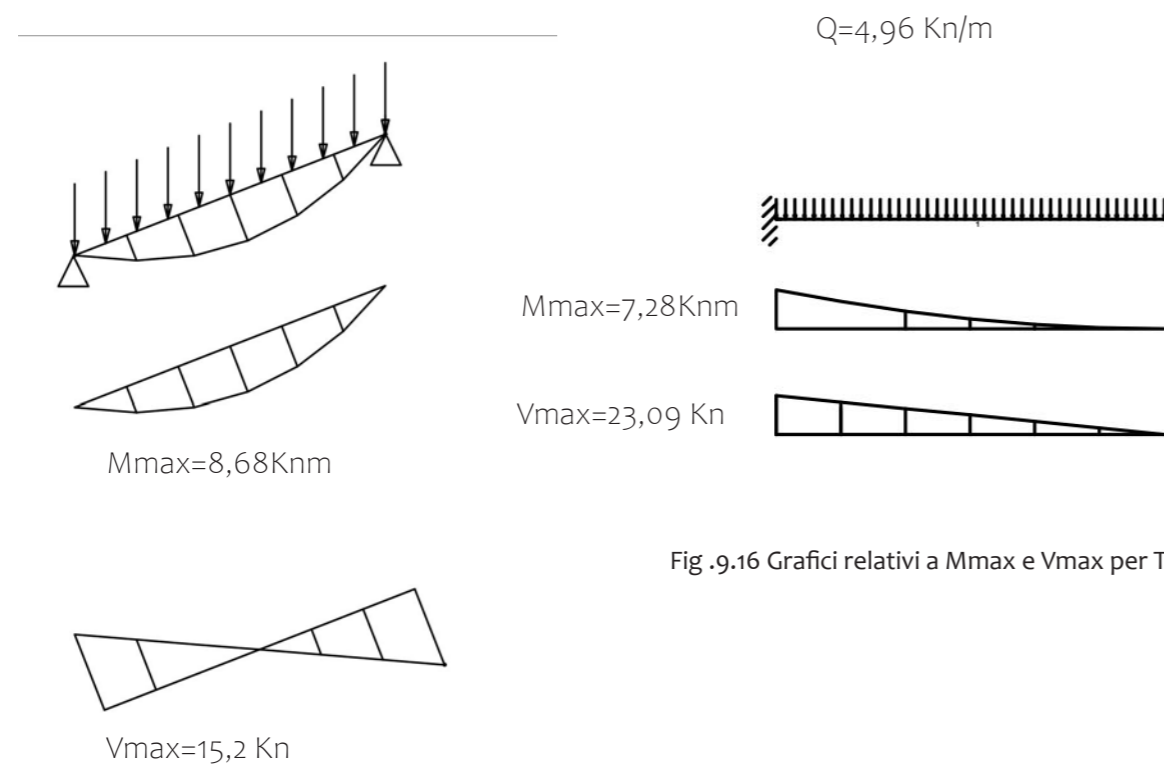


Fig. 9.15 Grafici relativi a Mmax e Vmax per TS03.

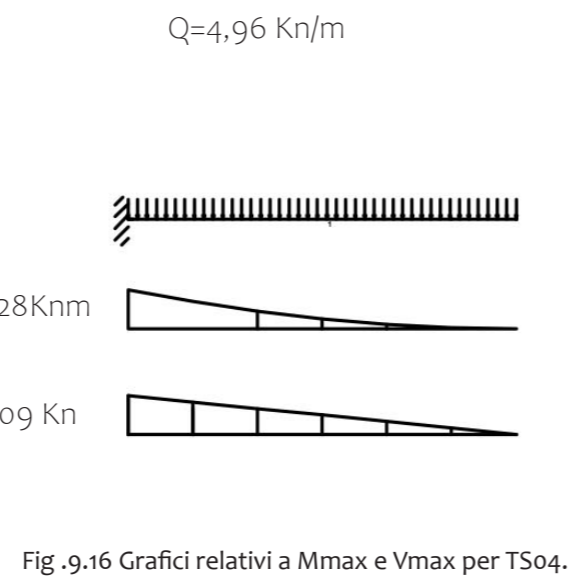


Fig. 9.16 Grafici relativi a Mmax e Vmax per TS04.

9.10.2 Calcolo della sezione teorica e verifica a flessione

si considera la formula di verifica:

$$M_{Ed}/M_{c,Rd} \leq 1;$$

si impone preliminarmente il rapporto come unitario: $M_{Ed} = M_{c,Rd}$;

mediante la formula inversa si ricava:

$$W_{pl} = (M_{Ed} \cdot \gamma_{Mo}) / (f_{mk} \cdot K_{mod}).$$

Nome	MEd	f _{yk}	γ _{Mo}	K _{mod}	W _{pl}	B [H
	Knm	N/mm ²			mm ³	mm	mm
TS 1	26,08	35	1,5	0,6	1862857,143	200	236,40
TS 2	11,07	35	1,5	0,6	790714,2857	120	198,84
TS 3	8,68	30	1,45	0,6	699222,2222	120	186,98
TS 4	7,28	30	1,45	0,6	586444,4444	120	171,24

Tab. 9.9 Tabella di progetto travi secondarie.

Dove:

- M_{ed}: Momento massimo nella sezione;
- W: Modulo di resistenza che in una sezione rettangolare è uguale a $b \cdot h^2 / 6$;
- k_{mod}: coefficiente di correzione;
- γ_M: coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà dei materiali;
- f_{mk}, m_k resistenza a flessione della sezione in legno.

Scelta la base della sezione si calcola l'altezza e il W di sezione teorica:

Verifica a momento flettente: inserendo le dimensioni effettive del profilo nella formula $M(c,Rd) = (W_{pl} \cdot f_{yk}) / \gamma_{Mo}$ si ottiene il momento agente sulla trave. La verifica è soddisfatta se $M_{Ed} / M(c,Rd) \leq 1$.

Trave	h	b	W	M _d	γ _m	k _{mod}	f _{mk}	M _d /M(c,Rd) ≤1
	mm	mm	mm ³	KN.m			N/mm ²	
T.S01	240	200	1920000	26,08	1,5	0,6	35	VERO
T.S.02	200	120	800000	11,07	1,5	0,6	35	VERO
T.S.03	200	120	800000	8,68	1,45	0,6	30	VERO
T.S.04	200	120	800000	7,28	1,45	0,6	30	VERO

Tab. 9.10 Tabella di verifica a flessione travi secondarie.

9.10.3 La verifica a taglio

La verifica del taglio avviene nella sezione della trave con la sollecitazione al taglio maggiore, secondo il principio seguente:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \text{ o } \tau_d \leq (k_{mod} \cdot f_{v,k}) / \gamma_M$$

con:

$$\tau_d = (V_d \cdot S) / (I \cdot b)$$

Trave	T	b	h	τ_d	Fv	$\tau_d \leq f_v$
	N	mm	mm	N/mm	N/mm	
T.S.01	27720	200	240	0,86625	1,6	VERO
T.S.02	8300	120	200	0,51875	1,6	VERO
T.S.03	15200	120	200	0,95	1,45	VERO
T.S.04	23089	120	200	1,443063	1,45	VERO

Tab. 9.11 Tabella di verifica a taglio travi secondarie.

dove:

- τ_d : valore di calcolo della tensione di taglio nella sezione determinante;
- $f_{v,k}$: valore caratteristico della resistenza alla compressione del materiale con siderato;
- $f_{v,d}$: valore di calcolo della resistenza alla compressione per il caso considerato;
- I : inerzia della sezione;
- b : larghezza della sezione considerata;
- S : momento statico della parte della sezione considerata
- V_d : valore di calcolo dello sforzo di taglio nella sezione trasversale considerata per la combinazione di carichi determinante.

nel caso di una sezione rettangolare con altezza h e larghezza b come nel caso studio si ottiene quindi: $\tau_d = (V_d \cdot 1,5) / (b \cdot h)$.

9.10.4 Verifica della freccia

Calcolo della freccia massima $f_{max} = 5/384 \cdot (q_{SLE} \cdot L^4) / (EI)$.

Scelta del limite superiore per gli spostamenti verticali δ_{max}/L in base alla tipologia di chiusura/partizione orizzontale (si considera una monta iniziale nulla $\delta_c = 0$).

La verifica è soddisfatta se $f_{max} < \delta_{max}/L$.

Trave	L	q SLE	E	$I_y [mm^4]$	f_{max}	δ_{max}/L
	mm	KN/m	N/mm ²	mm ⁴	m	mm
T.S.01	4050	10,54	110000	230400000	14,57	16,2
T.S.02	4050	2,64	110000	80000000	10,50	16,2
T.S.03	1400	8,96	115000	58320000	0,67	5,6
T.S.04	1500	8,91	115000	138240000	2,24	6

Tab. 9.12 Tabella di verifica a freccia massima travi secondarie.

9.11 Travi Principali

La seguente fase ha come scopo ultimo il dimensionamento e la verifica delle travi principali dell'edificio per copertura piano tipo e balcone.

9.11.1 Dimensionamento travi primarie

Si procede al calcolo del carico distribuito sulle travi primarie moltiplicando il carico critico per l'area d'influenza della trave calcolata.

