



TITOLO TESI: Progetto per l'autosufficienza energetica di un borgo montano attraverso

l'utilizzo della risorsa boschiva locale

Relatore: prof. Giuseppe Losco

Correlatore: prof. Giuseppe Carfagna

Laureando: Chiara Pasqualini

La tesi propone una strategia per l'autosufficienza energetica da biomasse legnose dei piccoli nuclei insediativi storici delle aree montane, con particolare riferimento al cratere del sisma 2016, attraverso l'utilizzo sostenibile della risorsa boschiva locale e previa riqualificazione dell'edilizia esistente...

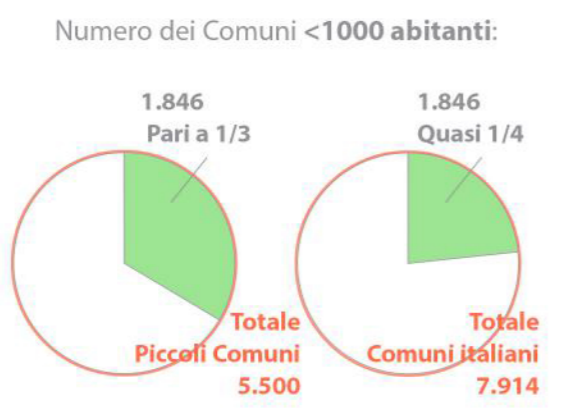
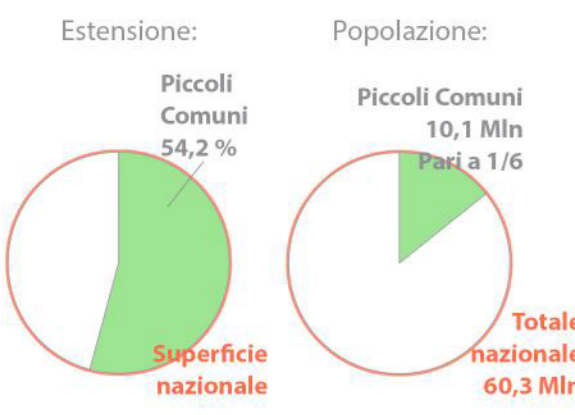
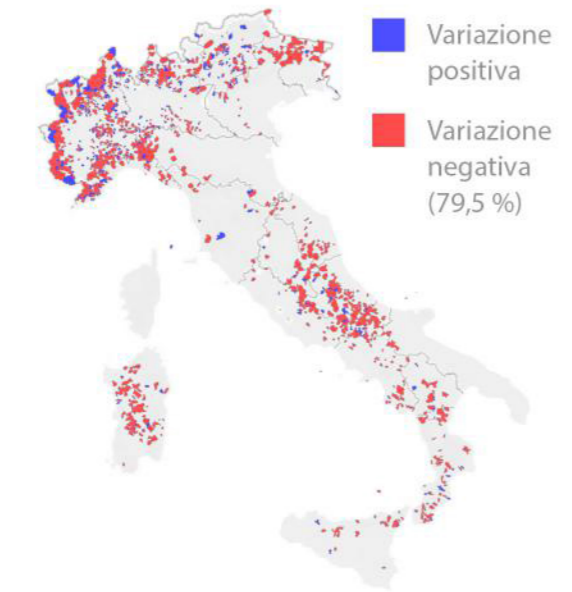
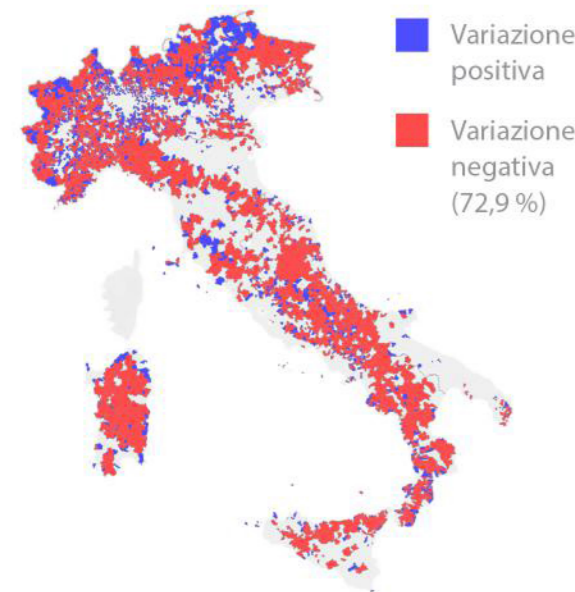
ALLARME SPOLAMENTO DEI PICCOLI COMUNI ITALIANI E CRITICITÀ INSEDIATIVE POST SISMA 2016

SCALA NAZIONALE

Fonte: Elaborazione ANCI su dati Istat - Atlante dei Piccoli Comuni 2019

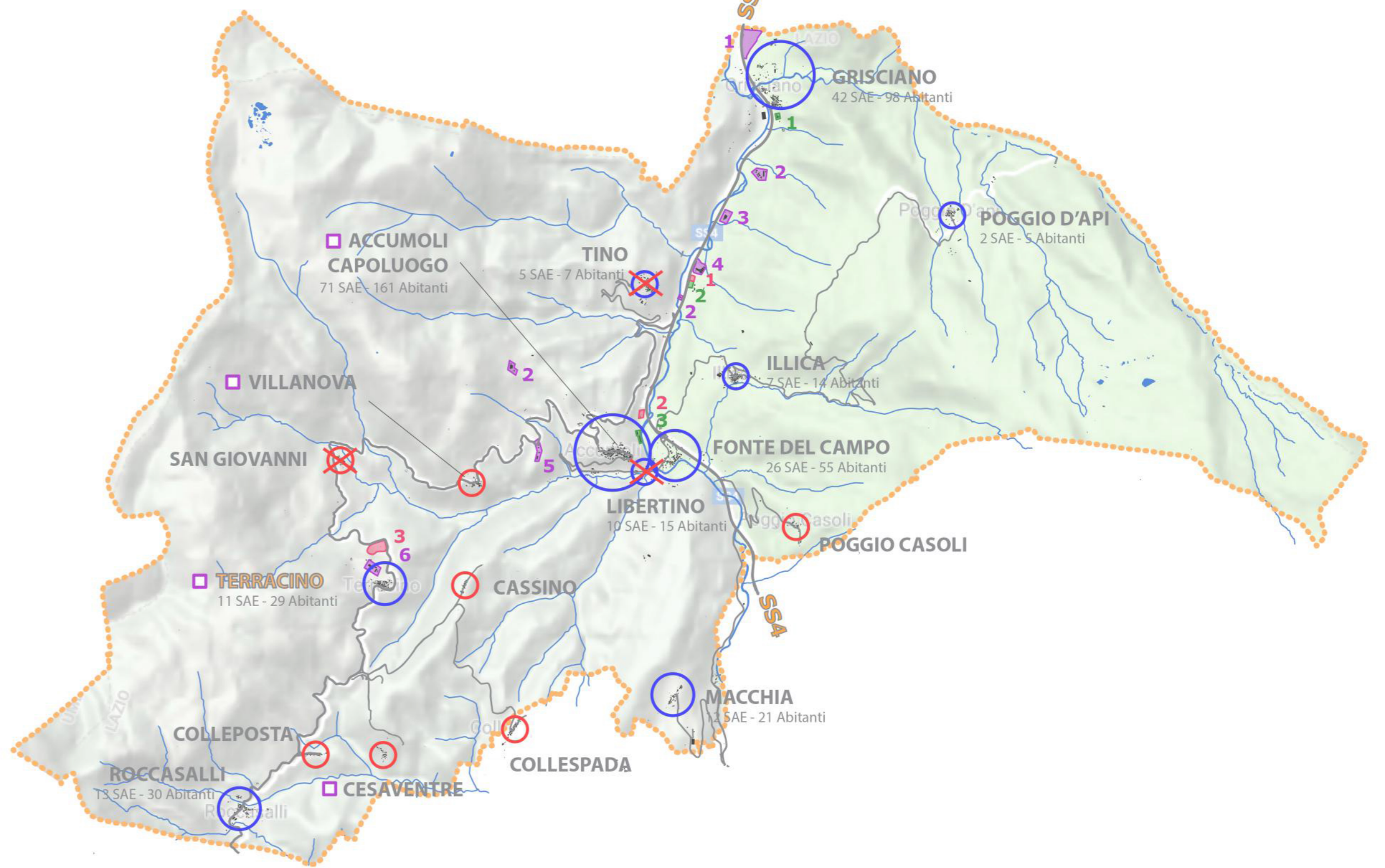
Dinamica demografica dei Piccoli Comuni 2011 - 2017

Piccoli Comuni sotto ai 1000 abitanti



SCALA COMUNALE - Accumoli (RI)

Panoramica demografica e condizioni insediative: offerta abitativa e attività socio-economiche - Scala 1:50.000



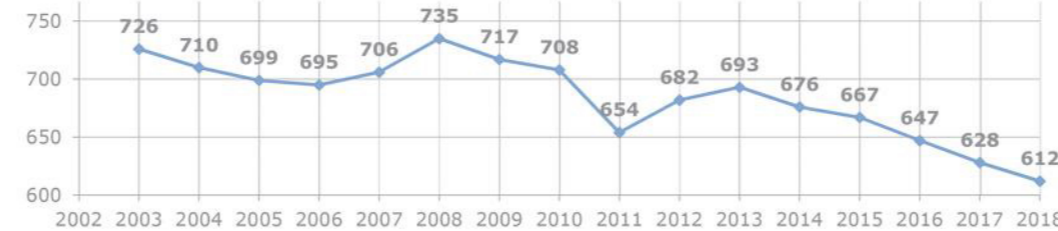
OFFERTA RESIDENZIALE SAE

Totale SAE: 199

Abitanti SAE: 435



ANDAMENTO DEMOGRAFICO



ATTIVITÀ SOCIO-ECONOMICHE

Attività attualmente operanti

- Attività produttive: 1 - Zona P.I.P. per nuovi insediamenti produttivi, 2 - Agriturismo, 3 - Surgelati Alpe s.r.l., 4 - Salumificio Sa.no., 5 - Fattoria, 6 - Allevamento. Attività commerciali: 1 - Ristorante, 2 - Nuovo Polo commerciale "Monti della Laga", 3 - Rivendita di materiali edili. Servizi amministrativi: 1 - Centro Operativo Comunale, 2 - Stock della raccolta differenziata, 3 - Cava dismessa utilizzata come deposito per le macerie.

SCALA DEL CRATERE SISMA 2016 (140 COMUNI)

Fonte: Dati Ufficio Speciale per la Ricostruzione 2019

Dimensione demografica dei comuni del cratere e stato dell'edilizia post-sisma 2016

NUMERO DI ABITANTI:



UMBRIA

15 Comuni

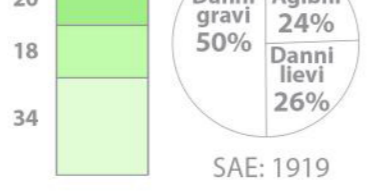
Edifici esaminati: 20.017



MARCHE

87 Comuni

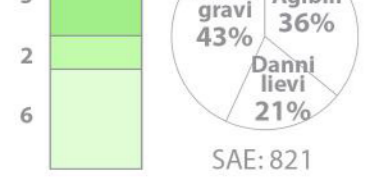
Edifici esaminati: 59.610



LAZIO

15 Comuni

Edifici esaminati: 14.711



ABRUZZO

23 Comuni

Edifici esaminati: 19.797

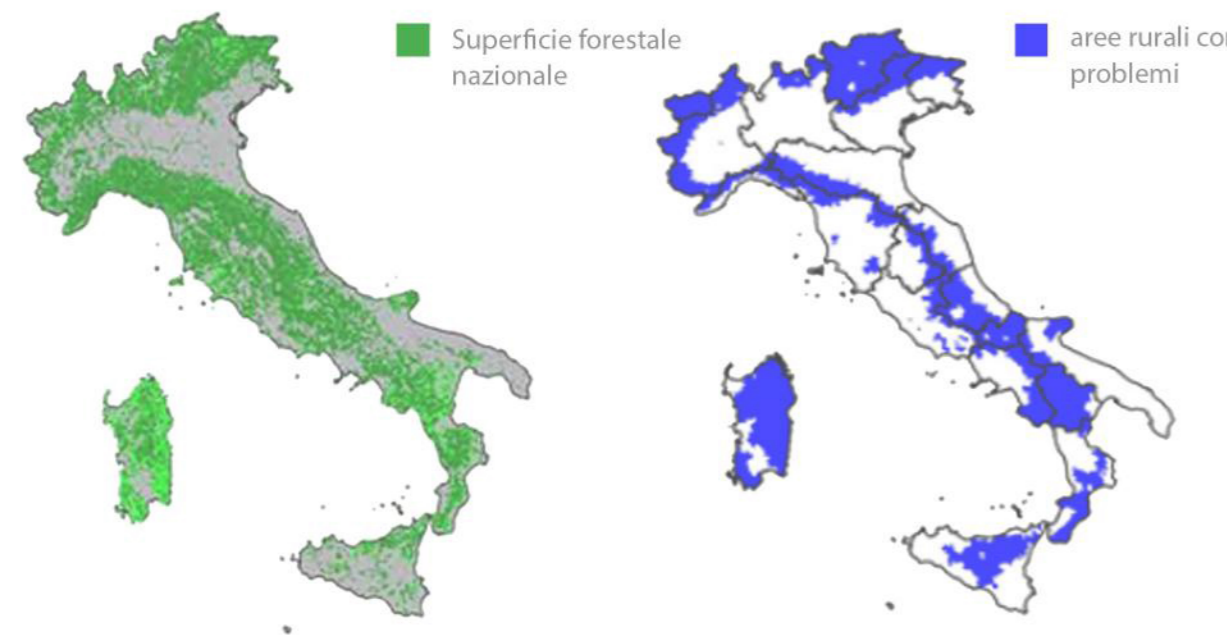


AUMENTO INCONTROLLATO DELLA RISORSA BOSCHIVA LEGATO ALL'INCURIA DEL PATRIMONIO E ANALISI DELLA DISPONIBILITÀ DI BIOMASSA LEGNOSA

