

CORSO MONODISCIPLINARE DI
CULTURA TECNOLOGICA E AMBIENTE
prof. Monica Lavagna
A.A. 2008/2009

APPLICAZIONE DEL PROTOCOLLO ITACA SINTETICO
AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA
CASA UNIFAMILIARE IN VALLECAMONICA

ITACA

PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' ENERGETICA ED
AMBIENTALE DI UN EDIFICIO

PIANO DI RECUPERO di una porzione
del Comune di Braone_ ristrutturazione
del fabbricato "Rasega"

Arch. Ulisse Poli

Arch. Giancarlo Bonfadini

Ing. Manuela Maddalena Bazzana



*“L'inserimento armonico dell'intervento
edilizio nell'ambiente è indispensabile a tutti i livelli
per ritrovare l'equilibrio tra NATURA e UOMO
anche attraverso l'intervento costruttivo”*

MANIFESTO PER UN' ARCHITETTURA BIO ECOLOGICA, 1989

1_ Il protocollo di Itaca	pag. 1
2_ Caso studio_ristrutturazione del fabbricato "Rasega"	pag. 4
3_ Consumo di risorse	pag. 12
1.1 contenimento consumi energetici invernali	
1.1.1 energia primaria per la climatizzazione invernale	pag. 14
1.1.2 trasmittanza termica involucro edilizio	pag. 18
1.2. acqua calda sanitaria	pag. 24
1.3. contenimento consumi energetici estivi	
1.3.1. controllo della radiazione solare	pag. 26
1.3.2. inerzia termica	pag. 28
1.4. illuminazione naturale	pag. 30
1.5. energia elettrica da fonti rinnovabili	pag. 33
1.6. materiali eco-compatibili	
1.6.1. materiali rinnovabili	pag. 34
1.6.2. materiali riciclati/recuperati	pag. 36
1.7. acqua potabile	
1.7.1. consumo di acqua potabile per irrigazione	pag. 41
1.7.2. consumo di acqua potabile per usi indoor	pag. 42
1.8. mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio	pag. 43
1.9. energia inglobata	pag. 54
4_ Carichi ambientali	pag. 62
2.1. emissione di gas serra	pag. 63
2.2. rifiuti solidi	pag. 64
2.3. rifiuti liquidi	pag. 65
2.4. permeabilità aree esterne	pag. 66
5_ Scheda valutazione	pag. 67

1_ IL PROTOCOLLO DI ITACA

Il Protocollo Itaca rappresenta per l'Italia uno strumento assolutamente innovativo per la valutazione energetico-ambientale di un edificio.

Con la costituzione di uno specifico gruppo di lavoro nel 2001, ITACA (Istituto per l'innovazione e la trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale) ha ritenuto necessario avviare un confronto tra le Regioni italiane, coordinato dalla Regione Friuli Venezia Giulia, tale da consentire la formulazione di una serie di regole condivise con le quali poter definire le soglie ed i requisiti necessari per la predisposizione di progetti con caratteristiche di bioedilizia. Molte Regioni infatti stanno operando nel settore con finalità ed ottiche profondamente diverse.

E' su tali basi che è stato elaborato un protocollo di lavoro condiviso (Protocollo ITACA) che consente di attribuire un punteggio di eco-sostenibilità agli edifici ma soprattutto è stata definita, in modo univoco, "una regola" basata su presupposti di: certezza scientifica, interesse pubblico e semplicità.

Il Gruppo di Lavoro ha ritenuto importante individuare, a titolo preliminare, le **10 regole fondamentali della bioedilizia**, intendendo enunciare una serie di elementi cardine per orientarsi nell'attività edilizia mirata ad uno sviluppo urbano sostenibile ed a un miglioramento della qualità dell'abitare. L'obiettivo è quello di guidare il processo di elaborazione di scelte normative regionali o locali e di indirizzare gli enti verso una programmazione ed un'attuazione delle diverse politiche per la casa. Tali principi sono da considerarsi priorità strategiche per le quali attivare processi ed azioni tendenti al raggiungimento di obiettivi specifici per l'edilizia sostenibile.

- 1_ ricercare uno sviluppo armonioso e sostenibile del territorio, dell'ambiente urbano e dell'intervento edilizio;
- 2_ tutelare l'identità storica delle città e favorire il mantenimento dei caratteri storici e tipologici legati alla tradizione degli edifici;
- 3_ contribuire, con azioni e misure, al risparmio energetico e all'utilizzo di fonti rinnovabili;
- 4_ costruire in modo sicuro e salubre;
- 5_ ricercare e applicare tecnologie edilizie sostenibili sotto il profilo ambientale, economico e sociale;
- 6_ utilizzare materiali di qualità certificata ed eco-compatibili;
- 7_ progettare soluzioni differenziate per rispondere alle diverse richieste di qualità dell'abitare;
- 8_ garantire gli aspetti di "safety" e di "security" dell'edificio;
- 9_ applicare la domotica per lo sviluppo di una nuova qualità dell'abitare;
- 10_ promuovere la formazione professionale, la progettazione partecipata e l'assunzione di scelte consapevoli nell'attività edilizia.