Trave	L	A _{inf}	q _{slu}	q _{sle}
	m	m	Kn/m	Kn/m
T.S.01	2,55	3	55,93	35,72
T.S.02	2,55	1,8	33,56	21,43
T.S.03	2,55	3	16,25	10,95
T.S.04	2,55	1,9	19,55	16,84
T.S.05	2,55	0,7	13,05	8,33
T.S.06	2,55	2,8	15,16	10,22
T.S.07	2,55	1,5	39,02	18,60

Tab. 9.13 Tabella carichi travi primarie.

Calcolo delle azioni di momento (M_{ed}) e taglio (V_x) in base agli SLU calcolati in precedenza, i cui valori sono riportati negli schemi statici di seguito riportati:

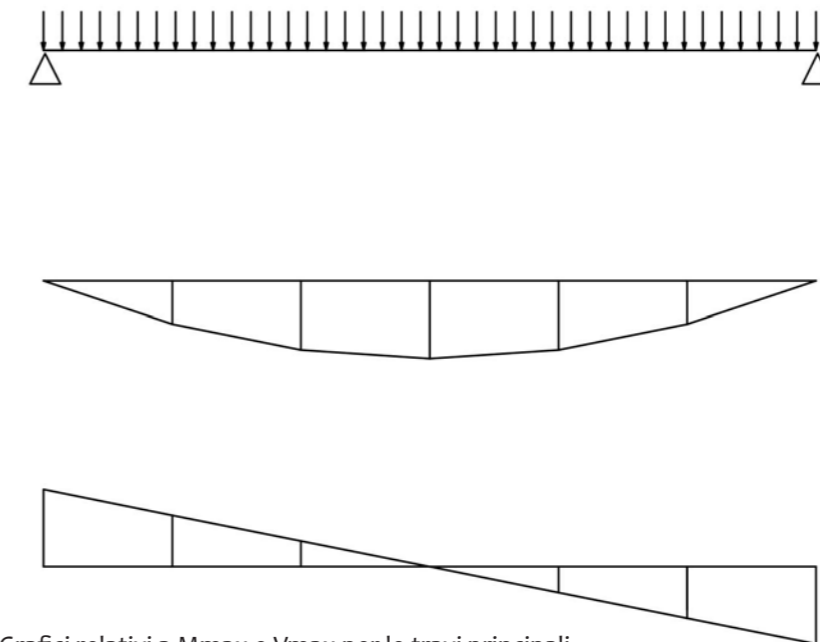


Fig. 9.17 Grafici relativi a M_{max} e V_{max} per le travi primarie.

Trave	L	M_{max}	V_{max}
	m	Knm	Kn
T.S.01	2,55	45,46	71,32
T.S.02	2,55	27,28	42,79
T.S.03	2,55	13,204	20,71
T.S.04	2,55	15,89	24,91
T.S.05	2,55	10,61	16,64
T.S.06	2,55	12,32	19,33
T.S.07	2,55	31,72	49,75

Tab. 9.14 Valori di momento e taglio massimo nelle travi primarie.

9.11.2 Calcolo della sezione teorica e verifica a flessione

si considera la formula di verifica:

$$M_{Ed}/M_{c,Rd} \leq 1;$$

si impone preliminarmente il rapporto come unitario: $M_{Ed} = M_{c,Rd}$;

mediante la formula inversa si ricava:

$$W_{pl} = (M_{Ed} \cdot \gamma_{Mo}) / (f_{mk} \cdot K_{mod}).$$

Nome	M _{Ed}	f _{yk}	γ _{Mo}	K _{mod}	W _{pl}	B	H
	Knm	N/mm ²			mm ³	mm	mm
T.P.01	45,46	35	1,5	0,6	3247142,857	200	312,11
T.P.02	27,28	35	1,5	0,6	1948571,429	200	241,78
T.P.03	13,204	35	1,5	0,6	943142,8571	180	177,31
T.P.04	15,89	30	1,45	0,6	1280027,778	200	195,96
T.P.05	10,61	30	1,45	0,6	854694,4444	200	160,13
T.P.06	12,32	30	1,45	0,6	992444,4444	180	181,88
T.P.07	31,72	30	1,45	0,6	2555222,222	200	276,87

Tab. 9.15 Progetto a flessione per le travi primarie.

Dove:

- M_{Ed}: Momento massimo nella sezione;
- W: Modulo di resistenza che in una sezione rettangolare è uguale a $b \cdot h^2 / 6$;
- k_{mod}: coefficiente di correzione;
- γ_M: coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà dei materiali;
- f_{mk}: resistenza a flessione della sezione in legno.

Scelta la base della sezione si calcola l'altezza e il W di sezione teorica:

Verifica a momento flettente: inserendo le dimensioni effettive del profilo nella formula $M(c,Rd) = (W_{pl} \cdot f_{yk}) / \gamma_{Mo}$ si ottiene il momento agente sulla trave. La verifica è soddisfatta se $M_{Ed}/M_{c,Rd} \leq 1$.

Trave	h	b	W	M _{Ed}	γ _m	k _{mod}	f _{mk}	M _d / M(c,Rd) ≤1
	mm	mm	mm ³	KN.m			N/mm ²	
T.P.01	340	200	38533333	45460000	1,5	0,6	35	VERO
T.P.02	250	200	20833333	27280000	1,5	0,6	35	VERO
T.P.03	200	180	12000000	13204000	1,5	0,6	35	VERO
T.P.04	200	200	13333333	15890000	1,45	0,6	30	VERO
T.P.05	280	200	26133333	10610000	1,45	0,6	30	VERO
T.P.06	200	180	12000000	12320000	1,45	0,6	30	VERO
T.P.07	300	200	30000000	31720000	1,45	0,6	30	VERO

Tab. 9.16 Verifica a flessione per le travi primarie.

9.11.3 La verifica a taglio

La verifica del taglio avviene nella sezione della trave con la sollecitazione al taglio maggiore, secondo il principio seguente:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \text{ o } \tau_d \leq (k_{mod} \cdot f_{v,k}) / \gamma_M$$

con:

$$\tau_d = (V_d \cdot S) / (I \cdot b)$$

Trave	T	b	h	τ _d	F _v	τ _d ≤ f _v
	N	mm	mm	N/mm	N/mm	
T.P.01	71320	200	340	1,57	1,6	VERO
T.P.02	42790	200	250	1,28	1,6	VERO
T.P.03	20710	180	200	0,86	1,6	VERO
T.P.04	24910	200	200	0,93	1,45	VERO
T.P.05	16640	200	280	0,45	1,45	VERO
T.P.06	19330	180	200	0,81	1,45	VERO

Tab. 9.17 Verifica a taglio per le travi primarie.

dove:

- τ_d: valore di calcolo della tensione di taglio nella sezione determinante;
- f_{v,k}: valore caratteristico della resistenza alla compressione del materiale con siderato;
- f_{v,d}: valore di calcolo della resistenza alla compressione per il caso considerato;
- I: inerzia della sezione;
- b: larghezza della sezione considerata;
- S: momento statico della parte della sezione considerata
- V_d: valore di calcolo dello sforzo di taglio nella sezione trasversale considerata per la combinazione di carichi determinante.

nel caso di una sezione rettangolare con altezza h e larghezza b come nel caso studio si ottiene quindi: $\tau_d = (V_d \cdot 1,5) / (b \cdot h)$.

9.11.4 Verifica della freccia

Calcolo della freccia massima $f_{max} = 5/384 \cdot (q \cdot S \cdot L^4) / (EI)$.

Scelta del limite superiore per gli spostamenti verticali δ_{max}/L in base alla tipologia di chiusura/partizione orizzontale (si considera una monta iniziale nulla δ_c=0).

La verifica è soddisfatta se $f_{max} < \delta_{max}/L$.

Trave	L	q SLE	E	ly[mm ⁴]	fmax	δmax/L
	mm	KN/m	N/mm ²	mm ⁴	m	mm
T.P.01	2550	35,718	11000	655066666,7	2,73	10,2
T.P.02	2550	21,4308	11000	260416666,7	4,12	10,2
T.P.03	2550	10,95	11000	120000000	4,57	10,2
T.P.04	2550	16,8422	11500	133333333,3	6,05	10,2
T.P.05	2550	8,3342	11500	365866666,7	1,09	10,2
T.P.06	2550	10,22	11500	120000000	4,08	10,2
T.P.07	2550	18,603	11500	450000000	1,98	10,2

Tab. 9.18 Verifica della freccia per le travi primarie.

9.11.5 Verifica di instabilità della trave

Nel caso di flessione semplice, con momento flettente agente attorno all'asse forte y della sezione (cioè nel piano ortogonale a quello di possibile svergolamento), con riferimento alla tensione dovuta al massimo momento agente nel tratto di trave compreso tra due successivi ritegni torsionali, deve essere soddisfatta la relazione:

$$\sigma_{m,d}/(k_{crit,m} \cdot f_{m,d}) \leq 1$$

dove:

Trave	W	Md	σ _{md}	f _{md}	K _{critic}	σ _{md} /f _{md}
	mm ³	Nmm	N/mm ²	N/mm ²		
T.P.06	1200000	12320000	10,26	30	1	0,34
T.P.07	3000000	17880000	5,96	30	1	0,20

Tab. 9.19 Verifica di instabilità della trave per le travi primarie.