SCALA NAZIONALE

Fonte: Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio, 2005

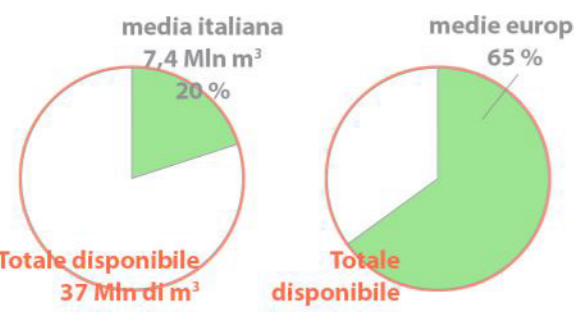
Confronto tra la distribuzione della superficie forestale nazionale e quella delle aree rurali con problemi complessivi di sviluppo nel 2005



Superficie forestale in Italia:



Prelievo medio annuo di incremento legnoso:



L'Italia nel 2012 è stata il 1° importatore mondiale di pellet ad uso residenziale e 4° importatore di cippato

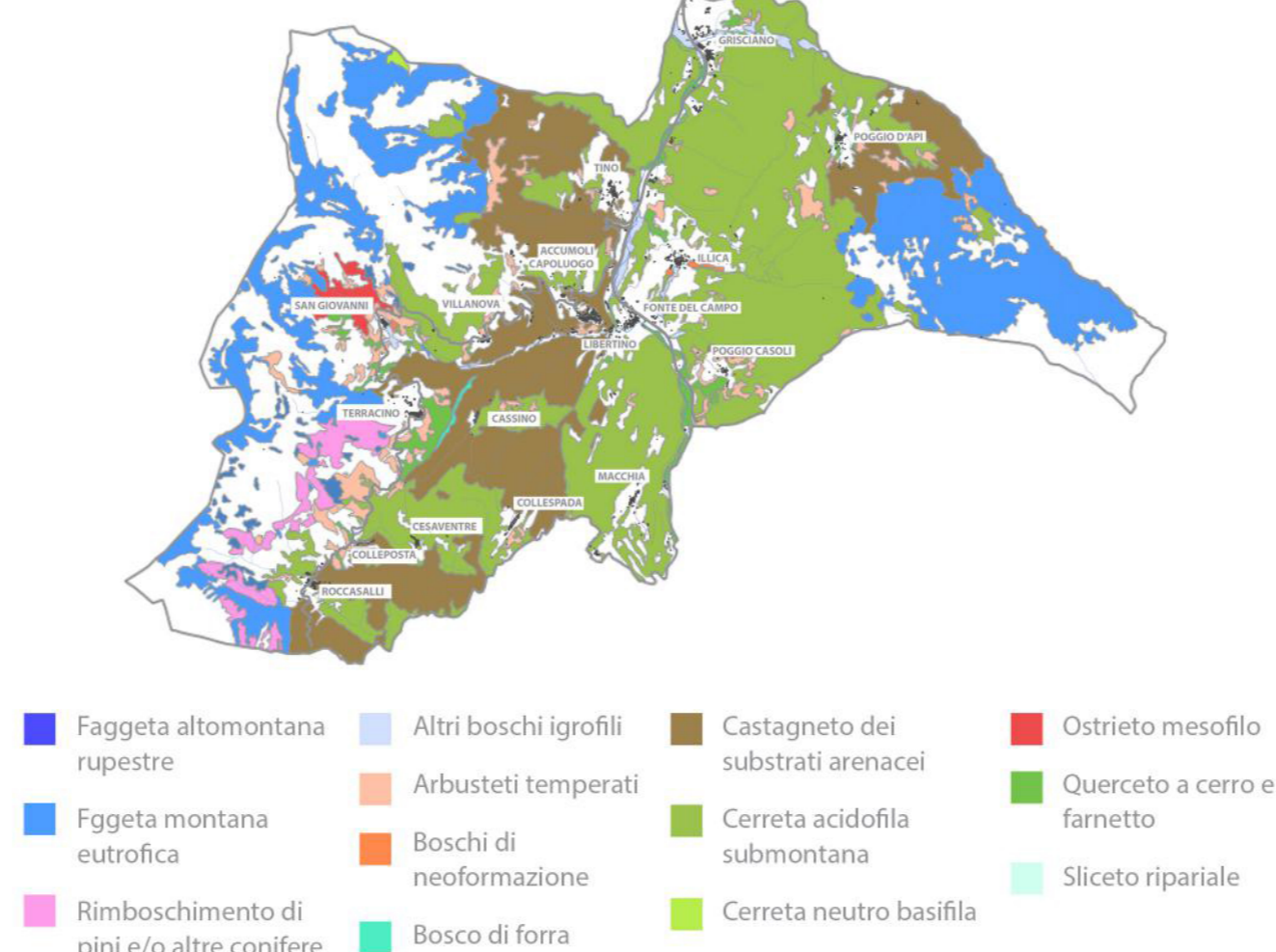
Fonte: FAO - MiPAAF - Piano della filiera del legno 2012 - 2014

SCALA COMUNALE - Accumoli (RI)

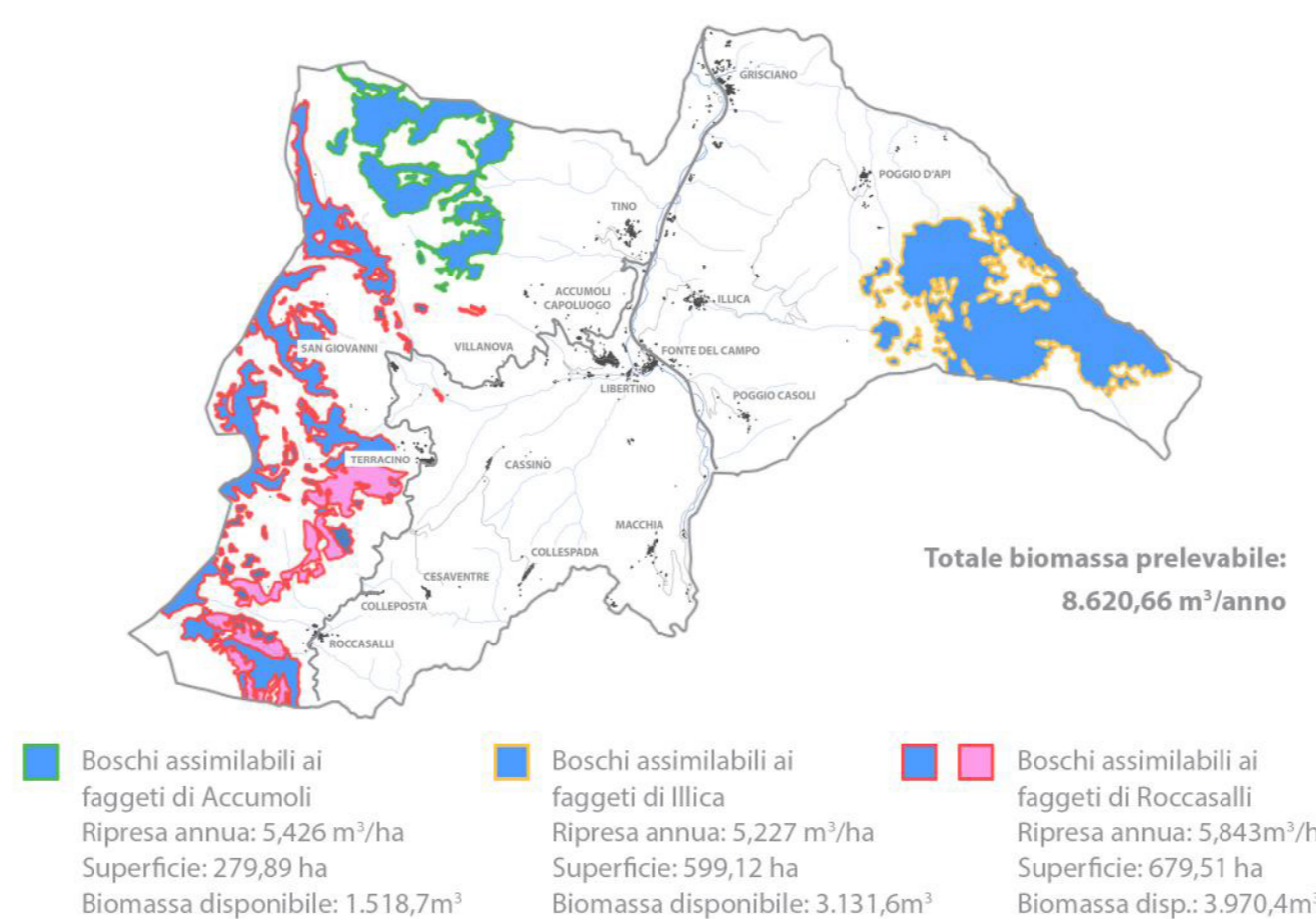
Ricognizione della disponibilità di biomassa legnosa nel territorio comunale

Fonte: Geoportale Regione Lazio

CARTA FORESTALE SU BASE TIPOLOGICA - Dati sull'estensione delle tipologie vegetazionali presenti sul territorio