Il Protocollo si articola in **70 criteri suddivisi in 6 aree di valutazione**:

- 1_ qualità ambientale degli spazi esterni
- 2_ consumo di risorse
- 3_ carichi ambientali
- 4_ qualità dell'ambiente interno
- 5_ qualità del servizio
- 6_ qualità della gestione
- 7_ trasporti

Ad ogni criterio corrisponde una **SCHEDA DI VALUTAZIONE** che tratta in modo scientifico il tema oggetto di studio.

La procedura di valutazione si basa sullo schema **ESIGENZE-REQUISITI-PRESTAZIONI**.

E' stato redatto anche un Protocollo sintetico che permette di stimare il livello di qualità ambientale di un edificio in fase di progetto, misurandone la prestazione rispetto a 12 criteri e 6 sottocriteri suddivisi in 2 aree di valutazione, secondo lo schema seguente:

1. Consumo di risorse
 - 1.1. energia primaria per la climatizzazione invernale
 - 1.2. acqua calda sanitaria
 - 1.3. contenimento consumi energetici estivi
 - 1.3.1. controllo della radiazione solare

- 1.3.2. inerzia termica
- 1.4. illuminazione naturale
- 1.5. energia elettrica da fonti rinnovabili
- 1.6. materiali eco-compatibili
 - 1.6.1. materiali rinnovabili
 - 1.6.2. materiali riciclati/recuperati
- 1.7. acqua potabile
 - 1.7.1. consumo di acqua potabile per irrigazione
 - 1.7.2. consumo di acqua potabile per usi indoor
- 1.8. mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio
- 1.9. energia inglobata
- 2. Carichi ambientali
 - 2.1. emissione di gas serra
 - 2.2. rifiuti solidi
 - 2.3. rifiuti liquidi
 - 2.4. permeabilità aree esterne

I criteri e sotto criteri di valutazione sono associati a caratteristiche specifiche, ovvero:

- hanno una valenza economica, sociale, ambientale di rilievo;
- sono quantificabili o definibili anche solo qualitativamente, in relazione a scenari prestazionali oggettivi e predefiniti;
- perseguono un obiettivo di ampio respiro;
- hanno comprovata valenza scientifica.

In base alla specifica prestazione, l'edificio per ogni criterio e sotto-criterio riceve un punteggio che può variare da -1 a +5. Lo zero rappresenta lo standard di paragone (benchmark) riferibile a quella che deve considerarsi come la pratica costruttiva corrente, nel rispetto delle leggi o dei regolamenti vigenti.

Al livello -1 corrisponderà quindi una prestazione inferiore a quella minima accettabile. Non si è cioè ritenuto significativo mantenere più di un livello di performance negativa. Al fine di rendere maggiormente oggettivo il sistema di valutazione, alcuni indicatori di tipo qualitativo sono stati sostituiti da indicatori di tipo quantitativo.

Le modalità di verifica di tali indicatori sono state basate sulla normativa tecnica approvata dall'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI). Allo scopo di poter più agevolmente verificare la correttezza del processo di valutazione, nelle schede criterio è stata introdotta un'indicazione relativa alla documentazione da produrre per giustificare il punteggio attribuito.

-1	rappresenta una <u>prestazione inferiore allo standard</u> e alla pratica corrente
0	rappresenta la <u>prestazione minima accettabile</u> definita da leggi o regolamenti vigenti, o in caso non vi siano regolamenti di riferimento rappresenta la <u>pratica corrente</u>
1	rappresenta un moderato miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente
2	rappresenta un miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente
3	rappresenta un significativo miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica comune. E' da considerarsi come la <u>migliore pratica corrente</u>
4	rappresenta un moderato incremento della pratica corrente migliore
5	rappresenta una <u>prestazione considerevolmente avanzata</u> rispetto alla pratica corrente migliore, di carattere sperimentale

Il punteggio viene assegnato in base alle indicazioni e al metodo di verifica riportati nella "Scheda descrittiva" di ogni criterio di valutazione. Le informazioni riportate su ogni scheda sono:

- l'**esigenza**, ovvero l'obiettivo di qualità ambientale che si intende perseguire;
- l'**indicatore di prestazione**, è il parametro utilizzato per valutare il livello di performance dell'edificio rispetto al criterio di valutazione; può essere di tipo quantitativo o qualitativo. Quest'ultimo viene descritto sotto forma di possibili scenari;