σ_{m,d}: tensione di calcolo massima per flessione;

k_{crit,m}: coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di trave, per tener conto della riduzione di resistenza dovuta allo sbandamento laterale;

f_{m,d}: resistenza di calcolo a flessione, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante coefficiente k_h. Per travi aventi una deviazione laterale iniziale rispetto alla rettilinearità nei limiti di accettabilità del prodotto, si possono assumere i seguenti valori del coefficiente di tensione critica k_{crit,m}:

$$k_{crit,m}=1 \text{ per } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit,m}=1,56-0,75 \cdot \lambda_{rel,m} \text{ per } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4$$

$$k_{crit,m}=1/\lambda_{rel,m}^2 \text{ per } 1,4 < \lambda_{rel,m}$$

dove:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k}/\sigma_{m,crit}}: \text{ snellezza relativa di trave;}$$

f_{m,k}: resistenza caratteristica a flessione;

σ_{m,crit}: tensione critica per flessione calcolata secondo la teoria di Prandtl-Michell.

$$\sigma_{m,crit} = \pi / (l_{ef} \cdot W_y) \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot J_z \cdot G_{0,05} \cdot J_{tor}}$$

dove:

E_{0,05}: valore del modulo elastico parallelo alle fibre riferito al frattile 5%;

G_{0,05}: valore del modulo di taglio parallelo alle fibre, riferito al frattile 5%;

J_z: momento di inerzia della sezione attorno all'asse debole z;

J_{tor}: momento di inerzia torsionale;

l_{ef}: lunghezza cosiddetta efficace della trave;

W_y: modulo di resistenza della sezione attorno all'asse forte y; 1.3 9

Trave	K _{critic}	λ _c	f _{m,k}	σ _{cr}	l	W _y	E _{0,05}	J _z	G _{0,05}	J _{tor}
				N/mm ²	mm	mm ³	N/mm ²	mm ³	N/mm ²	mm ³
T.P.06	1	2,49.10 ⁻⁴	30	4,81.10 ⁻⁴	2550	1200000	9600	97200000	690	164462400
T.P.07	1	6,45	30	7,20.10 ⁻⁴	2550	3000000	9600	200000000	690	2870400000

Tab. 9.20 Valore per verifica di instabilità della trave.

9.12 Pilastrri

La seguente fase ha come scopo ultimo il dimensionamento e la verifica del pilastro centrale il più sollecitato.

$$N_{tot} = 71,32 \text{ kN} + 2 \cdot 20,71 = 112,74 \text{ kN}$$

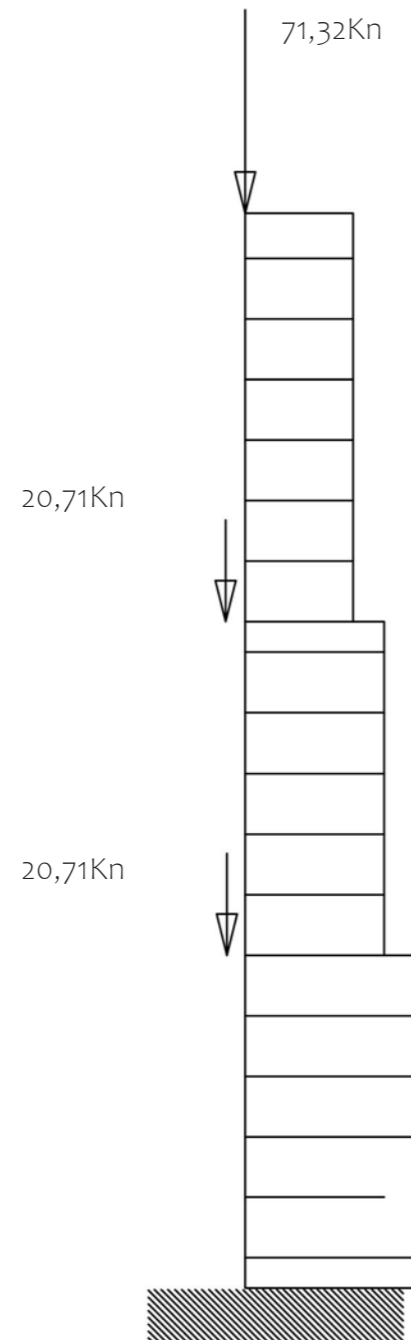


Fig. 9.18 Grafici relativi a Mmax e Vmax per il pilastro in progetto.

Calcolo delle azioni assiali (N_{ed}) in base alle forze provenienti dalle travi principali appena dimensionate.

Calcolo della sezione teorica A:

si considera la formula di verifica: $N_{ed}/N(c,Rd) \leq 1,0$;

si impone preliminarmente il rapporto come unitario: $N_{ed} = N_{c,Rd}$;

mediante la formula inversa si ricava: $A = (N_{ed} \cdot \gamma_{M0}) / (f_{cok} \cdot k_{mod})$

Verifica a compressione pilastro						
Pilastro	A	N _d	k _{mod}	γ _m	f _{cok}	b
	mm ²	N			N/mm ²	mm
P1	11274,4	112744	0,6	1,5	25	106,18

Tab. 9.21 Progetto pilastro a compressione.

Dove:

N_{ed} : Azione assiale agente sulla sezione;

f_{cok} : Resistenza a compressione della sezione;

k_{mod} : coefficiente di correzione;

γ_M : coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà dei materiali

La scelta ricade su una sezione quadrata 200x200mm. Verifica dell'azione assiale: inserendo le dimensioni effettive del profilo nella formula $N(c,Rd) = A \cdot f_{cok} / \gamma_M \cdot k_{mod}$ si ottiene il momento agente sulla trave. La verifica è soddisfatta se $N_{ed}/N(c,Rd) \leq 1,0$.

Verifica a compressione							
Pilastro	A	N _{ed}	k _{mod}	γ _m	f _{cok}	b	N _{ed} / N _{c,rd}
		N			N/mm ²	mm	
P1	40000	112744	0,6	1,5	25	200	VERO

Tab. 9.22 Verifica pilastro a compressione.

Nel caso di asta soggetta solo a sforzo normale deve essere soddisfatta la condizione:

$$\sigma_{c,o,d} / (k_{crit,c} \cdot f_{c,o,d}) \leq 1$$

dove:

$\sigma_{c,o,d}$: tensione di compressione di calcolo per sforzo normale;

$f_{c,o,d}$: resistenza di calcolo a compressione;

$k_{crit,c}$: coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di colonna valutato per il piano in cui assume il valore minimo. Il coefficiente riduttivo $k_{crit,c}$ si calcola in funzione della snellezza di colonna $\lambda_{rel,c}$ che vale:

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{f_{c,o,k} / \sigma_{c,crit}} = \lambda / \pi \cdot \sqrt{f_{c,o,k} / E_{o,05}}$$

dove:

$f_{c,o,k}$: resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura;

$\sigma_{c,crit}$: tensione critica calcolata secondo la teoria classica della stabilità;

λ : snellezza dell'elemento strutturale valutata per il piano in cui essa assume il valore massimo.

Quando $\lambda_{rel,c} \leq 0,3$ si deve porre $k_{crit,c} = 1$, altrimenti:

$$k_{crit,c} = 1 / (k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2})$$

dove:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2);$$

β_c : coefficiente di imperfezione che nel caso di legno lamellare vale 0,1.

Secondo la teoria di Eulero, la snellezza dell'elemento strutturale è definita dall'espressione seguente:

$$\lambda = l_0 / i = l_0 \cdot \sqrt{A/I}$$

dove:

i: raggio di inerzia della sezione;

A: area della sezione;

I: momento di inerzia della sezione rispetto all'asse perpendicolare al piano in cui avviene lo sbandamento;

l_0 : lunghezza di libera inflessione (o lunghezza critica di sbandamento) che varia al variare delle condizioni di vincolo come spiegato in precedenza.

E	I	l_0	N_{cr}	σ_{cr}	N	
N/mm ²	mm ⁴	mm	Kn		Kn	Ned/ N _{c,rd} <1
110000	13333333,3	2200	36151866,67	903,79	112,74	vero

Tab. 9.23 Verifica di instabilità per il pilastro.

9.13 Verifiche REI

Le verifiche seguenti sono inerenti il calcolo di una struttura lignea inserita all'interno di un compartimento avente CLASSE uguale a 60 minuti, come richiesto dalla normativa vigente per la destinazione d'uso oggetto di studio, per cui la struttura lignea dovrà essere in grado di resistere ai carichi per il suddetto tempo di esposizione al fuoco, mantenendo, pur con una sezione efficace ridotta, la capacità portante. I valori caratteristici delle proprietà meccaniche considerati sono riassunti nella tabella

Il calcolo della resistenza al fuoco è stato effettuato seguendo la seguente procedura:

- è stata determinata la situazione progettuale della struttura (carichi agenti);
- è stata determinata la velocità di carbonizzazione (la velocità con cui si espande lo strato carbonizzato e quindi non più efficace dal punto di vista della capacità portante);

• è stata determinata la sezione efficace ridotta;

- è stata verificata la capacità portante secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite nella sezione ridotta più sollecitata.