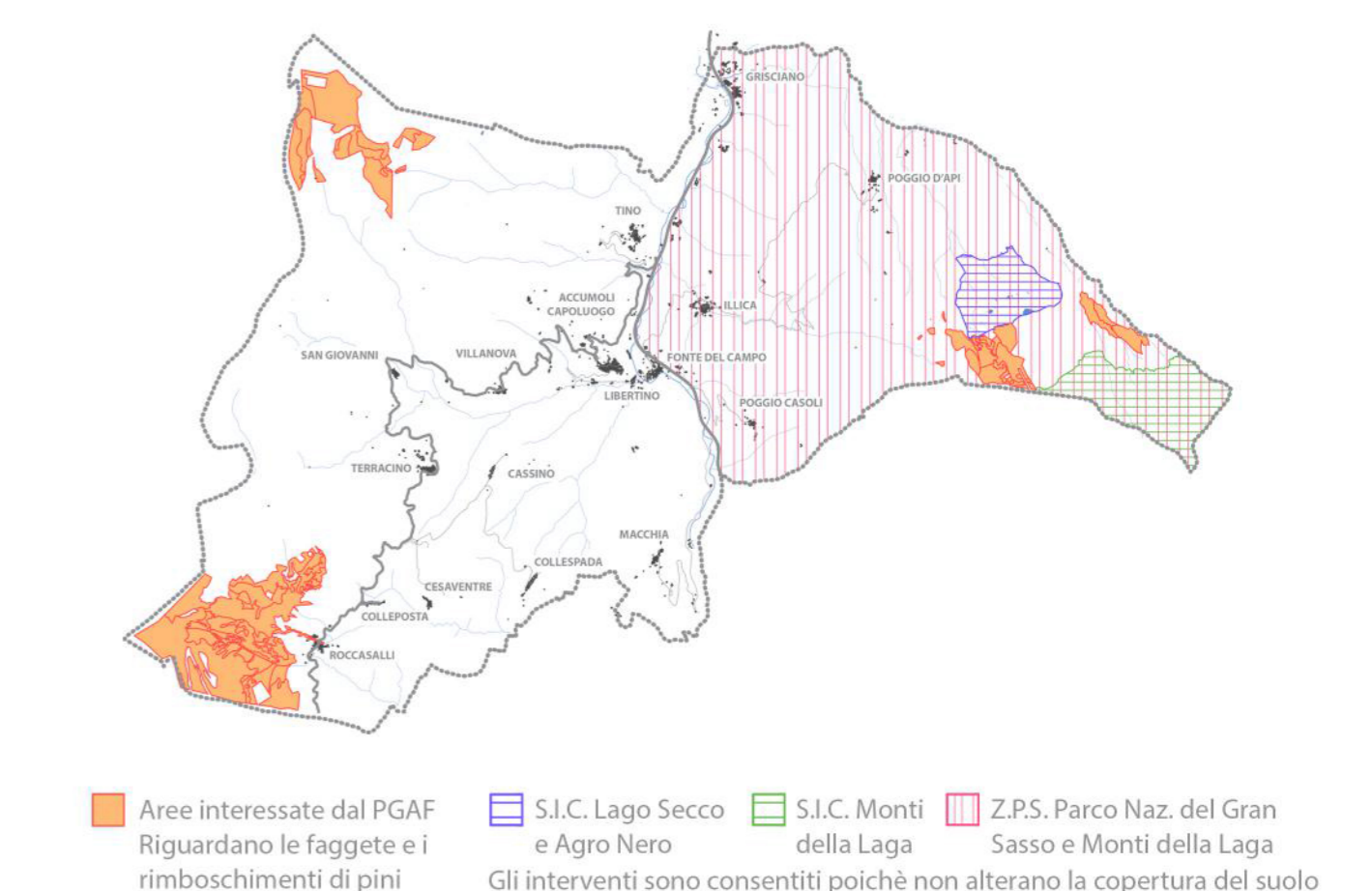


BOSCHI CONSIDERATI PER IL PRELIEVO DI BIOMASSA - È stato considerato di estendere i dati del PGAF sulla ripresa legnosa prelevabile nei boschi sottoposti a pianificazione alle aree limitrofe della stessa categoria vegetazionale.



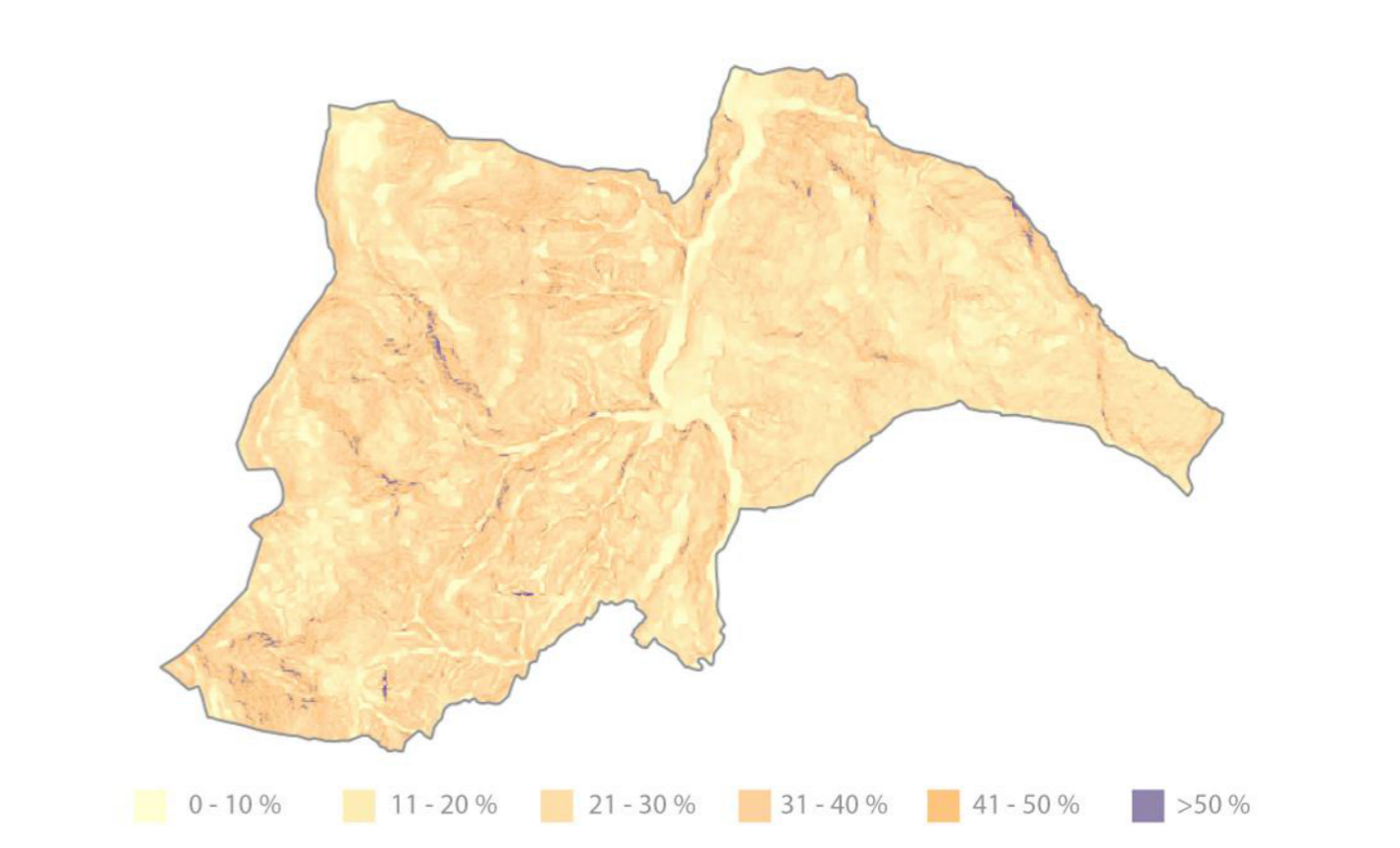
Fonte: Comune di Accumoli

PIANO DI GESTIONE E ASSESTAMENTO FORESTALE COMUNALE - Dati sull'incremento legnoso annuo e pianificazione di interventi di taglio. Il piano è sottodimensionato rispetto all'estensione del patrimonio boschivo.



Fonte: Progetto SGML per il Lazio - Ministero per gli Affari Regionali

CARTA DELLE ACCLIVITÀ - Si considera inutilizzabile la biomassa presente nelle aree con pendenza maggiore del 50%. L'estensione di tali aree è trascurabile.

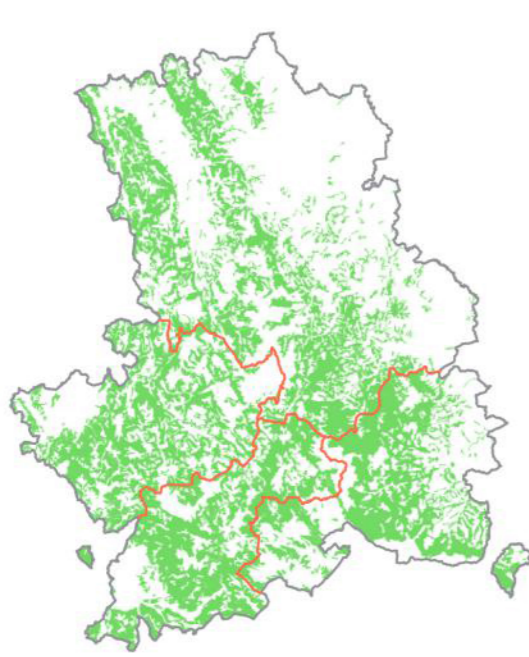


SCALA DEL CRATERE SISMA 2016

Fonte: Elaborazioni GIS della Corine Land Cover 2018

Superficie forestale nell'area del cratere.

Estensione della superficie forestale: 614.042 Ettari

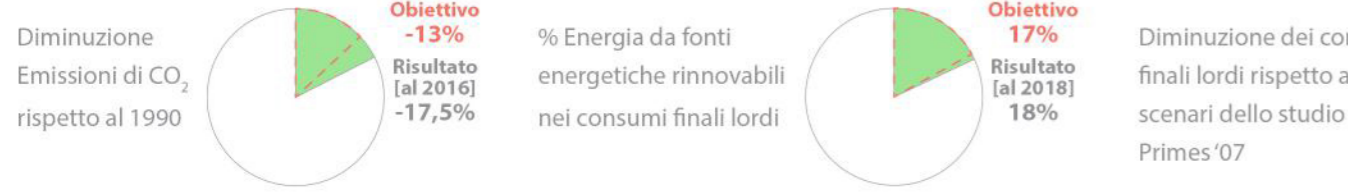


EMERGENZA CLIMATICA: INDIRIZZI EUROPEI PER L'EMANCIPAZIONE DAI COMBUSTIBILI FOSSILI IN AMBITO ENERGETICO

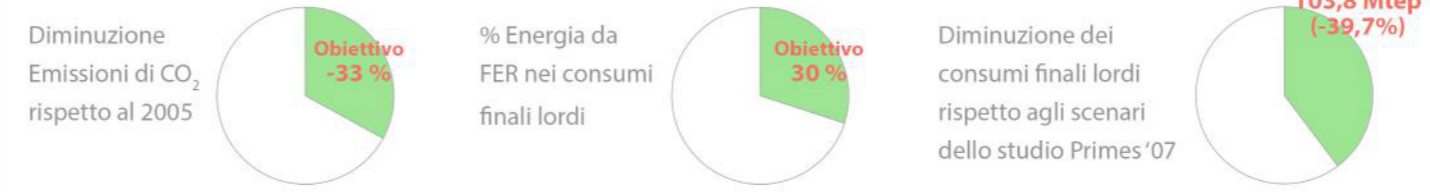
DIRETTIVE EUROPEE PER L'EMANCIPAZIONE DAI COMBUSTIBILI FOSSILI

Fonte: Piano d'Azione Nazionale per le energie rinnovabili, MISE 2010 - La situazione energetica nazionale nel 2018, MISE 2019 - Rapporto ISPRA 2018 - Piano nazionale integrato per l'energia e il clima - MISE 2019

Obiettivi per l'Italia dal Pacchetto "clima-energia 20-20-20" - Direttiva 2009/28/CE



Obiettivi per l'Italia per il 2030



Il Piano d'Azione Nazionale

Per raggiungere gli obiettivi europei, ogni Stato membro si è dotato di un Piano di Azione Nazionale (PAN). In Italia, il PAN promuove la valorizzazione delle biomasse agroforestali delle zone montane e ha un ruolo di indirizzo per i Piani di sviluppo rurale delle varie Regioni italiane.

OBBIETTIVO: MIGLIORARE LE CONDIZIONI INSEDIATIVE PER FAVORIRE LA STANZIALITÀ. RIQUALIFICAZIONE EDILIZIA E NUOVE POSSIBILITÀ LAVORATIVE

OBBIETTIVO: GESTIONE SOSTENIBILE DELLA RISORSA BOSCHIVA FAVORENDO LE FILIERE CORTE DEL LEGNO CON VANTAGGI OCCUPAZIONALI LOCALI



CASO STUDIO: BORGO DI TERRACINO - Frazione di Accumoli

CONSISTENZA EDILIZIA RESIDENZIALE E FABBISOGNI ENERGETICI ALLO STATO DI FATTO

Fonte: Elaborazione dati reperibili nell'Albo Pretorio del Comune e presso il Catasto provinciale di Rieti

Terracino è la frazione più alta di Accumoli. È l'insediamento che ha subito meno danni a seguito del sisma, e conserva quasi totalmente il suo patrimonio di edilizia storica spontanea.