- l'**unità di misura**, solo nel caso di indicatore di prestazione quantitativo;
- il **metodo di verifica**, che definisce la procedura per determinare il livello di prestazione dell'edificio rispetto al criterio di valutazione;
- la **scala di prestazione**, che definisce il punteggio ottenuto dall'edificio in base al livello dell'indicatore di prestazione determinato applicando il metodo di verifica;
- i **riferimenti legislativi**, sono i dispositivi legislativi di riferimento a carattere cogente o rientranti nella prassi progettuale;
- i **riferimenti normativi**, sono le normative tecniche di riferimento utilizzate per determinare le scale di prestazione e le metodologie di verifica.
- la **documentazione richiesta**, ovvero le informazioni che devono essere predisposte per giustificare l'attribuzione del punteggio;
- le **note**, in cui eventualmente possono essere chiariti aspetti relativi alla verifica del criterio.

2_ CASO STUDIO_ RISTRUTTURAZIONE DEL FABBRICATO “RASEGA”

Si tratta di un intervento di ristrutturazione di un edificio collocato nel comune di Braone, piccolo borgo di origine pre-romanica appartenente alla media Vallecamonica; il piccolo fabbricato è stato costruito tra la fine del '700 e l'inizio dell'800.

Inizialmente faceva parte delle pertinenze della casa padronale Griffi de Paoli datata 1697, diventerà poi la segheria del paese (così come ribadito dal termine dialettale attraverso il quale viene identificato l'edificio, che ci aiuta a comprendere in modo diretto e immediato l'utilizzo dello stesso nel tempo).

L'edificio infatti è stato adibito a segheria e a dimora dell'artigiano sin dall'inizio del secolo, fino agli anni '50 quando è stato dismesso per essere utilizzato solo come abitazione.

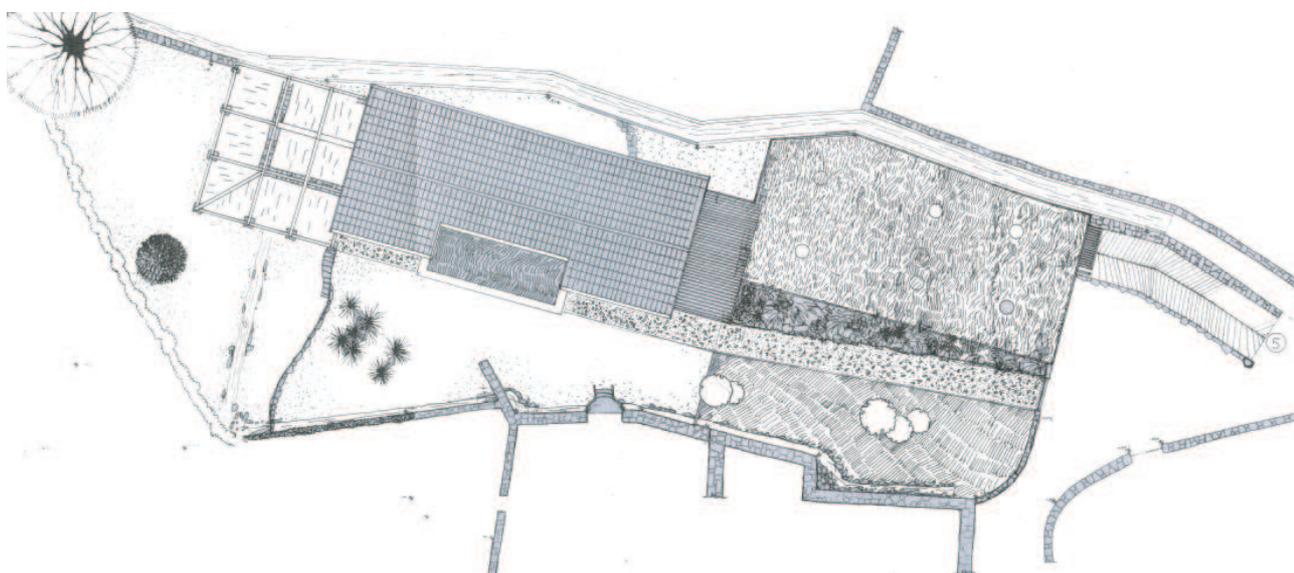
Il fabbricato ha mantenuto inalterata l'edificazione catastale, i contorni edilizi e pertinenziali; la sua condizione di abbandono protratta nel tempo e alcuni sconsiderati interventi realizzati da vari utilizzatori temporanei, hanno notevolmente compromesso l'edificio.