Per il calcolo strutturale si è fatto riferimento alla UNI EN 1995-1-1, prendendo in considerazione tutte le situazioni di progetto ed i casi di carico significativi. Più esattamente si sono considerate azioni permanenti, variabili ed eccezionali in situazioni di

progetto persistenti, transitorie ed eccezionali, ognuna con i relativi coefficienti come da capitolo 2.3.2 della UNI EN 1995-1-2. Non è stato tenuto conto delle azioni sismiche e di quelle di natura dinamica, ragionevolmente non presenti durante l'incendio. Partendo dalla imposizione delle velocità di carbonizzazione e tenendo conto della ipotetica direzione di provenienza delle fiamme si è proceduto a determinare la sezione ridotta efficace. In questa fase si è fatto riferimento alle velocità di carbonizzazione suggerite dalla UNI EN 1995-1-2 a seconda del metodo di calcolo utilizzato. In questo caso si è scelto di utilizzare il metodo della "Sezione Trasversale Efficace", suggerito dalla UNI EN 1995-1-2 al capitolo 4, che suggerisce le velocità indicate al punto 3.4 della norma stessa. Dopodiché si è proceduto al calcolo della profondità di carbonizzazione come dettato dalla UNI EN 1995-1-2 al capitolo 4 per il metodo suddetto:

$$d_{char,n} = k_0 \cdot d_0$$

dove:

- $d_0 = 7$ mm;
- $k_0 = 1,0$ nel caso di esposizione all'incendio superiore a 20 minuti;
- $d_{char,n} = \beta_n \cdot t$.

	k_0
$t < 20$ min	$t/20$
$t \geq 20$ min	1,0

Fig. 9.19 Determinazione di k_0 per superfici non protette con t in minuti.

Tipologia Legno	β (mm/min)
Conifere e Faggio: legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica 290 kg/mm ³	0,7
Conifere e Faggio: legno massiccio con massa volumica caratteristica 290 kg/mm ³	0,8
Latifoglie, legno massiccio o lamellare incollato di latifoglie con massa volumica caratteristica pari a 290 kg/mm ³	0,7
Latifoglie, legno massiccio o lamellare incollato con massa volumica caratteristica 450 kg/mm ³	0,55

Tab. 9.24 Valori del coefficiente β_n .

Si riportano di seguito i valori di carbonizzazione e di lunghezza residua relativi agli elementi per i quali è stata effettuata la verifica REI, trattasi di un elemento per tipo (trave primaria, trave secondaria e pilastro,) nel caso di maggior sollecitazione (per i valori di sollecitazione e le luci relative).

Trave secondaria				
Lati	Lunghezza	Esposizione	β	Lunghezza residua
	mm		mm/min	mm
Destro	240	si	0,7	225,3
Sinistro	240	si	0,7	225,3
Superiore	200	no	0,7	185,3
Inferiore	200	si	0,7	185,3

Tab. 9.25 Verifica lunghezza residua trave secondaria.

Trave secondaria				
Lati	Lunghezza	Esposizione	β	Lunghezza residua
	mm		mm/min	mm
Destro	320	si	0,7	305,3
Sinistro	320	si	0,7	305,3
Superiore	200	no	0,7	185,3
Inferiore	200	si	0,7	185,3

Tab. 9.26 Verifica lunghezza residua trave primaria.

Pilastro				
Lati	Lunghezza	Esposizione	β	Lunghezza residua
	mm		mm/min	mm
Destro	200	si	0,7	185,3
Sinistro	200	si	0,7	185,3
Superiore	200	no	0,7	185,3
Inferiore	200	si	0,7	185,3

Tab. 9.27 Verifica lunghezza residua pilastro.

Si è proceduto pertanto ad eseguire le verifiche a taglio, trazione parallela, tenso-flessione e flessione della sezione lignea ridotta (già descritte nel paragrafo precedente), arrivando alla conclusione che per le sezioni ridotte degli elementi strutturali in esame, la verifica di cui alla UNI EN 1995-1-2 agli stati limite ultimi è soddisfatta, in quanto le sezioni ridotte a causa dell'incendio ipotizzato sono sufficienti per resistere a tutti gli stati tensionali indotti dai carichi. Di seguito sono riportati i disegni strutturali dell'edificio.

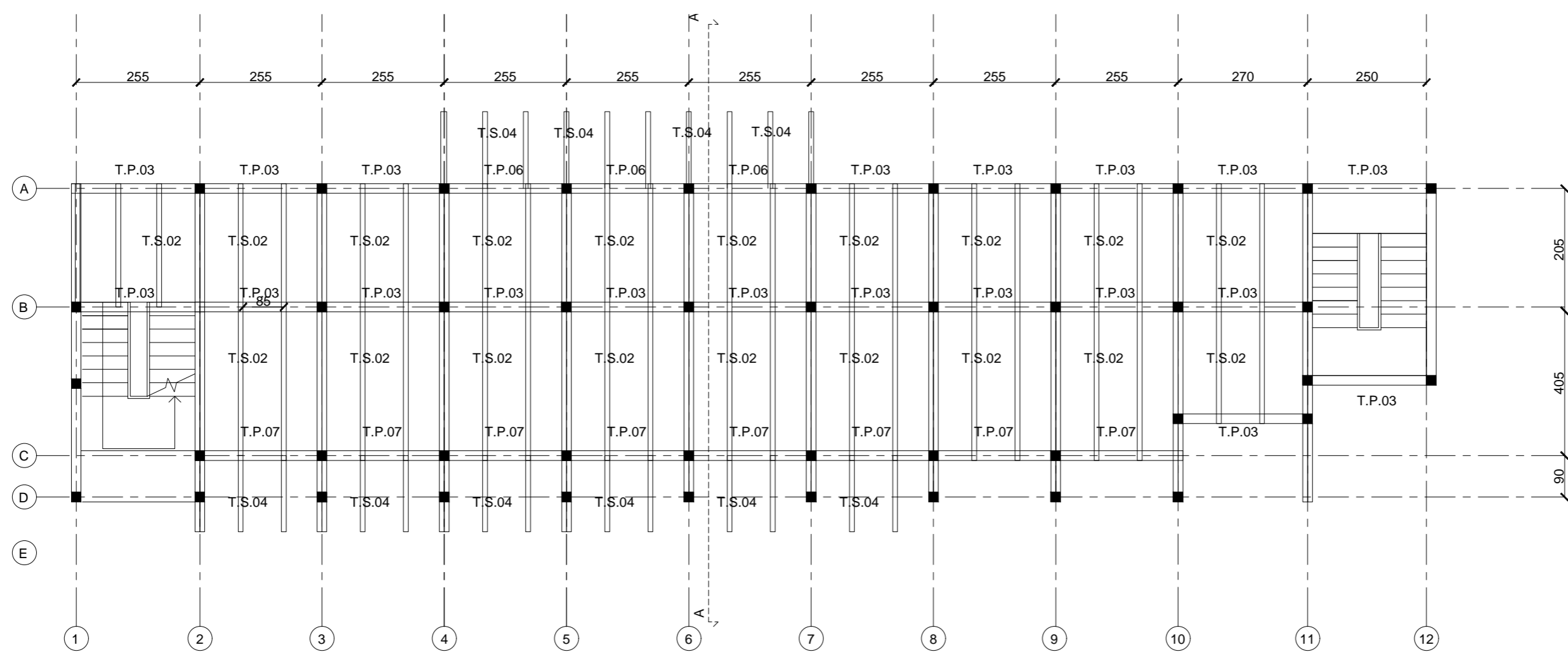


Fig. 9.20 Pianta solaio piano primo scala 1:100.