Planimetria - Scala 1:1000

Abitanti attuali: 29

- Edifici: 60, di cui 40 residenziali
- Edifici accatastati in Categoria A (residenziale)
- Edifici con ordinanza di demolizione totale
- Edifici con ordinanza di demolizione parziale
- Soluzioni Abitative in Emergenza (SAE)
- Strutture aggregative temporanee

Consistenza edilizia: superfici residenziali per epoca di costruzione [m²]

Epoca di costruzione	Casa monofamiliare	Casa a schiera	Edificio multifamiliare
<1900	2534,08	599,825	3189,26
1901 - 1920	506,32	-	-
1921 - 1945	68,37	-	-
1946 - 1960	886	-	-
1991 - 2005	163	-	-

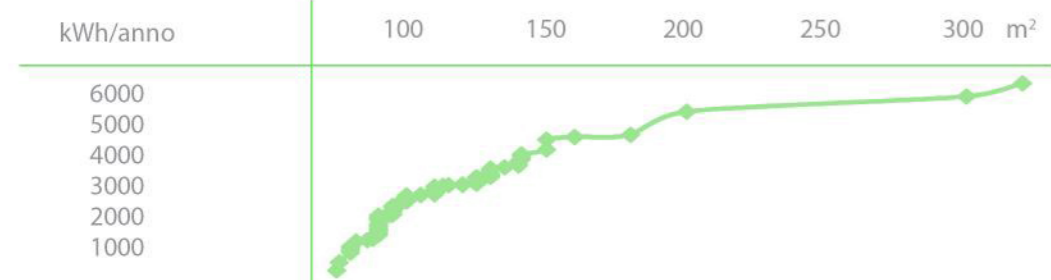
Stima del potenziale fabbisogno termico complessivo [kWh/anno]

Epoca di costruzione	Casa monofamiliare	Casa a schiera	Edificio multifamiliare
<1900	886.928,00	127.402,83	848.662,09
1901 - 1920	188.705,46	-	-
1921 - 1945	23.970,52	-	-
1946 - 1960	256.408,40	-	-
1991 - 2005	17.359,50	-	-

Indici dei fabbisogni specifici per categoria di edifici: progetto TABULA del Politecnico di Torino

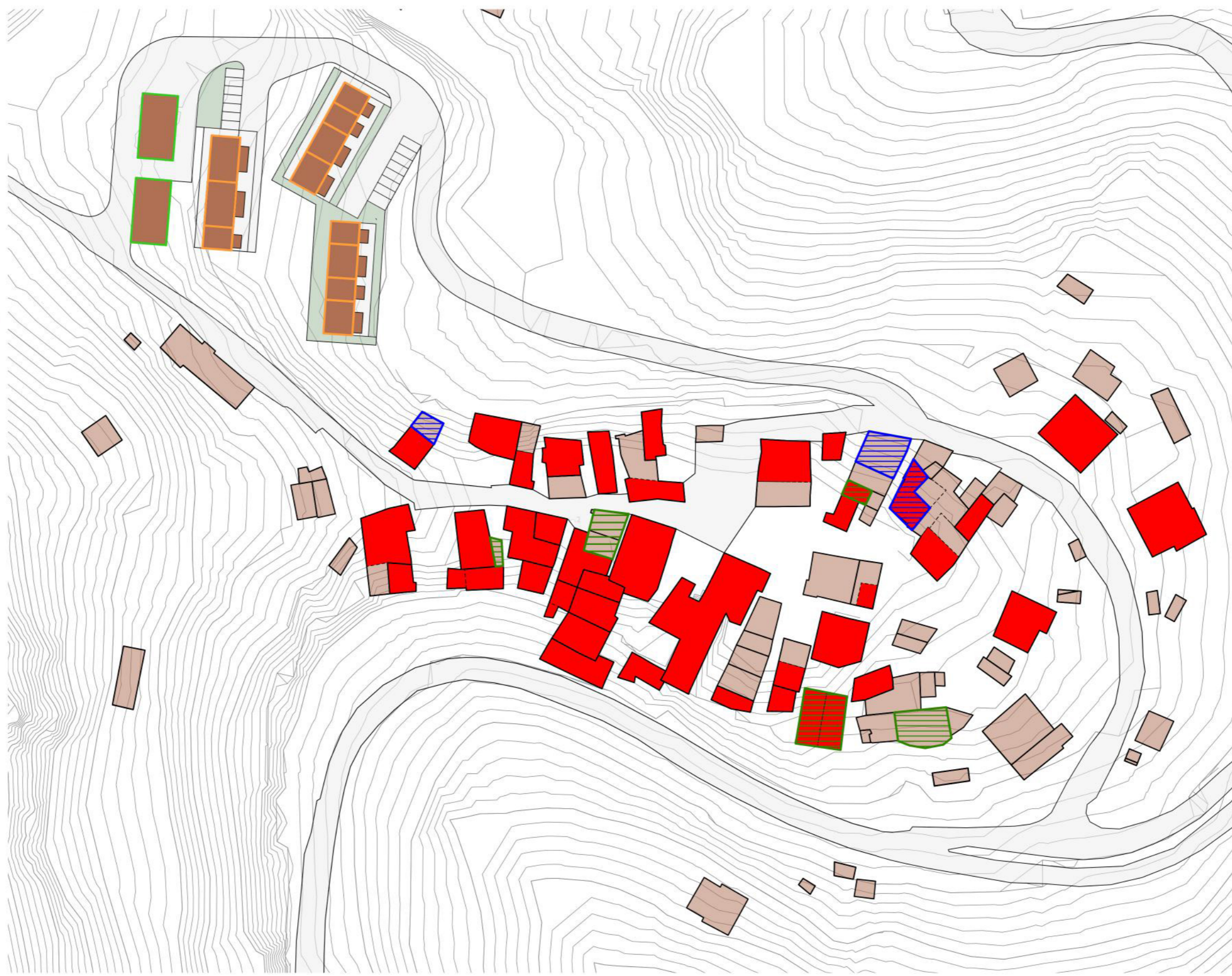
Totale 2.349.436,80 kWh_{termico}/anno

Stima del potenziale fabbisogno elettrico complessivo [kWh/anno]



Dati sui consumi per unità abitativa: progetto MICENE del Politecnico di Milano

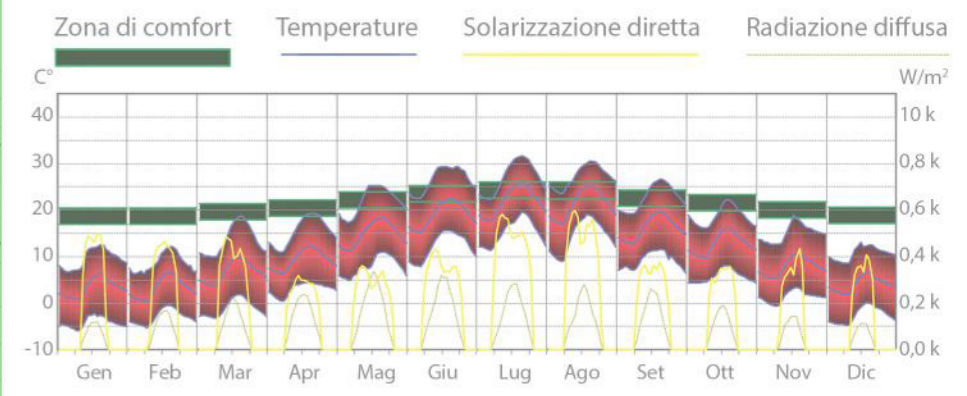
Totale 204.575 kWh_{elettrico}/anno



ANALISI CLIMATICA

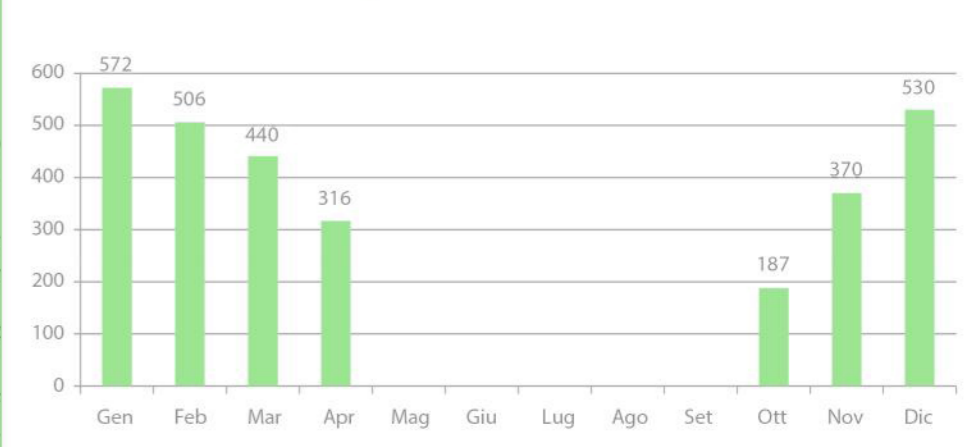
Elaborazioni da Meteonom 7.2 e Weather Tool di Ecotect

Medie giornaliere



Medie giornaliere	T _{min} [°C]	T _{media} [°C]	T _{max} [°C]	Temp. di Comfort [°C]	Solarizzazione diretta [Wh/m²]	Radiazione diffusa [Wh/m²]
Inverno	-4,2	3,6	10,8	17 - 20,5	3387	833
Estate	11,2	20,6	27,7	22 - 25,5	5830	2354
Primavera	-1,0	10,2	21,9	19 - 22,5	3996	2016
Autunno	1,4	12,3	22,8	19,5 - 23	3290	1329
Mese più freddo: Gennaio	-5,4	3,1	9,5	17 - 20,5	3838	718
Mese più caldo: Luglio	15,2	21,6	29,3	22,5 - 26	6724	2341
Giorno più freddo: 22 Gennaio	-5,9	-4,1	-2,2	17 - 20,5	3282	1053
Giorno più caldo: 24 Luglio	22,3	27,0	31,6	22,5 - 26	6666	2740

Gradi Giorno mensili per riscaldamento



Zona climatica E Gradi giorno totali: 2921

Periodo di accensione climatizzazione invernale: 15 Ottobre - 15 Aprile

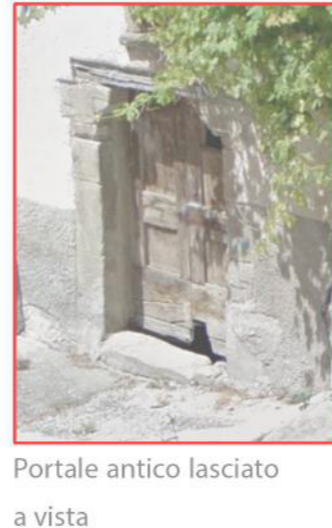
Tempo_{max} d'accensione = 140re_{giorno}

Tipologie residenziali nell'edilizia storica esistente

Edificio bifamiliare. Stima epoca di costruzione antecedente il 1900.



Edificio a schiera. Stima epoca di costruzione antecedente il 1900, successivamente modificato.



Edificio multifamiliare. Un'iscrizione visibile su un portale in pietra individua l'anno 1827.



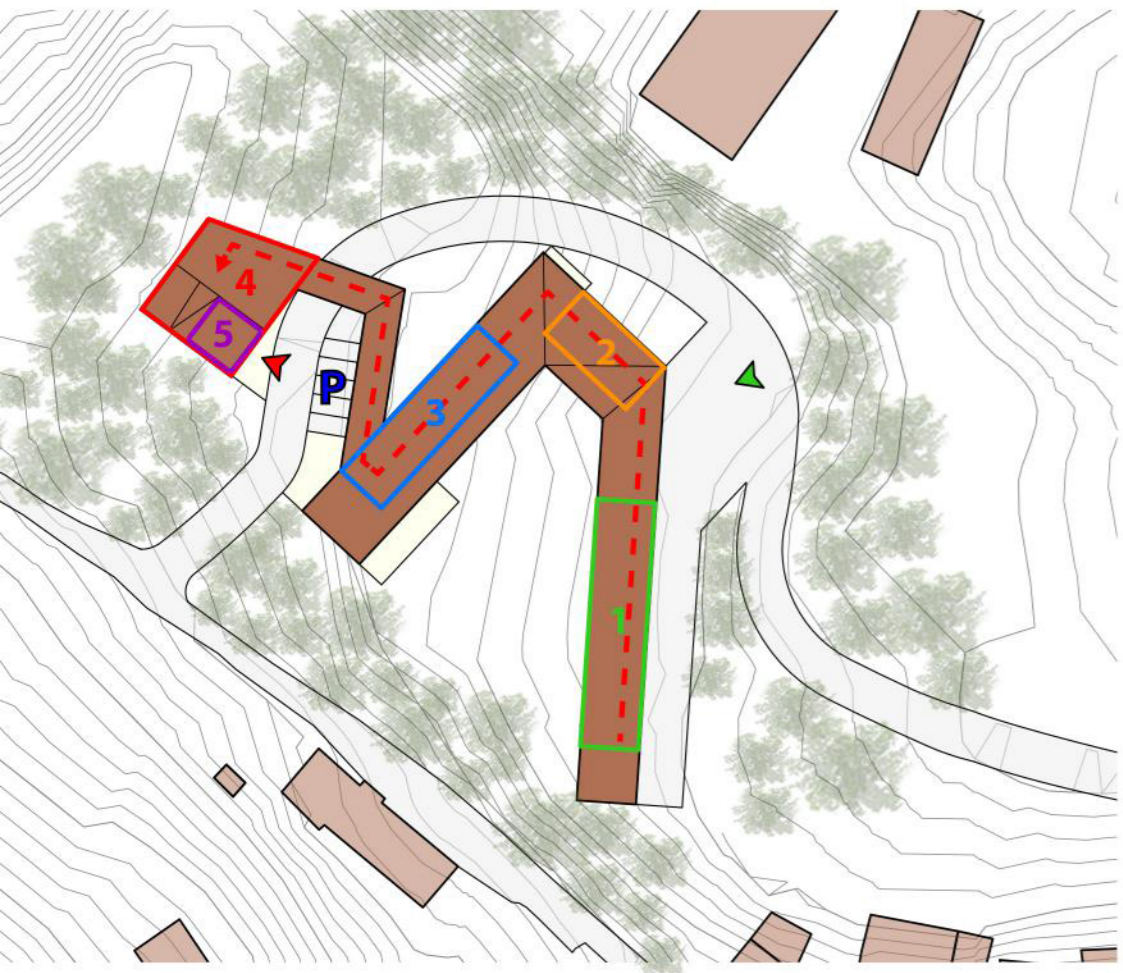
PROGETTO DI RICONVERSIONE DELL'AREA DELLE SAE: STABILIMENTO PER LA TRASFORMAZIONE DELLA BIOMASSA LEGNOSA E LA PRODUZIONE TERMOELETTRICA A SERVIZIO DEL BORGO