La filosofia dell'intervento di recupero che sta alla base del progetto è quella di una realizzazione in sintonia con l'ambiente circostante, con le risorse che esso stesso fornisce, ma soprattutto con l'uomo che lo occupa.

Tale idea comprende in primo luogo l'esigenza di rispettare le caratteristiche tipologiche del fabbricato, recuperando i segni della sua storia e mantenendo in vita tutto ciò che ne richiama la memoria.



Fig 1-2_Planimetrie dell'area di progetto. Sopra è riportata la sistemazione originaria del lotto, mentre sotto si vede la nuova organizzazione e il planivolumetrico dell'intervento.



Tratto dagli appunti del progettista:

"E' un pensiero che ho fatto mentre stavo correndo.

Riguarda il segno che il tempo lascia sull'intervento dell'uomo nell'abitare la casa e soprattutto sulle modifiche che egli apporta nel tempo.

La capacità di renderle leggibili nel tempo per educare tutti al loro rispetto. La lettura delle stratificazioni degli interventi accessibile a tutti per renderla stimolante e giustificabile.

Gli interventi dovranno essere semplici ed essenziali non per soli addetti ai lavori.

Nella maggior parte dei casi le modifiche ai fabbricati vengono fatte senza tener conto dei motivi che avevano indotto il precedente utilizzatore (spesso la stessa persona molti anni prima) ad effettuare interventi di adeguamento o miglioramento delle condizioni abitative.

Perché sostanzialmente i motivi sono gli stessi nel tempo. Cioè le mutate condizioni di vita sociale ed economica portano e creano nuove esigenze che spingono verso una modernizzazione del proprio habitat.

Il più delle volte questa modernizzazione passa attraverso la parziale o totale cancellazione dei segni che avevano caratterizzato l'intervento precedente.

Tali modifiche sono normalmente generazionali, ma negli ultimi decenni si ripetono più di una volta nella vita di un uomo.

Il rischio di cancellare i segni della crescita o trasformazione che ognuno di noi subisce nell'arco della propria esistenza è elevato.

Se si considera che la nostra storia personale può essere letta attraverso le nostre abitudini, i nostri comportamenti e che questi si manifestano attraverso dei segni, lavoro, relazioni sociali, condizioni di vita, abitazione, risulta indispensabile che il più tangibile e concreto manifestarsi possa risultare il più chiaro possibile.

La casa come specchio della nostra personalità può e deve essere indagata per restituirci le sensazioni, l'atmosfera e, perché no, l'anima di chi ci ha abitato nel tempo.

Queste considerazioni ci devono indurre al rispetto dei segni che l'abitante nei vari momenti della sua vita ha voluto lasciare più o meno coscientemente.

E' chiaro che queste considerazioni valgono e per questo vanno applicate solo nei casi di interventi massicci, che possono determinare radicali e pericolosi cambiamenti della fisionomia generazionale dei fabbricati."

La struttura dell'edificio è composta da due blocchi principali, le pareti sono realizzate in granito e osservandole si possono vedere i segni delle diverse fasi costruttive.

Pavimenti e solai sono realizzati in legno di larice e abete, derivati da lavorazioni semplici.

L'edificio originario presentava una scala esterna in granito posizionata sul prospetto principale, attraverso la quale si accede a un ballatoio che dava accesso alla porzione di fabbricato adibito a residenza.

Il primo piano era composto da una stanza centrale con fuoco e lavandino, e ai lati opposti due camere da letto con una porta che si apre sul vuoto, un tempo accesso ai servizi igienici.

Il seminterrato si presentava coperto dai detriti e conteneva l'albero rotore e l'accesso alla cantina deposito.

Prima di effettuare i lavori è stato fatto un accurato sopralluogo per individuare i criteri di messa in sicurezza provvisoria.

La struttura è stata rinforzata nell'angolo nord-est con la realizzazione di due contrafforti e delle sottomurazioni dei massi a rischio.

La prima fase dell'intervento si è concretizzata nella rimozione della copertura e dei solai e nel mantenimento dei tre muri perimetrali in pietra. Le travi inglobate nei muri non sono state estratte ma tagliate per evitare l'indebolimento delle murature. I tre muri perimetrali, data la loro altezza, sono stati controventati alle estremità per evitare il pericolo di smembramento. Le evidenti crepe nelle pareti sono state monitorate nel tempo attraverso spie in vetro.

Completata la messa in sicurezza, si è iniziata la costruzione a partire dal doppio muro perimetrale mancante (lato est), realizzato in cemento pozzolanico, sughero e mattoni per la parte controterra, e in blocchi eurobrick per la parte fuori terra.

La cantina è stata svuotata dai detriti e recuperata con la stessa funzione, l'albero rotore è stato restaurato e rimesso nella posizione originaria.