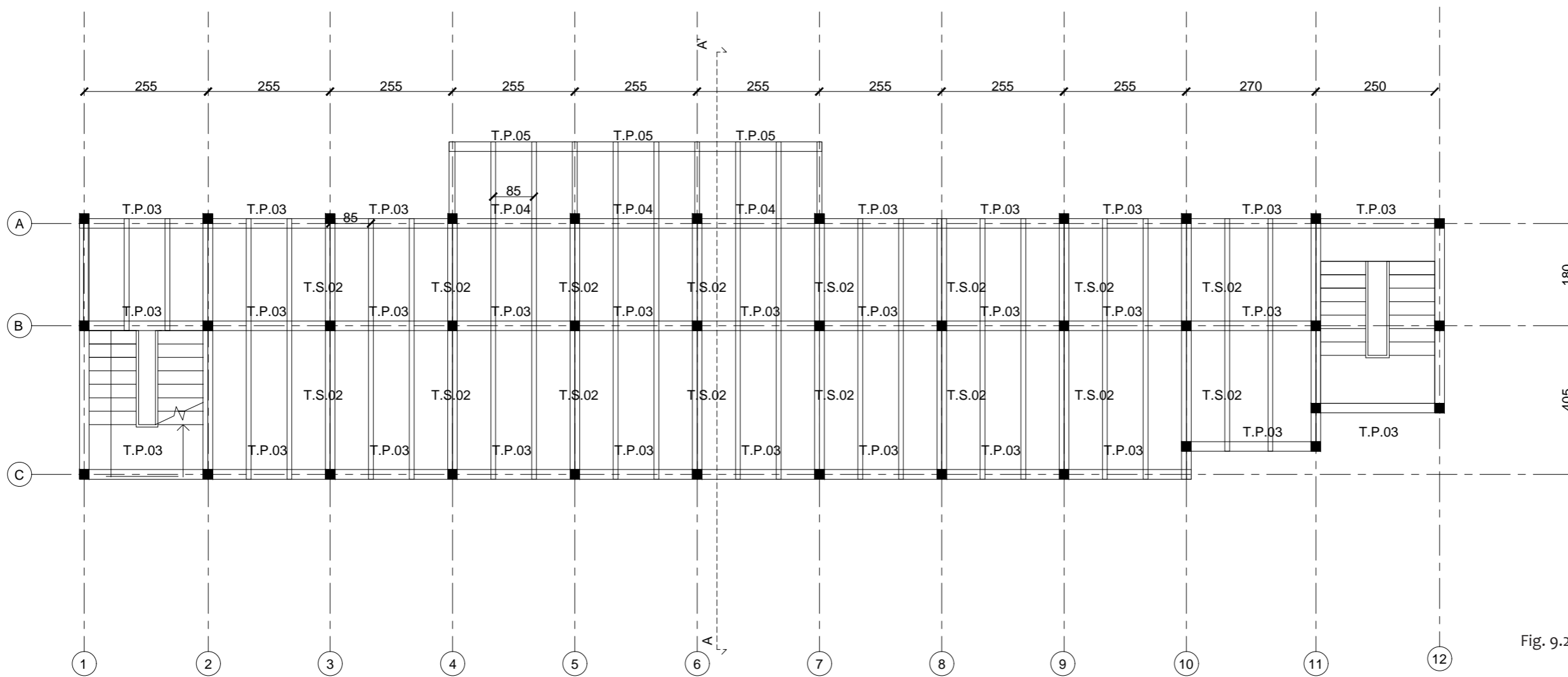


Fig. 9.21 Pianta solaio piano secondo scala 1:100.

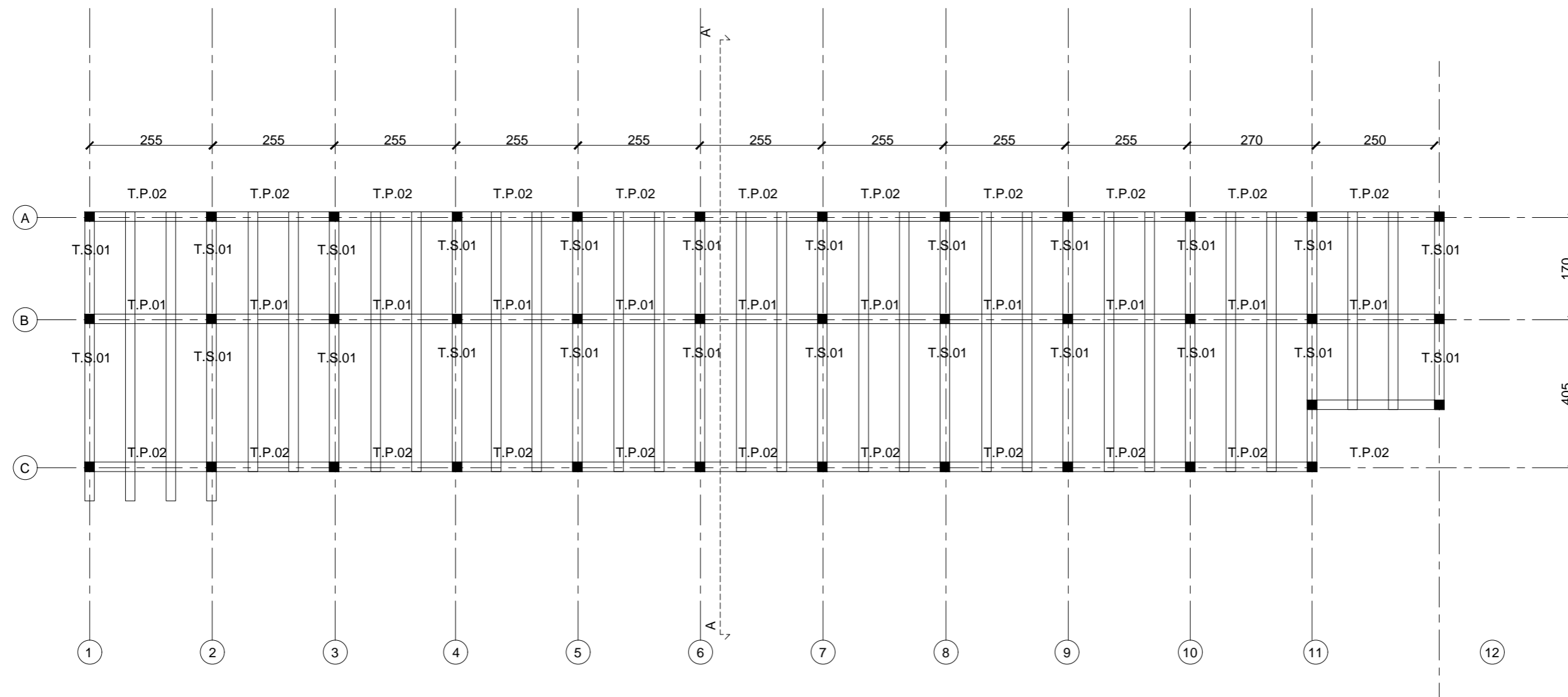


Fig. 9.22 Pianta solaio copertura scala 1:100.

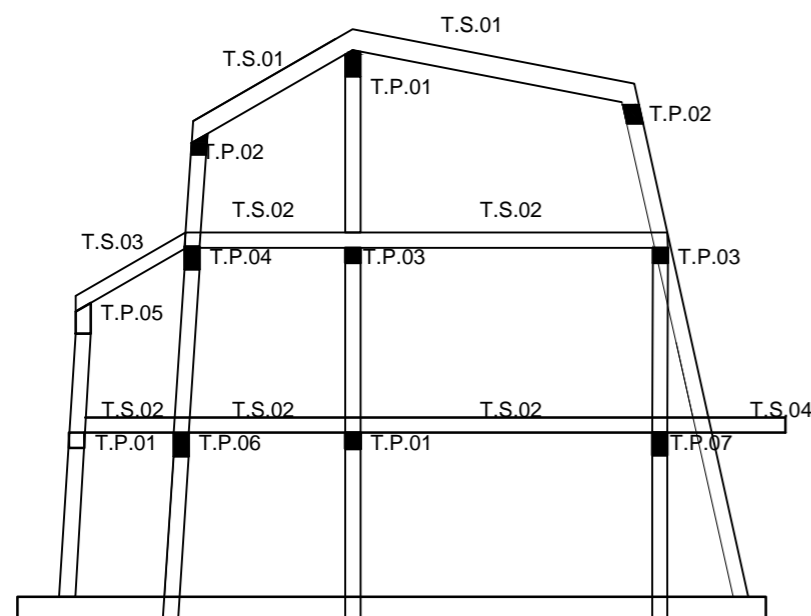


Fig. 9.23 Sezione A-A' scala 1:100.

10 Conclusioni

Conclusioni

In questo lavoro di tesi ho affrontato diverse sfide progettuali riguardanti la ristrutturazione del rifugio più alto d'Europa posto a 4552 metri sul livello del mare. Il lavoro su questo tipo di edificio ha permesso di applicare a pieno l'iter appreso in ambito accademico: al fine di attuare una buona progettazione permettendomi di interfacciarmi con temi già affrontati e altri nuovi. Il progetto di tesi mostra il carattere di multidisciplinarietà seguito durante il percorso di studi, affrontando i diversi aspetti architettonici e ingegneristici e applicando ad ognuno di essi gli strumenti appresi durante la carriera accademica.