MASTERPLAN - Scala 1:1000

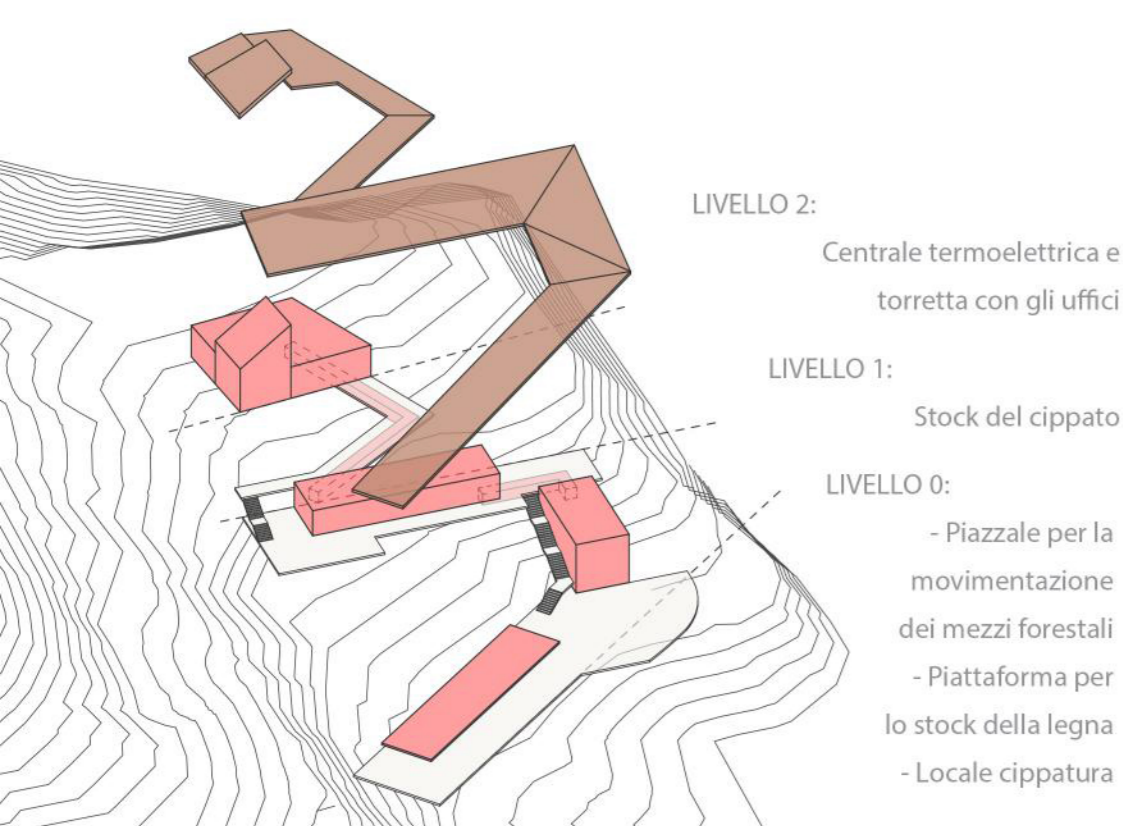
- Accesso mezzi forestali
- Ingresso agli uffici
- Ingresso alla centrale
- Percorso di trasformazione della biomassa
- Piattaforma coperta per lo stock della legna
- Locale per la cippatura
- Locale per lo stock del cippato
- Centrale termoelettrica
- Postazione di controllo e ufficio amministrativo
- Cono visivo su Terracino

Livello delle coperture

Livello degli attacchi a terra



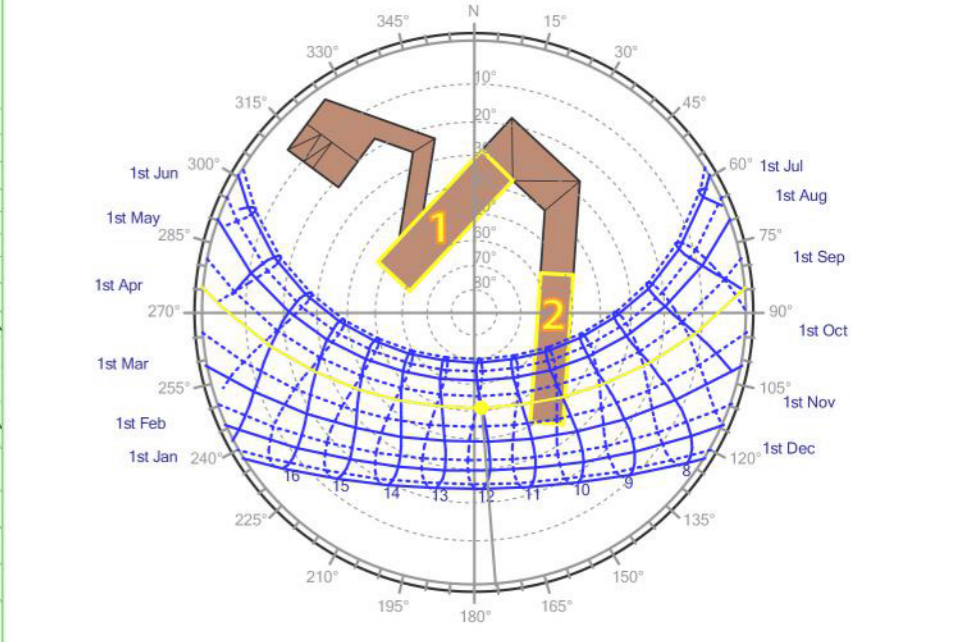
Sistema architettonico su 3 livelli



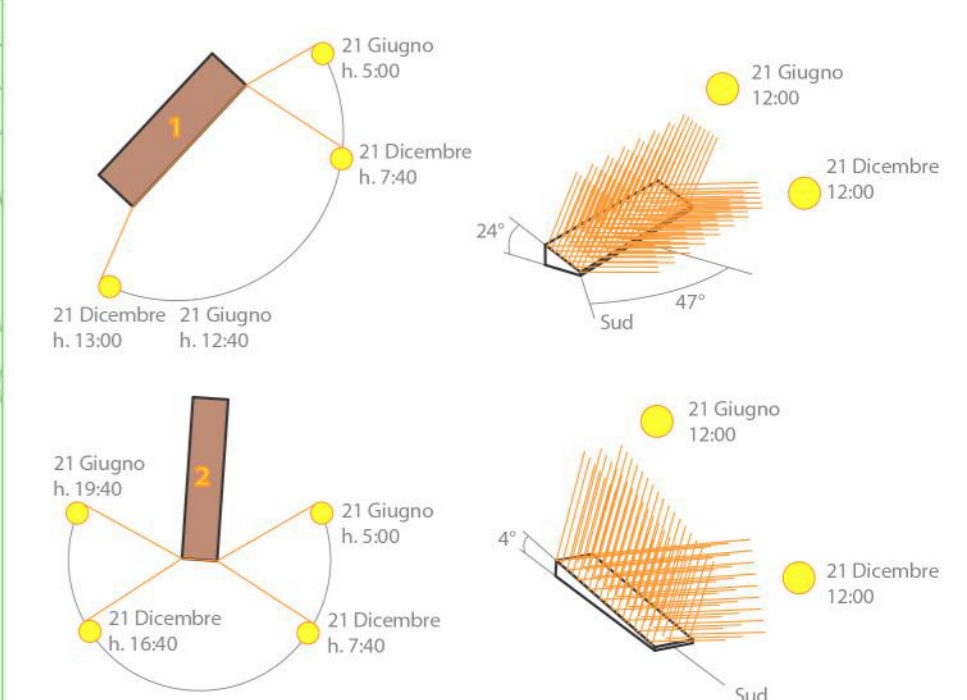
SISTEMI SOLARI PASSIVI IN COPERTURA

PER L'ASCIUGATURA DELLA BIOMASSA LEGNOSA

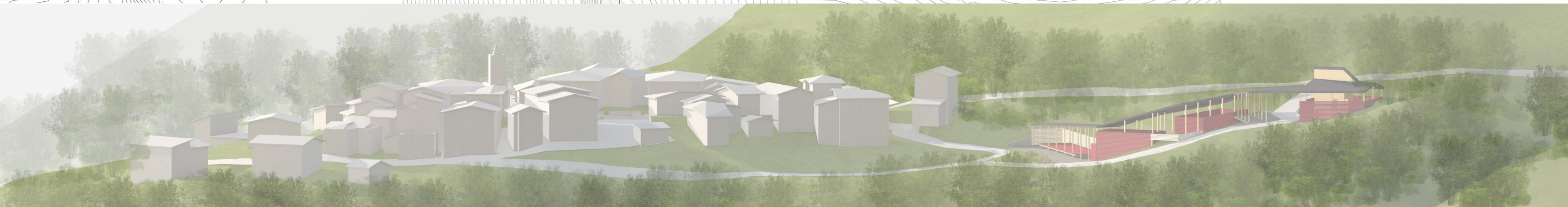
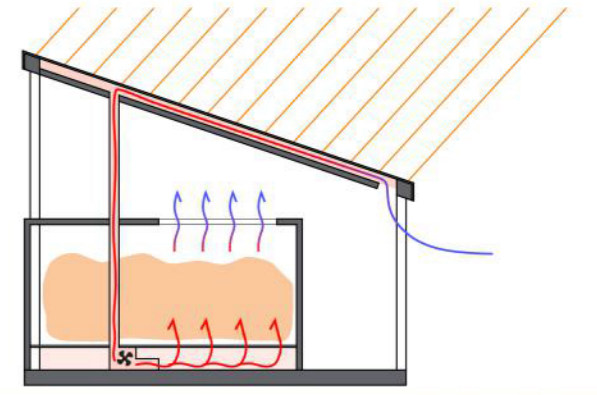
Diagramma solare sulle coperture:



Le coperture degli spazi per lo stock della legna e del cippato hanno orientamento e inclinazione favorevoli alla captazione della radiazione solare



Utilizzo delle coperture come dispositivi di preriscaldamento solare dell'aria, abbinate a sistemi di ventilazione forzata per agevolare i processi di asciugatura della biomassa stoccata