Sono stati messi in atto diversi accorgimenti per ridurre l'umidità al piano seminterrato.

Il vano della scala interna è stato realizzato in acciaio e rivestito con mattoni a vista; riveste la funzione statica di appoggio per le travi dei solai disposte trasversalmente al lato lungo e svincolate dalle pareti.

Nel piano seminterrato, sotto la cucina, è stato ricavato un vano per il contenimento delle vasche di raccolta dell'acqua piovana.

Sul prospetto est sono state poste 4 colonne in larice appoggiate su blocchi di pietra, che creano un piccolo portico di accesso, sovrastato da un giardino pensile.

La struttura in legno del tetto appoggia su due pilastri in calcestruzzo inseriti nel muro in eurobrick.

Il proprietario si è sobbarcato la realizzazione di tutte le opere escluse dal capitolato d'impresa, realizzando una quota dei lavori attraverso l'autocostruzione, anche al fine di ottenere un sensibile risparmio economico.

Per l'isolamento delle pareti, dei solai e della copertura si sono utilizzati materiali riciclati, ottenuti dalla lavorazione del legno e del sughero.

La copertura della serra-cucina è realizzata in vetro, al fine di ricreare un microclima ideale per il mantenimento di un piccolo orto per le esigenze alimentari della famiglia.

Il sistema di riscaldamento è integrato e composto da una stufa a legno e dallo sfruttamento dell'apporto solare per il vano cucina-pranzo, da una stufa autocostruita posizionata al centro dell'edificio che contribuisce al riscaldamento del piano terra e del primo piano e da piastra radianti a pavimento per il piano seminterrato e le camere.

Gli intonaci sono realizzati in malta di calce del tipo rustico dipinti con pitture ai silicati.

Le parti in legno (serramenti, mobili, travi) sono trattate con sali di boro e oli naturali; il legno diventa l'elemento costruttivo dominante usato con tecniche semplici e tradizionali.

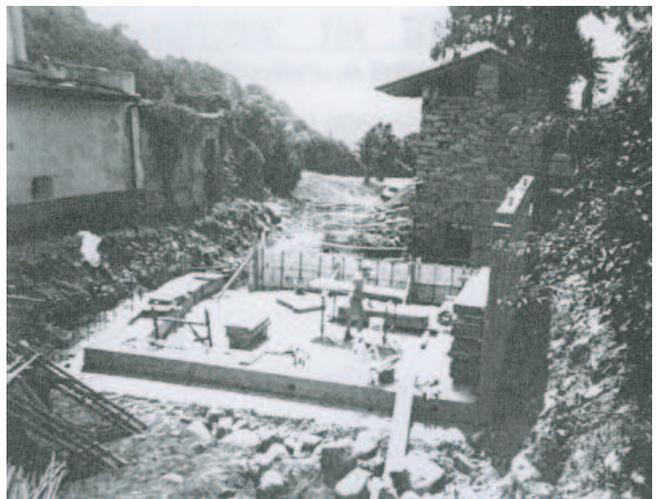
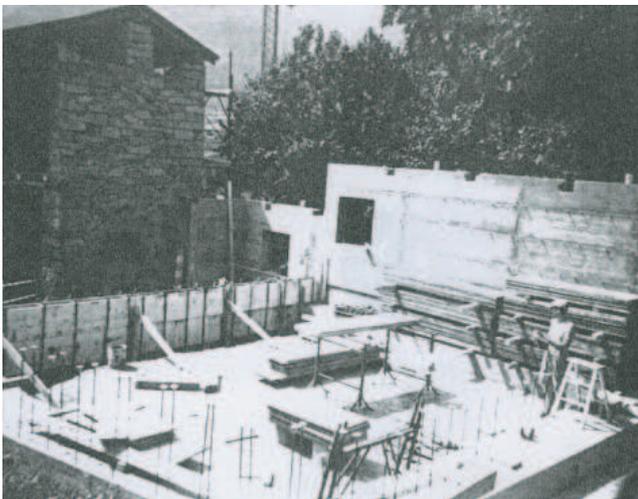


Fig 3_Rilievo del fabbricato esistente:

- 1_prospetto ovest
- 2_prospetto sud
- 3_prospetto est
- 4_prospetto nord
- 5_sezione longitudinale
- 6_sezione trasversale