11

Bibliografia e indici

Bibliografia

- “Cantieri d’alta quota breve storia della costruzione dei rifugi sulle alpi”, di Luca Gibello
“Guida alle buone pratiche nei rifugi in quota”, Escape-Mont. Blanc
“Manuale di formazione e informazione per i gestori dei rifugi”, Alpenlab
· AA.VV. Rifugi delle Alpi, Istituto Geografico DeAgostini, Novara 2007.
· Bonatti W, Terre Alte, RCS Libri, Milano 2006
· Del Bo F., Rifugi e Bivacchi del C.A.I., Ed. Priuli & Verlucca, 2002.
· Rabbi C., Ravelli A., Alpinismo, un secolo di Club alpino accademico italiano, ed. Museo Naz. della Montagna, 2004.
· Scandellari A., Alpinismo: 250 anni di storia e di cronache, C.A.I., Torino, 2009.
· Zapparoli E., Alpinismo solitario, Milano Brossura, 2011.
· CAI Piemonte (a cura di) Settanta rifugi del CAI Piemonte, Ed. Susalibri, Torino 2010.
Apollonio G., Ferreri E., Il Piano rifugi del CAI nelle Alpi Occidentali, in “Lo Scarpone”, nn.6-7, 15 marzo-1 aprile 1994
Becker-Becker J., Les cabanes du Club Alpin Suisse, Wyss & Duchêne, Ginevra 1892
Calzolari L., Maggiore A., Guida ai Rifugi del CAI, RCS MediaGroup, Milano 2016
Ferrari A., I rifugi del Club Alpino Italiano, CAI, Torino 1905
Gibello L., Cantieri d’alta quota. Breve storia della costruzione dei rifugi sulleAlpi, Lineadaria, Biella 2011
Gnecchi O., Rifugi lecchesi. Itinerari e storia, Editrice Stefanoni, [S.n.] 1999
Marazzi S., Atlante Orografico delle Alpi. SOIUSA, Priuli & Verlucca, Pavone Canavese 2005
Motti G.P., La storia dell’alpinismo, L’Arciere/Vivalda, Cuneo 1994
Saglio S., Rifugi e bivacchi, in Coll., 1863-1963. I cento anni del Club Alpino Italiano, Milano 1964
Serre P., Jeudy J., Refuges des Alpes de Nice au Léman, Glénat, Grenoble 1985
Soregalori P., Grigne. Guida escursionistica e alpinistica, Nordpress, Chiari 2006
Vecchi rifugi in Valle d’Aosta (1852-1891), in “Quaderni museo montagna”, n.37, 1985
Frattari A.(a cura di), Soluzioni costruttive per edifici in legno, Eurograf s.a.s., Cesano Boscone, 2015
Gibello L., Cantieri d’alta quota. Breve storia della costruzione dei rifugi sulleAlpi, Lineadaria, Biella 2011
Hemmler J., Nanga parbat 1970: il dramma e le sue controversie, Versante Sud, Milano 2012
Magrini A., Ena D., Tecnologie solari attive e passive, EPC Libri, 2007
Marazzi S., Atlante Orografico delle Alpi. SOIUSA, Priuli & Verlucca, Pavone Canavese 2005

RIVISTE

- Capanna rifugio margherita il rifugio più alto d’Europa, Gennaio 2010
Testo di Simone Guidetti, Ufficio Tecnico Ambiente del CAI Sede Centrale
Responsabile del Sistema di Gestione Ambientale del Rifugio Capanna Osservatorio Regina Margherita
· “La rivista” del Club Alpino Italiano, marzo-aprile 2010, maggio-giugno 2010, settembre-ottobre 2010, marzo-aprile 2011;
· Notiziario mensile “Lo scarpone”, Club Alpino Italiano: Numero 5 - maggio 2010, Numero 6 - giugno 2010 Numero 7 - luglio 2010, Numero 9 - settembre 2010, Numero 4 - aprile 2011, Numero 5 maggio 2011, Numero 6 giugno 2011.

Indice delle figure

Fig 1.1 La prima capanna registrata dalle fonti storiche a Monteverver.	8	Fig 2.17 Cervo reale.	41
Fig 1.2 La prima capanna registrata dalle fonti storiche a Monteverver.	8	Fig 2.18 Stambecco alpino.	41
Fig.1.3 Rifugio ai grand Mulets costruito nel 1786.	9	Fig 2.19 Gipeto.	41
Fig. 1.4 Rifugio originale ai Grand Mulets.	10	Fig 2.20 Gracchio alpino.	41
Fig. 1.5 Rifugio originale ai Grand Mulets.	10	Fig 2.21 Aquila Reale.	42
Fig.1.6 La piramide di sassi sul luogo prescelto per la capanna Valsesia, Monte Rosa, nel 1898.	12	Fig 2.22 Marmotta.	42
Fig.1.7 Rifugio dell'Alpetto al Monviso, il primo del CAI (2268 m s.l.m).	12	Fig 2.23 Barbo canino.	42
Fig.1.8 Vista del rifugio Gran Torre al Cervino 3890 m.slm.	12	Fig 2.24 Lepre rossa.	43
Fig.1.9 Rifugio Amedeo di Savoia al Cervino 3840 m.slm.	12	Fig 2.25 Cinghiale.	43
Fig.1.10 Vista del rifugio Grandhornhutte nelle Alpi svizzere.	12	Fig.3.1 Localizzazione Rifugio da Alagna Valsesia uno dei punti di partenza alla vetta.	46
Fig.1.11Progetto di Emil Hilgard per la Spannortthütte del 1880.	14	Fig.3.2 Localizzazione Rifugio nell'arco alpino.	47
Fig.1.12 Cartolina rifugio Joseph Vallot sul Monte Bianco 4810 m.slm.	14	Fig.3.3 Localizzazione Rifugio nel massiccio del monte Rosa.	47
Fig.1.13 Fotografia dell'Osservatorio Joseph Vallot sul Monte Bianco.	14	Fig.3.4 Vista sulla punta Parrospitze e sul Cervino.	48
Fig.1.14 Pianta dell'Osservatorio Joseph Vallot sul Monte Bianco.	15	Fig.3.5 Cartolina storica degli anni '40 del rifugio.	49
Fig.1.15 Rifugio Gran Torino originale costruito agli inizi del 900 al colle del gigante 3300 m.slm.	16	Fig.3.6 Linea temporale dalla prima costruzione fino ad oggi.	50
Fig.1.16 Cartolina del Rifugio Gran Torino originale.	16	Fig.3.7 Cartolina della costruzione originale del rifugio dove spunta la torre meteorologica.	52
Fig.1.17 Capanna Tencia costruita nel 1912 in Svizzera.	17	Fig.3.8 Cartolina storica dell'ingresso al rifugio.	52
Fig.1.18 Capanna Tencia costruita nel 1912 in Svizzera.	17	Fig.3.9 Persone sulla balconata in una cartolina storica.	52
Fig.1.19 Pianta struttura prefabbricata della Me-delserhutte.	18	Fig.3.10 Persone sul fronte sud-ovest in una cartolina storica.	52
Fig.1.20 Le aperture irregolari, le finestre a nastro la copertura a falda singola della planutahutte.	18	Fig.3.11 Fotografia fronte sud-ovest Capanna originale.	53
Fig.1.21 Rifugio Planutahutte al Clariden Pass 2970 m.slm.	19	Fig.3.12 Cartolina storica.	53
Fig.1.22 Rifugio Vittorio Emanuele secondo al Gran Paradiso 2735 m.slm.	19	Fig.3.13 Fotografia del cantiere con i baraccamenti per far dormire gli operai durante i lavori.	53
Fig.1.23 Ricostruzione del Refugee tonneau di Jeanneret.	20	Fig.3.14 Fotografia storica del cantiere 1980 fronte nord-ovest.	53
Fig.1.24 Render d'interni del refugee tonneau.	20	Fig.3.15 Pianta piano terra progetto originale del 1977.	54
Fig.1.25 Casa rifugio di montagna allestita al parco Sempione per la x triennale dell'architettura.	21	Fig.3.16 Pianta piano primo progetto originale del 1977.	56
Fig.1.26 Rifugio Soreiller il primo ad essere costruito tramite l'ausilio dell'elicottero nel 1957.	22	Fig.3.17 Pianta piano secondo progetto originale del 1977.	58
Fig.1.27 Rifugio ai Grand Mulets del 1958 costruito grazie all'elicottero.	23	Fig.3.18 Prospetto sud-est progetto originale del 1977.	60
Fig.1.28 Bivacco del mischabel nel Vallese Svizzera 3847 m.slm. costruito nel 1965.	23	Fig.3.19 Prospetto sud-ovest progetto originale del 1977.	60
Fig.1.29 Domhutte nel Vallese 2940 m.slm costruito nel 1957.	24	Fig.3.20 Sezione tecnologica progetto originale del 1977.	61
Fig.1.30 Vista sulla torre di Cabane de bertol al Zinal 3311 m.slm costruito nel 1975.	25	Fig.3.21 Fotografia fronte sud-ovest utilizzata per il fotoraddrizzamento.	62
Fig.1.31 Rifugio Monzino al Monte Bianco 2590 m.slm costruito nel 1965 su progetto di Aldo Comacini.	25	Fig.3.22 Fotografia parte nord-ovest utilizzata per sviluppare alcuni dettagli del rilievo.	63
Fig.1.32 Vista fronte sud Cabane du Velane 2640 m.slm.	27	Fig.3.23 Fotografia prospetto nord-ovest utilizzata per sviluppare alcuni dettagli del rilievo.	64
Fig.1.33 Monte Rosa Hutte 2883 m.slm sul ghiacciaio dello Zermatt.	28	Fig.3.23 Fotografia prospetto sud-est utilizzata per sviluppare alcuni dettagli del rilievo.	66
Fig.1.34 Refuge de Gouter sul monte Bianco 3867 m.slm ricostruito nel 2008.	28	Fig.3.25 Estratto nuvola di punti edificio zona nord-ovest.	68
Fig.1.35 Bivacco Gervasutti posizionato alle Grandess Jorasses 2835 m.slm.	29	Fig.3.26 Estratto nuvola di punti edificio zona sud-est.	68
Fig.1.36 La Capanna Rambert nel Grand Muveran 2580m.slm costruita dal 2010-12.	29	Fig.3.27 Estratto nuvola di punti terreno circostante punta Gniffetti.	68
Fig.1.37 Tschiervahutte al Bemina 2593m.slm di Hans Jorg Ruch.	29	Fig.3.28 Fase 1 costruzione del modello, struttura travi e pilastri.	69
Fig.1.38 la Cabanne de Moiry 2825m.slm nel Vallese progetto dello studio Baserga Mozzetti.	29	Fig.3.29 Fase 2 costruzione elementi orizzontali solai e scale.	70
Fig 2.1 Tradizionale partizione delle alpi introdotta nel 1926 sistema SOIUSA.	32	Fig.3.30 Fase 3 montaggio pareti esterne.	70
Fig 2.2 Partizione delle Alpi Nord occidentali comprendenti il massiccio del monte Rosa.	33	Fig.3.31 Fase 4 montaggio del rivestimento esterno e delle uscite d'emergenza.	71
Fig 2.3 Sezioni della suddivisione orografica internazionale unificata dal sistema alpino SOIUSA.	33	Fig.3.32 Fase 4 montaggio del rivestimento esterno e delle uscite d'emergenza.	71
Fig 2.4 Sezione orografica riguardante la formazione dell'arco alpino		Fig.3.33 Pianta piano terra scala 1:100.	72
Fig 2.5 Carta Geologica delle Alpi occidentali.	35	Fig.3.34 Fotografia sala da pranzo.	74
Fig 2.6 Gneiss del Monte Rosa.	36	Fig.3.35 Fotografia zona Bar all'ingresso.	74
Fig 2.7 Calcescisto verde.	36	Fig.3.36 Fotografia cucina.	75
Fig 2.8 Scisto blu.	37	Fig.3.37 Fotografia zona d'ingresso	75
Fig 2.9 Scisto verde.	37	Fig.3.38 Fotografia camera da letto.	76
Fig 2.10 Rocce montonate.	37	Fig.3.39 Fotografia corridoio piano primo.	76
Fig 2.11 Rododendro selvatico.	38	Fig.3.40 Pianta piano primo scala 1:100.	76
Fig 2.12 Stelle Alpine.	38	Fig.3.41 Pianta piano secondo scala 1:100.	78
Fig 2.13 Androsace di Vandelli.	38	Fig.3.42 Prospetto sud-est scala 1:100.	80
Fig 2.14 Ranucolo dei ghiacciai	38	Fig.3.43 Prospetto nord-ovest scala 1:100.	80
Fig 2.15 Esempio di bosco misto comprendente abete bianco, faggio e larice.	39	Fig.3.44 Prospetto sud-ovest scala 1:100.	82
Fig 2.16 Pascoli alpini con lo sfondo del Massiccio del monte Rosa.	40	Fig.3.45 Prospetto nord-est scala 1:100.	82
		Fig.3.46 Sezione A-A' scala 1:100.	83