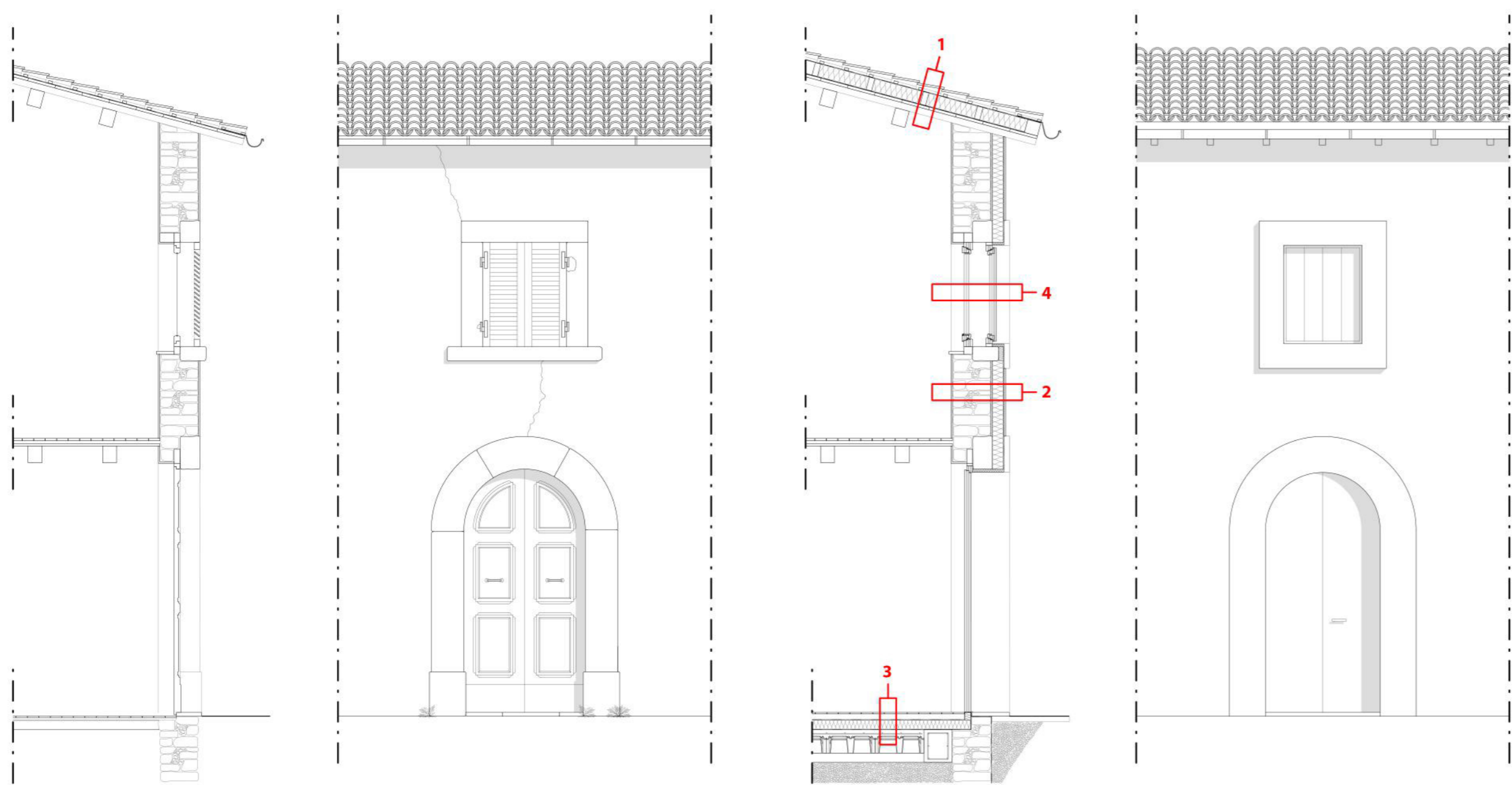


INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA SULL'EDILIZIA ESISTENTE

Esempio di intervento su edificio monofamiliare di epoca antecedente il 1900

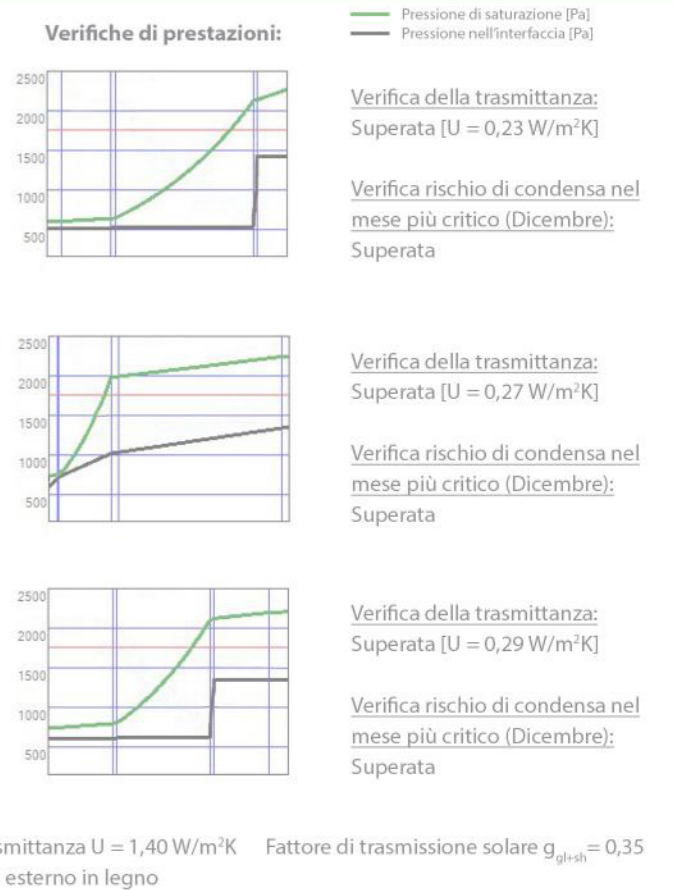
STATO DI FATTO - Scala 1:50

STATO DI PROGETTO - Scala 1:50



- Stratigrafia:**
- 1 - COPERTURA**
 - 1 - sp. 15 mm - Tegole in argilla
 - 2 - sp. 50 mm - Camera non ventilata
 - 3 - sp. 4 mm - Membrana INDEX bitume polimeri
 - 4 - sp. 140 mm - Pannello in fibra di legno 3THERM MULTITHERM
 - 5 - sp. 4 mm - DEFEND ALU P Barriera vapore
 - 6 - sp. 30 mm - Assito in legno
 - 2 - INVOLUCRO ESTERNO**
 - 1 - sp. 20 mm - Intonaco di gesso isolante
 - 2 - sp. 0,4 mm - Membrana traspirante USB WALL 120 RIWEGA
 - 3 - sp. 120 mm - Pannello in fibra di legno 3THERM WALL 140
 - 4 - sp. 15 mm - Intonaco di malta di cemento esistente
 - 5 - sp. 370 mm - Muratura in mattoni e sassi esistente
 - 6 - sp. 15 mm - Finitura di intonaco interna esistente
 - 3 - SOLAIO SU VESPAIO**
 - 1 - sp. 70 mm - Calcestruzzo alleggerito con rete elettrosaldata
 - 2 - sp. 4 mm - Membrana INDEX Bitume polimeri
 - 3 - sp. 100 mm - Pannello in fibra di legno 3THERM MULTITHERM
 - 4 - sp. 4 mm - DEFEND ALU Barriera vapore
 - 5 - sp. 60 mm - Massetto in calcestruzzo alleggerito
 - 6 - sp. 20 mm - Pavimentazione interna - gres
 - 4 - SERRAMENTO**

Doppio serramento in legno:
 Infisso interno con triplo vetro, conforme ai limiti di normativa: Trasmittanza U = 1,40 W/m²K
 Infisso esterno per realizzazione del buffer termico, provvisto di scuro esterno in legno



Certificazione CasaClima

Fabbisogno termico	Classe
<10 kWh/m²a	ORO
<30 kWh/m²a	A
<50 kWh/m²a	B
<70 kWh/m²a	C
<90 kWh/m²a	D
<120 kWh/m²a	E
<160 kWh/m²a	F
>160 kWh/m²a	G

Stato di progetto:
68,3 kWh/m²a

Stato di progetto:
335 kWh/m²a

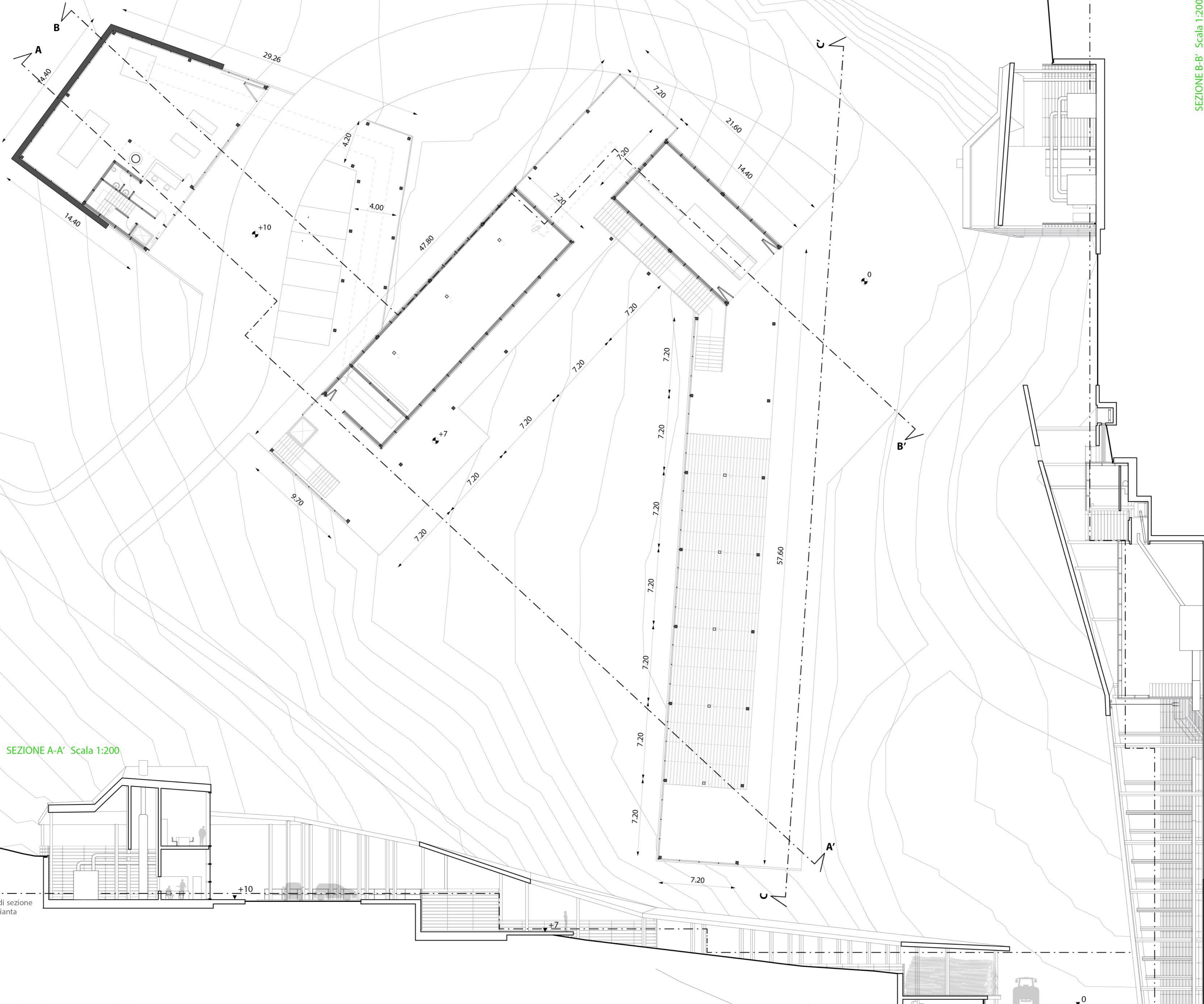
Fabbisogno termico totale dell'edilizia riqualificata [kWh/anno]

Epoca di costruzione	Casa monofamiliare	Casa a schiera	Edificio multifamiliare
<1900	211.088,86	34.729,87	255.778,66
1901 - 1920	44.606,79	-	-
1921 - 1945	6.009,72	-	-
1946 - 1960	69.285,20	-	-
1991 - 2005	10.432,00	-	-
Totale 631.931,10 kWh_{termico}/anno			

Indici dei fabbisogni specifici per categoria di edifici: progetto TABULA del Politecnico di Torino