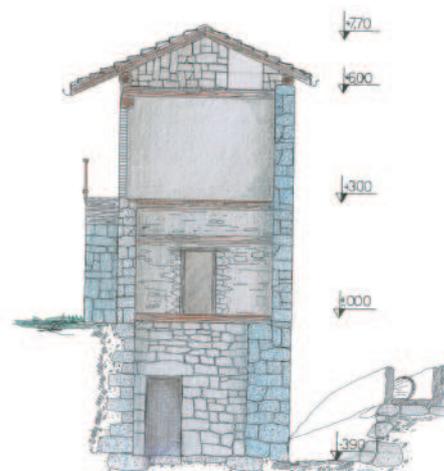
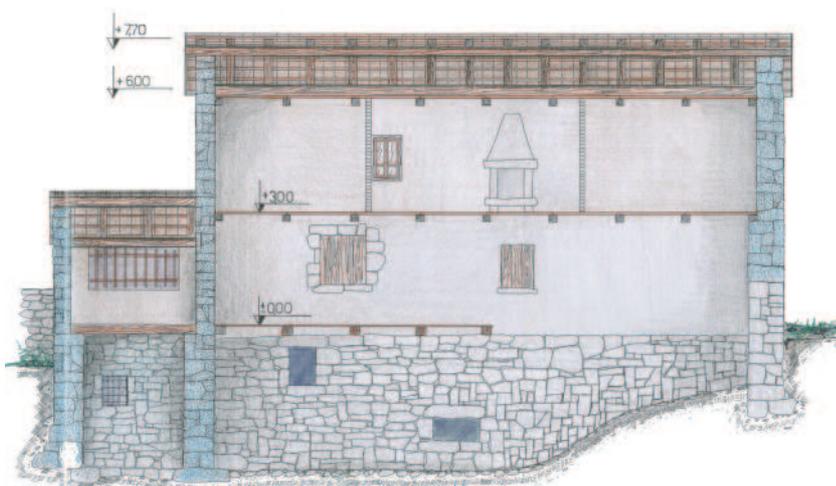
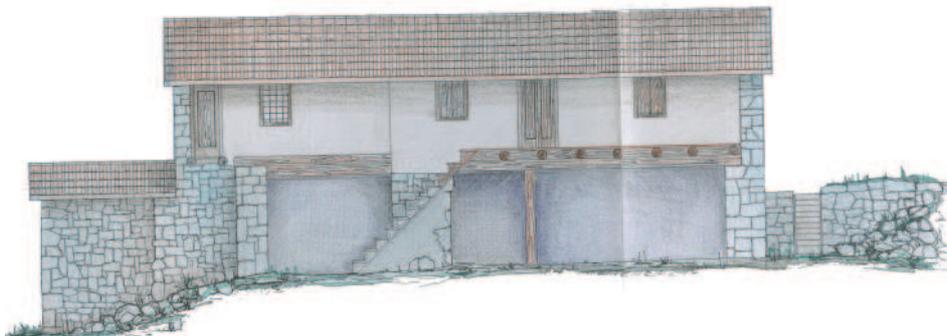
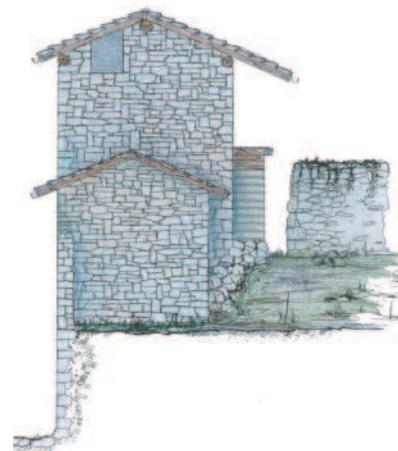
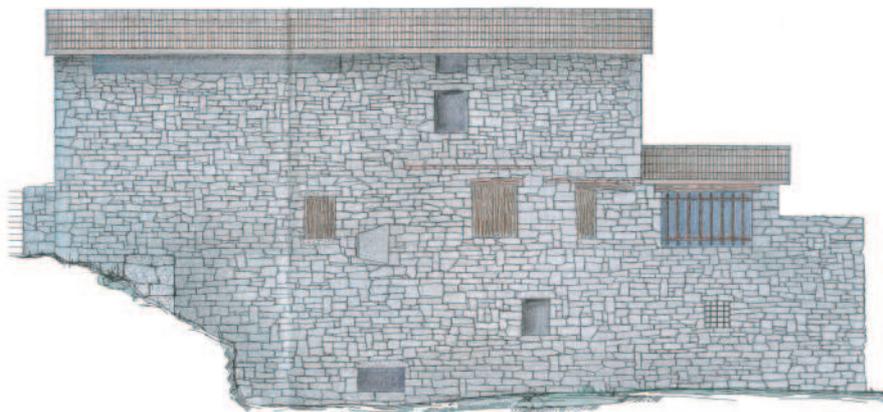