Fig.3.47 Sezione B-B' scala 1:100.	83	Fig. 5.21 Prospetto sud-est scala 1:100.	122
Fig.3.48 Particolare della pompa di gestione dell'impianto di riscaldamento.	84	Fig. 5.22 Prospetto nord-ovest scala 1:100.	122
Fig.3.48 Panelli fotovoltaici posizionati sulla facciata sud-est.	85	Fig. 5.23 Sezione A-A' scala 1:100.	124
Fig.3.49 Schematic design attuale del rifugio.	86	Fig. 5.24 Sezione B-B' scala 1:100.	125
Fig.3.50 Schema strutturale per il funzionamento dei tiranti.	88	Fig. 5.25 Sezione C-C' gialli e rossi scala 1:100.	126
Fig.3.51 Stratigrafia 3d della chiusura verticale verso l'esterno dell'edificio.	89	Fig. 5.26 Sezione C-C' scala 1:100.	126
Fig.3.52 Stratigrafia 2d della chiusura verticale verso l'esterno dell'edificio.	89	Fig. 5.27 Render di progetto vista nord ovest.	128
Fig. 4.1 Inquadramento territoriale dei rifugi studiati nell'arco alpino.	92	Fig. 6.1 Stratigrafia CV01 parete perimetrale stato di fatto.	133
Fig. 4.2 Profilo altimetrico delle quote di posizionamento dei rifugi.	92	Fig. 6.2 Stratigrafia CV01 parete perimetrale opzione 1 progetto.	134
Fig. 4.3 Monte Rosa Hutte vista sul ghiacciaio.	93	Fig. 6.3 Stratigrafia CV01 parete perimetrale opzione 2 progetto.	135
Fig. 4.4 Pianta piano terra Monte Rosa Hutte.	93	Fig. 6.4 Stratigrafia CV01 parete perimetrale opzione 3 progetto.	136
Fig. 4.5 Sezione trasversale Monte Rosa Hutte.	93	Fig. 6.5 Stratigrafia CV01 parete perimetrale opzione 4 progetto.	137
Fig. 4.6 Render sala da pranzo.	94	Fig. 6.6 Stratigrafia Coo1.	138
Fig. 4.7 Schemi di funzionamento impiantistici ed energetici.	94	Fig. 6.7 Stratigrafia Coo2.	139
Fig. 4.8 Rifugio Gouter al monte Bianco.	95	Fig. 6.8 Stratigrafia Poo1.	140
Fig. 4.9 Pianta piano terra.	95	Fig. 6.9 Stratigrafia Pvo1.	141
Fig. 4.10 Sezione trasversale.	95	Fig. 6.10 Fotografia particolare costruttivo finestra esistente.	142
Fig. 4.11 Foto costruzione.	95	Fig. 6.11 Fotografia particolare costruttivo trave primaria travetti secondarie scala.	143
Fig. 4.12 Render degli interni nella zona notte.	96	Fig. 6.12 Nodo verticale o1 scala 1:10.	144
Fig. 4.13 Render sala da pranzo.	96	Fig. 6.13 Nodo verticale o2 scala 1:10.	146
Fig. 4.14 Tracuit hutte.	97	Fig. 6.14 Nodo verticale o3 scala 1:10.	148
Fig. 4.15 Render sala da pranzo.	97	Fig. 6.15 Nodo verticale o4 scala 1:10.	150
Fig. 4.16 Render sala da pranzo.	97	Fig. 7.1 Grafico andamento temperature medie giornaliere.	155
Fig. 4.17 Render sala da pranzo.	97	Fig. 7.2 Grafico andamento temperature medie giornaliere estive.	156
Fig. 4.18 Pianta piano terra e sezione trasversale.	98	Fig. 7.3 Grafico temperature medie mensile.	156
Fig. 4.19 Vista Lato Nord Tracuit hutte.	98	Fig. 7.4 Grafico irradianza sito di progetto.	156
Fig. 4.20 Rifugio al Sasso nero.	99	Fig. 7.5 Grafico radiazione media mensile.	157
Fig. 4.21 Render sala da pranzo.	99	Fig. 7.6 Grafico umidità media giornaliera nei mesi estivi.	157
Fig. 4.22 Pianta piano terra.	99	Fig. 7.7 Grafico coefficiente globale di scambio termico e di scambio termico per orientamento.	162
Fig. 4.23 Pianta piano primo.	100	Fig. 7.8 Grafico carico termico disperso in zona 1.	164
Fig. 4.24 Sezione longitudinale.	100	Fig. 7.9 Grafico carico termico disperso in zona 2.	165
Fig. 4.25 Prospetti dell'edificio.	100	Fig. 7.10 Grafico carico termico disperso in zona 3.	165
Fig. 4.26 Render sala da pranzo.	101	Fig. 7.11 Grafico carico termico disperso in tutto l'edificio.	165
Fig. 4.27 Vista panoramica del rifugio al Sasso nero.	101	Fig. 7.12 Energia prodotta dal sistema fotovoltaico in un anno.	168
Fig. 5.1 Vista sul Cervino e sulla punta Zumstein da Capanna Regina Margherita.	104	Fig. 7.13 Energia prodotta dal sistema fotovoltaico nei mesi d'apertura.	168
Fig. 5.2 Vista sulle alpi Svizzere.	104	Fig. 7.14 Grafico prestazionale edificio.	172
Fig. 5.3 Render di progetto vista sud-est zona ingresso.	105	Fig. 8.1 Piante riscaldamento a pavimento dell'edificio.	179
Fig. 5.4 Render di progetto scala d'ingresso con vista panoramica.	107	Fig. 8.2 Schema impinto di riscaldamento a pavimento elettrico.	180
Fig. 5.5 Render di progetto vista nord-est.	107	Fig. 8.3 Schema produzione energia elettrica.	181
Fig. 5.6 Pianta piano d'ingresso scala 1:100.	108	Fig. 8.4 Tabella sui livelli prestazionali.	184
Fig. 5.7 Pianta piano terra scala 1:100.	108	Fig. 8.5 Schema posizionamento altezza delle prese.	185
Fig. 5.8 Pianta gialli e rossi piano d'ingresso scala 1:100.	110	Fig. 8.6 Tipi di prese da inserire nell'impianto.	185
Fig. 5.9 Pianta gialli e rossi piano terra scala 1:100.	110	Fig. 8.7 Esempio di disposizione delle prese in cucina.	186
Fig. 5.10 Render di progetto zona ingresso e bar.	112	Fig.8.8 Schema impianto idraulico.	187
Fig. 5.11 Render di progetto cucina.	113	Fig.8.9 Tabella calcolo delle tubature impianto di scarico.	191
Fig. 5.12 Render di progetto sala da pranzo.	113	Fig.8.10 Schema impianto di scarico dei reflui.	193
Fig. 5.13 Render di progetto camera da letto piano primo.	115	Fig. 9.1 Tabella carichi per destinazione d'uso.	203
Fig. 5.14 Pianta piano primo scala 1:100.	114	Fig. 9.2 Zone di vento in italia.	204
Fig. 5.15 Render di progetto camera da letto piano secondo.	117	Fig. 9.3 Regioni e zone ventose in italia.	204
Fig. 5.16 Pianta piano secondo scala 1:100.	116	Fig. 9.4 Tipo di terreno e rugosità.	204
Fig. 5.17 Pianta piano primo gialli e rossi scala 1:100.	118	Fig. 9.5 Categoria di esposizione edificio.	204
Fig. 5.18 Pianta piano secondo gialli e rossi scala 1:100.	118	Fig. 9.6 Zone di neve in Italia.	205
Fig. 5.19 Prospetto sud-ovest scala 1:100.	120		
Fig. 5.20 Prospetto nord-est scala 1:100.	121		