STABILIMENTO PER LA TRASFORMAZIONE DELLA BIOMASSA LEGNOSA E LA PRODUZIONE TERMOELETTRICA

PIANTA - Scala 1:200

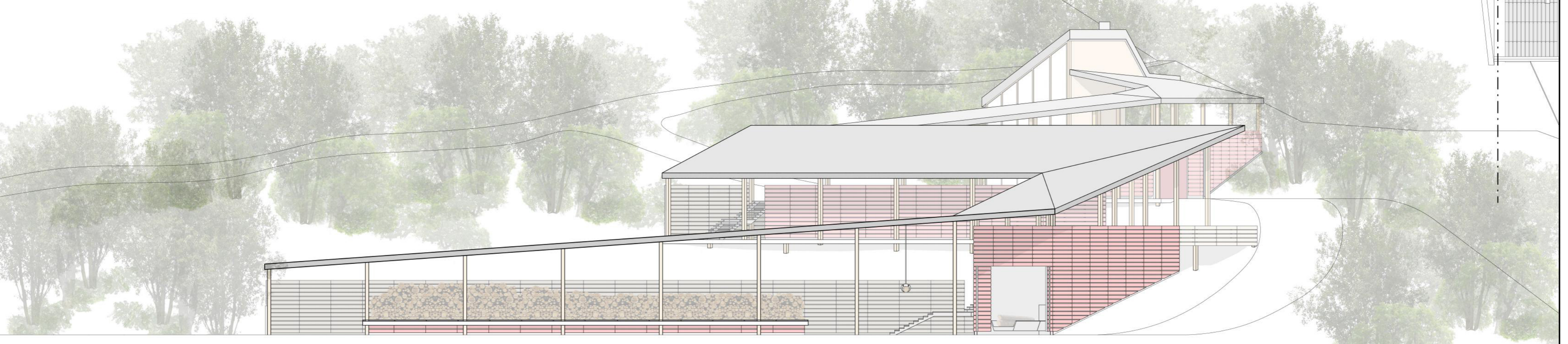


SEZIONE A-A' - Scala 1:200

PROSPETTO C-C' - Scala 1:200

SEZIONE B-B' - Scala 1:200

Linea di sezione della pianta



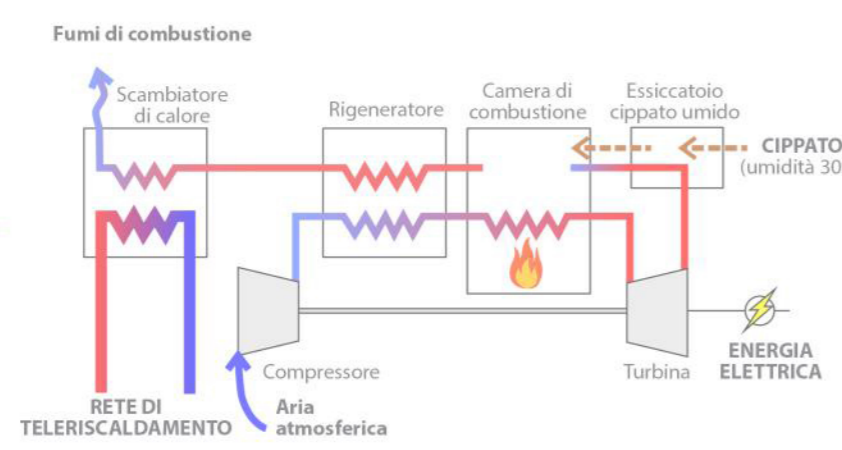
PROGETTO DI IMPIANTO CENTRALIZZATO COGENERATIVO A BIOMASSE LEGNOSE PER L'AUTOSOSTENTAMENTO TERMOELETRICO DEL BORGO

Picco di richiesta potenziale:

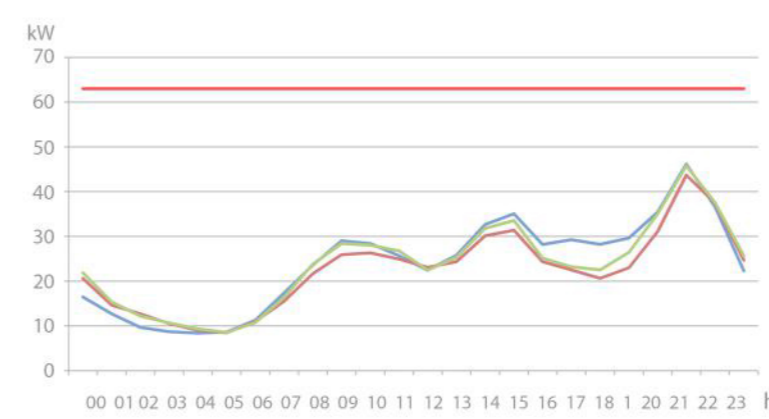
Stima per il giorno medio del mese più freddo:
247 kW_{termica} e **46 kW_{elettrici}**

Impianto di micro-cogenerazione EFMGT

Potenza termica **300 kW_t** Potenza elettrica **75 kW_e**
 Rendimento η **83 %** (η_1 17 % + η_2 66 %)



Regime giornaliero di produzione termica ed elettrica



Biomassa necessaria

Energia totale erogata dall'impianto:
2.737.500 kWh/anno
 Energia primaria necessaria:
3.298.193 kWh/anno ($\eta_{impianto} = 83\%$)
 Biomassa necessaria annuale:
 Cippato: **3.566 msr**
 Legna da cippare: **1.189 m³ = 13,8 %**
della legna prelevabile annualmente

PROGETTO DI RETE DI TELERISCALDAMENTO PER LA DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA TERMICA PRODOTTA

MASTERPLAN DELLA DISTRIBUZIONE DELLA RETE - Scala 1:1000

Il calore viene distribuito agli edifici tramite una rete di tubazioni sotterranee in cui fluisce l'acqua calda. Il circuito è chiuso e ogni ramo è costituito da una coppia di condotti: uno di mandata, uno di ritorno.

- Centrale termoelettrica
- Numero di utenze per edificio residenziale allacciato
- Aggregati di utenze servite da una stessa sottostazione
- Sottostazioni
- Condotti principali della rete
- Condotti secondari della rete
- Tubi capillari di allaccio dell'utenza



DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI DELLA RETE

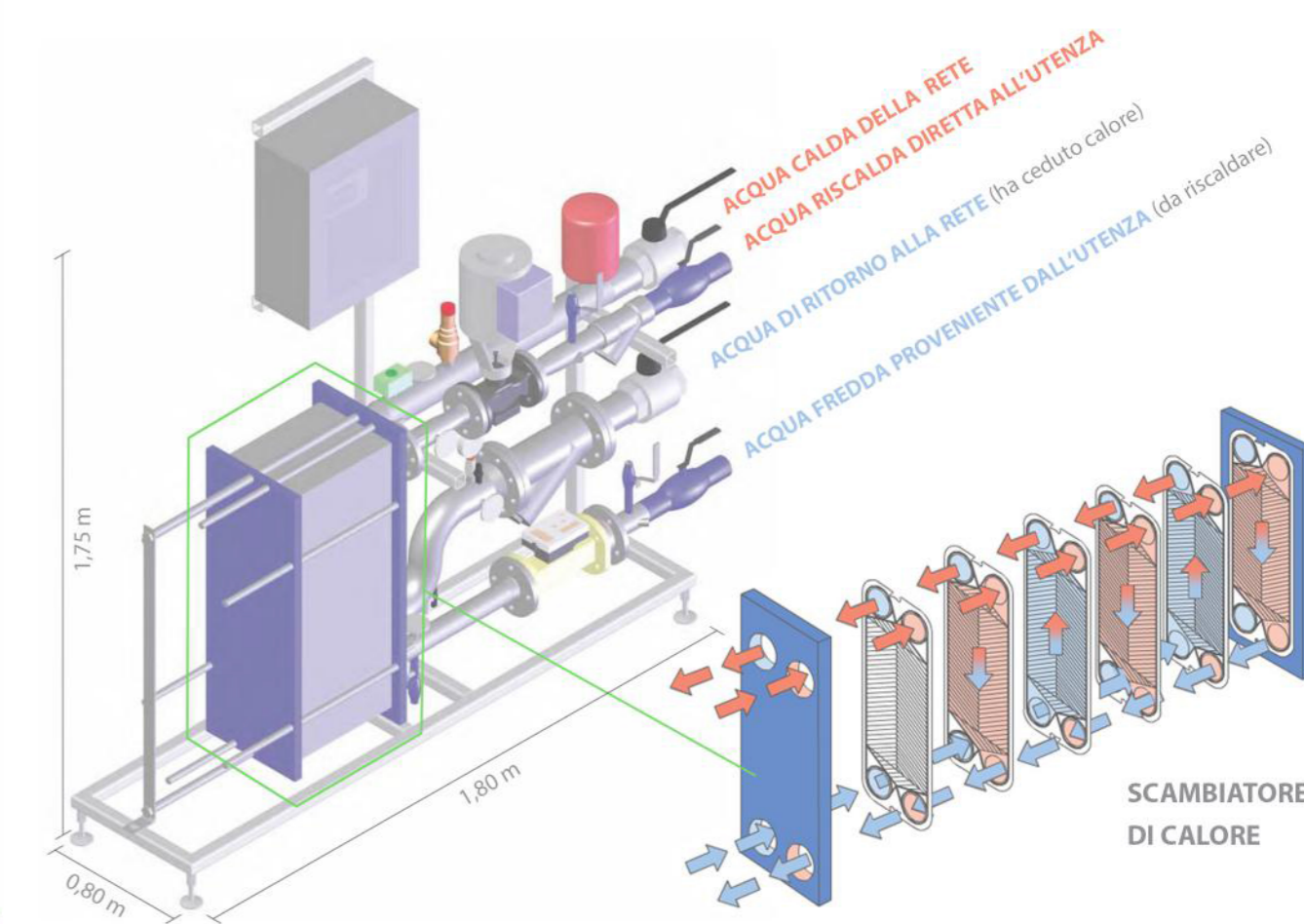
La rete deve garantire il trasporto continuo della massima potenza termica prelevabile

Richiesta massima di potenza termica da garantire per un alloggio in Italia = **25 kW_t**
 Alloggi a Terracino = **67** Potenza da garantire nella rete = **67 x 25 kW = 1.675 kW_t**

	Diametro nominale tubo LOGSTOR (mm)	T mandata inverno [°C]	T ritorno inverno [°C]	Perdite mandata totale orarie (kWh/h)	Perdite ritorno totale orarie (kWh/h)	Potenza termica prodotta (kW)	perdite di calore % inverno	Potenza di pompaggio (kW)
Tratti principali	D1	125	92	6,25	3,87	1.675,00	2%	2,2
	D2	100	92	1,71	1,06			
	D3	100	92	1,00	0,62			
	D4	65	92	1,19	0,74			
	D5	50	92	0,99	0,61			
	D6	32	92	0,15	0,90			
Tratti secondari	D1-1	40	92	0,18	0,11			
	D2-1	32	92	0,26	0,16			
	D2-2	32	92	0,13	0,08			
	D2-3	32	92	0,32	0,20			
	D3-1	25	92	0,28	0,17			
	D3-2	65	92	1,23	0,76			
	D4-1	25	92	0,18	0,11			
	D4-2	32	92	0,66	0,41			
	D5-1	25	92	0,13	0,08			
	D5-2	50	92	0,89	0,55			
				16,84	10,42			