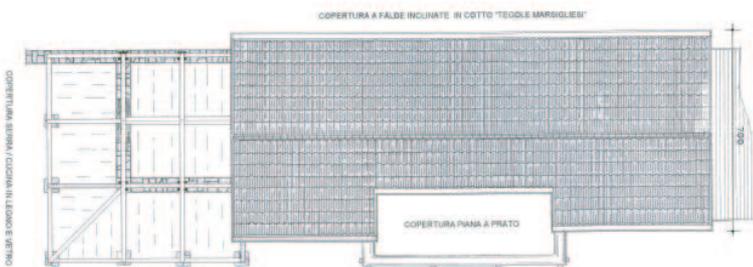
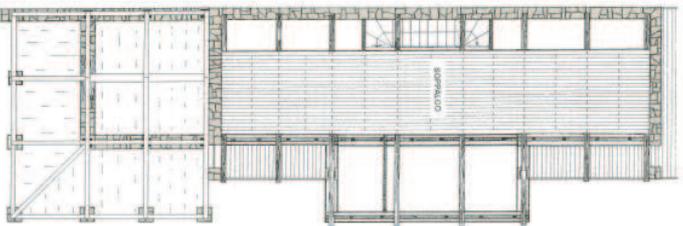
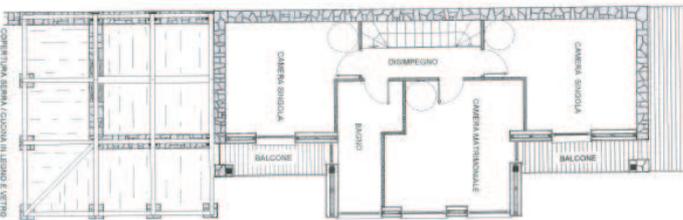
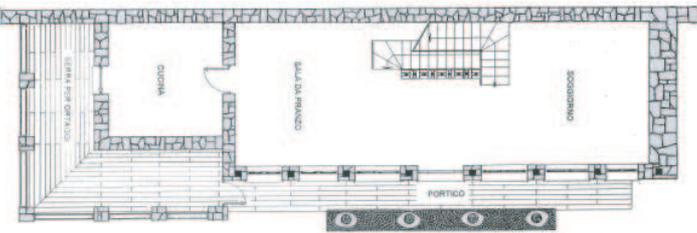
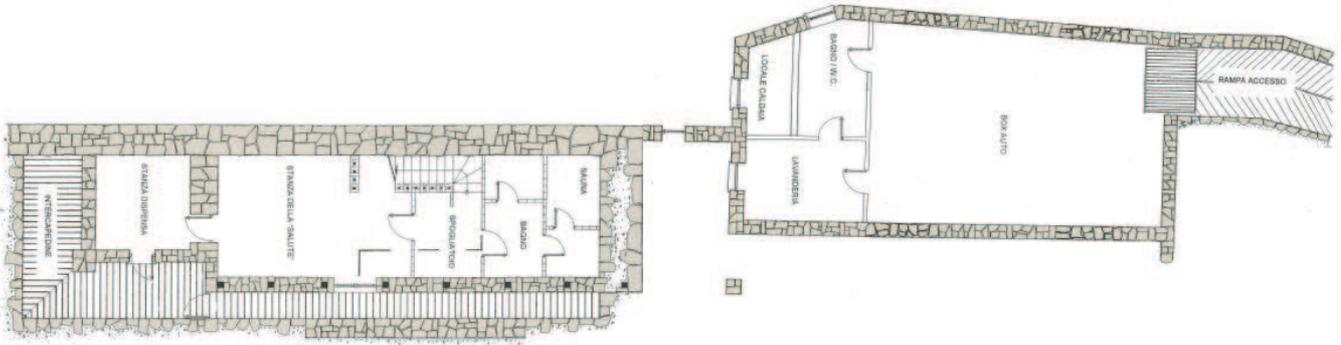