Fig. 9.7 Coefficiente d'esposizione edificio.	205
Fig. 9.8 Coefficiente inclinazione falde copertura.	205
Fig. 9.9 Tabella classi di servizio.	206
Fig. 9.10 Tabella coefficienti classi di durata del carico.	207
Fig.9.11 Tabella coefficienti relativi ai diversi tipi di legno.	207
Fig. 9.12 Tabella coefficienti gamma relativi ai diversi tipi di legno.	208
Fig. 9.13 Grafici relativi a Mmax e Vmax per TS01.	209
Fig. 9.14 Grafici relativi a Mmax e Vmax per TS02.	210
Fig. 9.15 Grafici relativi a Mmax e Vmax per TS03.	210
Fig. 9.16 Grafici relativi a Mmax e Vmax per TS04.	210
Fig. 9.17 Grafici relativi a Mmax e Vmax per le travi principali.	213
Fig. 9.18 Grafici relativi a Mmax e Vmax per il pilastro in progetto.	218
Fig. 9.19 Determinazione di ko per superfici non protette con t in minuti.	221
Fig. 9.20 Pianta solaio piano primo scala 1:100.	225
Fig. 9.21 Pianta solaio piano secondo scala 1:100.	225
Fig. 9.22 Pianta solaio copertura scala 1:100.	226
Fig. 9.23 Sezione A-A' scala 1:100.	226

Indice delle Tabelle

Tab 3.1 Caratteristiche piano terra.	73
Tab 3.2 Caratteristiche piano primo.	77
Tab 3.3 Caratteristiche piano secondo.	79
Tab 4.1 Caratteristiche rifugio Monte Rosa hütte.	
Tab 4.2 Caratteristiche Rifugio Gouter.	95
Tab 4.3 Caratteristiche Tracuit hütte.	97
Tab 4.4 Caratteristiche Sasso nero.	99
Tab 7.1 Caratteristiche spaziali rifugio.	158
Tab 7.2 Caratteristiche prestazionali da normativa della trasmittanza delle pareti.	161
Tab 7.3 Caratteristiche prestazionali da normativa trasmittanza periodica.	161
Tab 7.4 Caratteristiche prestazionali da normativa sfasamento e attenuazione.	161
Tab 7.5 Carico termico per trasmissione, ventilazione e ripresa nelle zone riscaldate.	164
Tab 7.6 Carico termico totale nelle zone riscaldate.	164
Tab. 7.7 Potenza e consumo impianto idraulico.	166
Tab. 7.8 Potenza e consumo impianto elettrico.	167
Tab. 7.9 Fabbisogni di energia primaria climatizzazione invernale.	170
Tab. 7.10 Indice di prestazione climatizzazione invernale.	170
Tab. 7.11 Fabbisogni di energia primaria illuminazione.	171
Tab. 7.12 Indice di prestazione illuminazione.	171
Tab. 7.13 Fabbisogni di energia primaria ACS.	171
Tab. 7.14 Indice di prestazione ACS.	171
Tab. 7.15 Fabbisogni di energia primaria totale.	172
Tab. 7.16 Indice di prestazione totale.	172
Tab. 8.1 Carico termico piano terra.	176
Tab. 8.2 Carico termico piano primo.	176
Tab. 8.3 Carico termico piano secondo.	176
Tab. 8.4 Progetto potenza impianto di riscaldamento piano terra.	177
Tab. 8.5 Progetto potenza impianto di riscaldamento piano primo.	178
Tab. 8.6 Progetto potenza impianto di riscaldamento piano secondo.	178
Tab. 8.7 Tabella livelli prestazionali.	184
Tab. 8.8 Punti presa e punti luce.	186

Tab. 8.9 Portata massima apparecchi impianto idraulico.	188
Tab. 8.10 Progetto diametro tubazioni impianto acqua calda.	188
Tab. 8.11 Progetto diametro tubazioni impianto acqua fredda.	189
Tab. 8.12 Progetto diametro tubazioni impianto acqua cucina.	189
Tab. 8.13 Progetto diametro impianto acque reflue.	192
Tab. 8.14 Tabella progettazione diametro tubazioni impianto acque reflue.	192
Tab. 9.1 Caratteristiche principali del rifugio.	198
Tab. 9.2 Caratteristiche legno lamellare.	199
Tab. 9.3 Caratteristiche legno massello c 35.	199
Tab. 9.4 Coefficienti carichi dell'edificio.	201
Tab. 9.5 Coefficienti destinazione d'uso.	210
Tab. 9.6 peso elementi della struttura.	202
Tab. 9.7 Valore carichi allo stato limite ultimo e allo stato limite d'esercizio.	208
Tab. 9.8 Carico sulle travi secondarie.	209
Tab. 9.9 Tabella di progetto travi secondarie.	211
Tab. 9.10 Tabella di verifica a flessione travi secondarie.	211
Tab. 9.11 Tabella di verifica a taglio travi secondarie.	212
Tab. 9.12 Tabella di verifica a freccia massima travi secondarie.	212
Tab. 9.13 Tabella carichi travi primarie.	213
Tab. 9.14 Valori di momento e taglio massimo nelle travi primarie.	213
Tab. 9.15 Progetto a flessione per le travi primarie.	214
Tab. 9.16 Verifica a flessione per le travi primarie.	214
Tab. 9.17 Verifica a taglio per le travi primarie.	215
Tab. 9.18 Verifica della freccia per le travi primarie.	216
Tab. 9.19 Verifica di instabilità della trave per le travi primarie.	216
Tab. 9.20 Valore per verifica di instabilità della trave.	217
Tab. 9.21 Progetto pilastro a compressione.	219
Tab. 9.22 Verifica pilastro a compressione.	219
Tab. 9.23 Verifica di instabilità per il pilastro.	220
Tab. 9.24 Valori del coefficiente β_n .	221
Tab. 9.25 Verifica lunghezza residua trave secondaria.	221
Tab. 9.26 Verifica lunghezza residua trave primaria.	222
Tab. 9.27 Verifica lunghezza residua pilastro.	222

Ringraziamenti

Il percorso di laurea intrapreso è stato lungo, difficile e costernato da molti ostacoli, in diverse occasioni ho pensato di mollare tutto ed intraprendere un percorso lavorativo ma ho deciso di non mollare e finalmente sono arrivato alla fine.

Per questo devo ringraziare sicuramente la mia famiglia, in particolare mia mamma Simonetta, mio papà Antonio, mia sorella Ilenia e mio fratello Nicolò che mi hanno sempre sostenuto anche nei momenti più difficili.

Un altro ringraziamento fondamentale va agli amici di una vita che ridendo e scherzando, e alle volte prendendomi anche in giro, mi spronavano sempre a dare il meglio. Un altro ringraziamento va agli amici dei vari gruppi di cui faccio parte come il G.S. Locatello e il corpo musicale G.Verdi di Sant’Omobono Terme che mi hanno aiutato a crescere in questi anni come persona, agli amici conosciuti in università con i quali abbiamo passato dei momenti indimenticabili, sia in positivo che in negativo.

Un forte ringraziamento anche al professor Graziano Salvalai per la pazienza e la disponibilità avuta nel periodo di tesi.

Un plauso anche a “qualcuno” che durante la tesi spesso passava a trovarmi per chiedermi se fossi arrivato in quota, be penso di esserci arrivato e da quassù la vista è magnifica. Nella vita ci saranno altre vette da scalare ma grazie alla preparazione ricevuta in questi anni di Politecnico sono sicuro che tutto andrà per il meglio.