SOTTOSTAZIONI PER IL PRELIEVO DEL CALORE

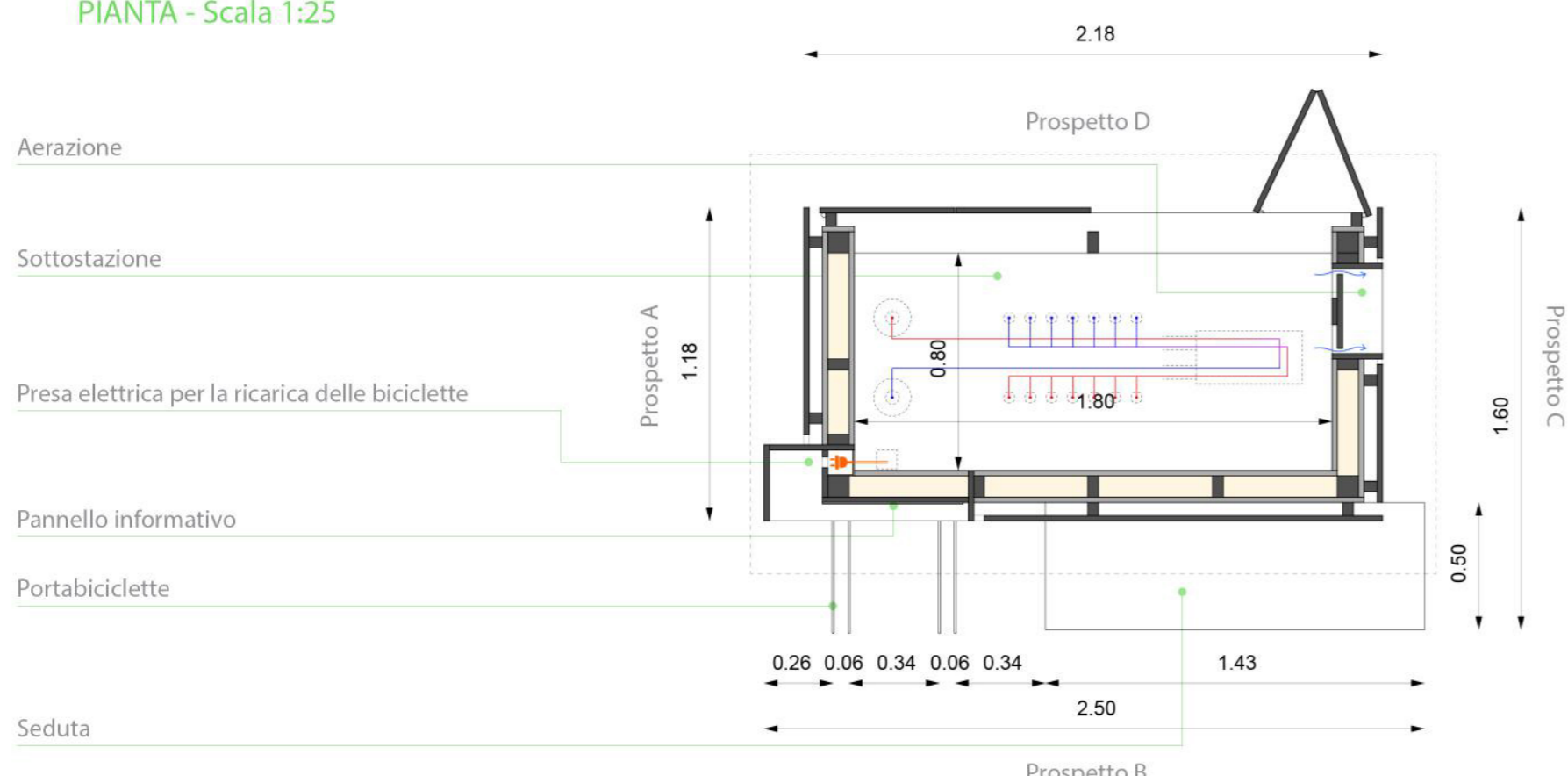
Dispositivi atti al prelievo del calore dalla rete per gruppi di utenza (massimo 10 unità)



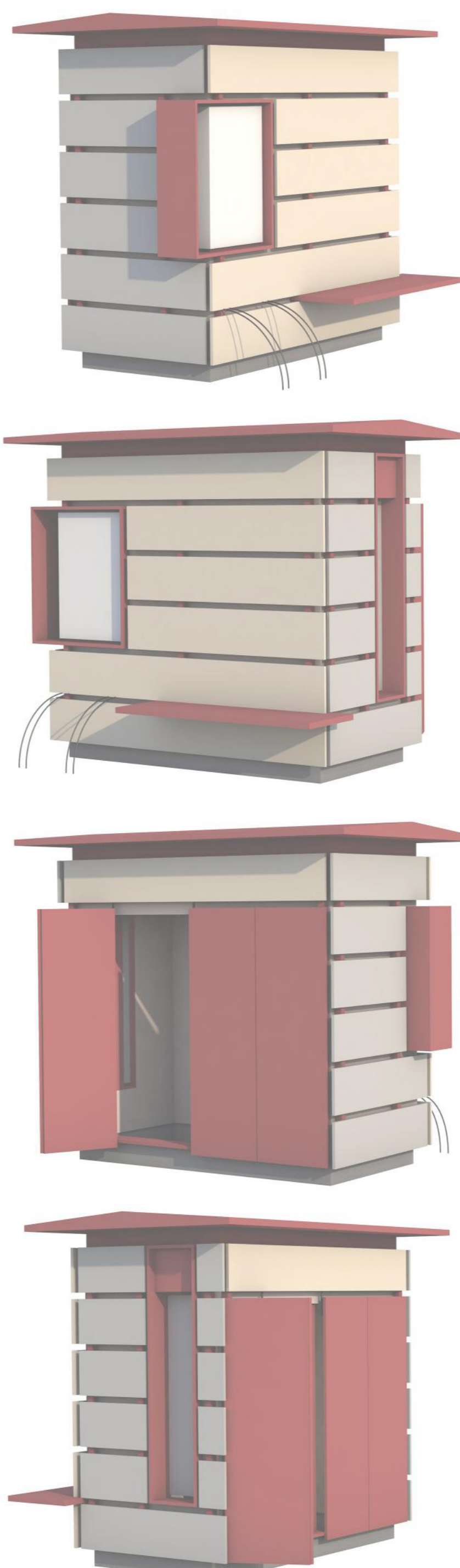
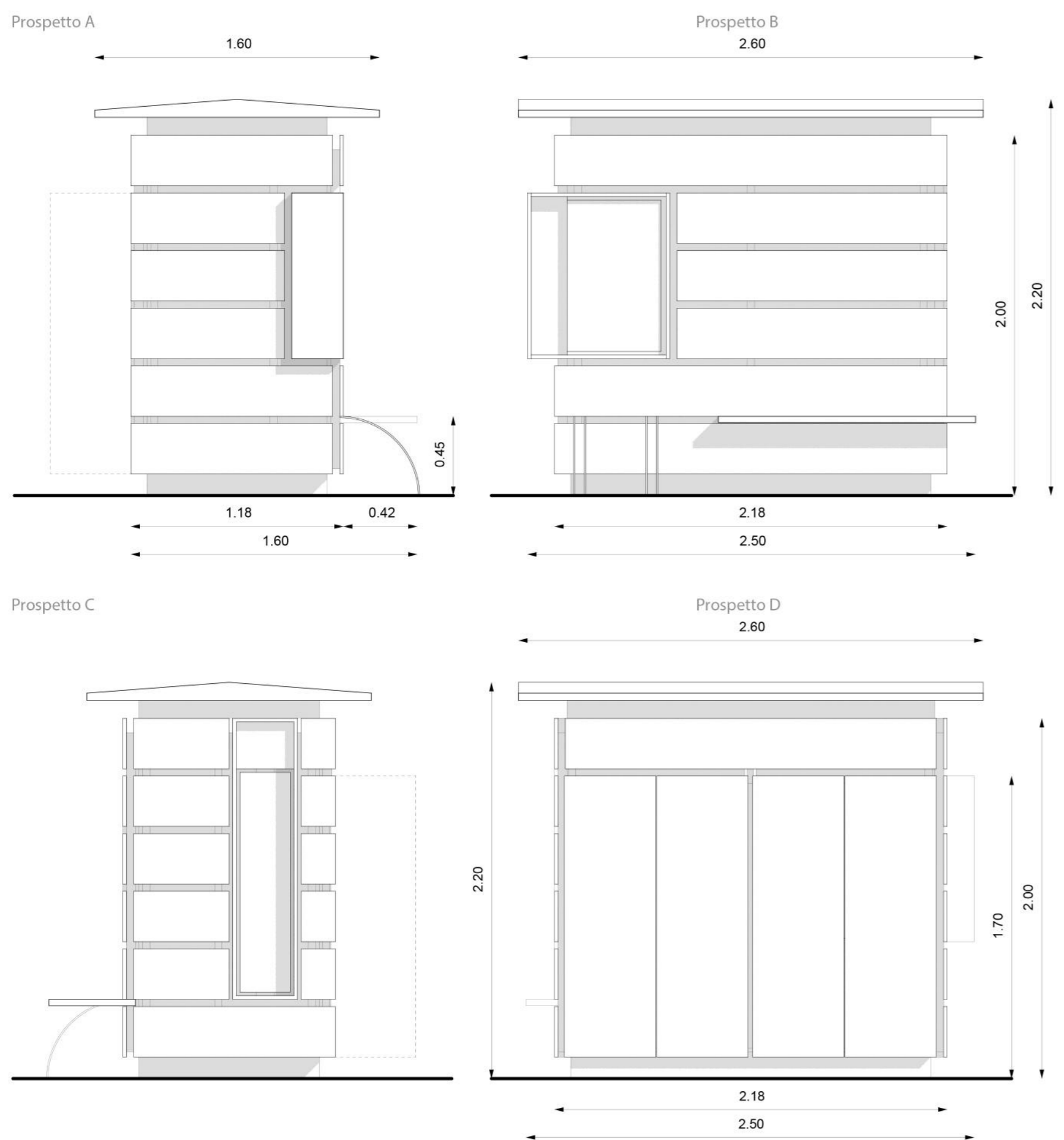
PROGETTO ARCHITETTONICO DELLA SOTTOSTAZIONE

La cabina tecnica che contiene la sottostazione si relaziona con il contesto qualificando gli spazi urbani con funzioni per l'utilizzo pubblico

PIANTA - Scala 1:25

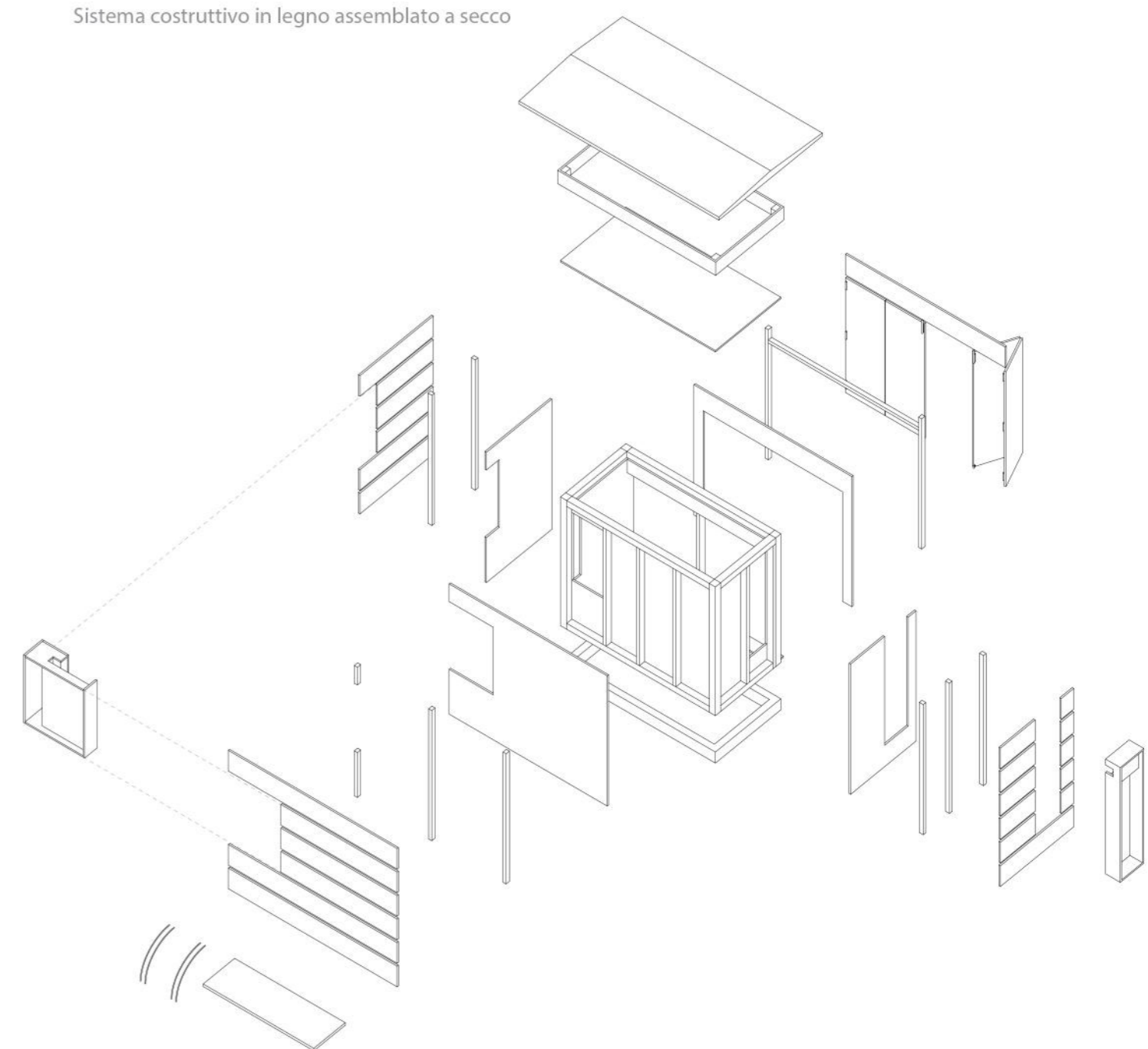


PROSPETTI - Scala 1:25



ESPLOSO ASSONOMETRICO

Sistema costruttivo in legno assemblato a secco



Configurazioni possibili