Fig 4_Piante di progetto:

- 1_piano seminterrato e pianta del box auto
- 2_piano terra
- 3_piano prmo
- 4_soppalco
- 5_pianta delle coperture



Le planimetri di progetto rispecchiano sostanzialmente l'impianto originario. Il piano seminterrato ospitava il locale dell'albero rotore, il piano terra ospitava invece la segheria vera e propria, il primo era suddiviso in 3 camere ad uso abitazione e il sottotetto era utilizzato come soffitta.

Attualmente invece il piano seminterrato verrà adibito a "stanza della salute" e dispensa, il piano terra a zona giorno e il primo piano a zona notte.

La parete a ovest e quella a nord non sono state modificate mentre quella a est è stata rifatta, ricollocandola però nella posizione originaria e rettificandola rispetto alla giacitura esistente.

Il vano che contiene la cucina-serra è stato ampliato rispetto a quello originario, così come è stato aggiunto l'aggetto delle camere da letto al piano superiore. La copertura è stata mantenuta uguale alla precedente attraverso il rifacimento del tetto con il rimpiego delle tegole originarie.

La parte in aggetto delle camere è stata coperta con un tetto giardino accessibile dal soppalco.

Fig 5_Prospetti di progetto:

- 1_prospetto est
- 2_prospetto sud
- 3_prospetto nord
- 4_prospetto ovest

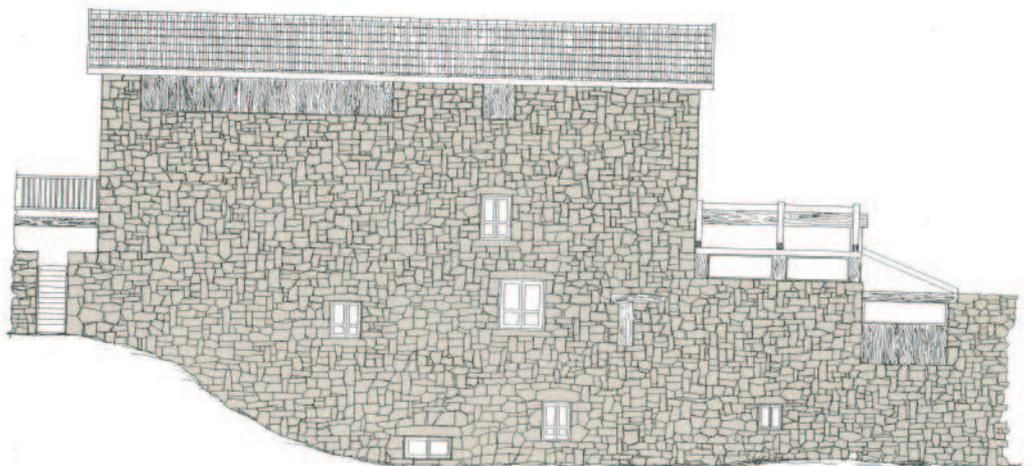
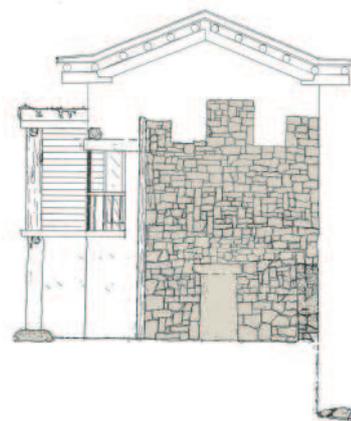
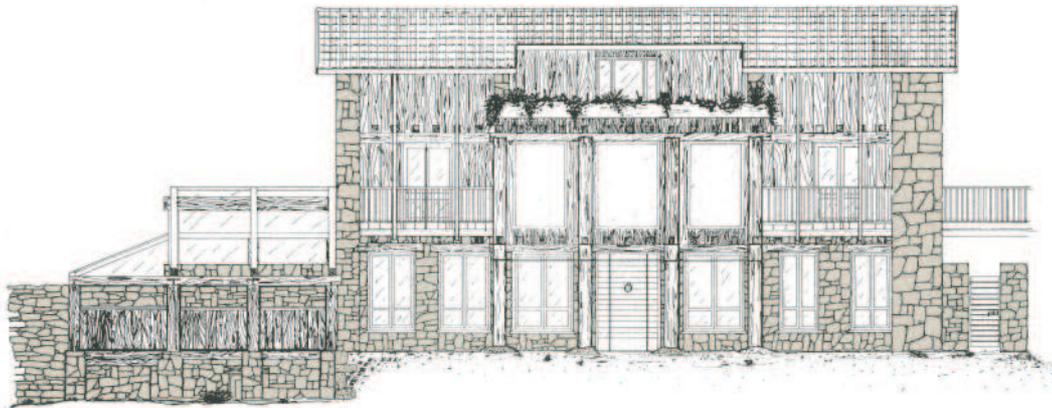


Fig 6_Sezioni di progetto:

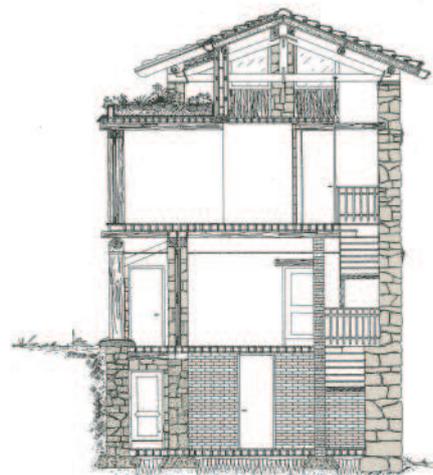
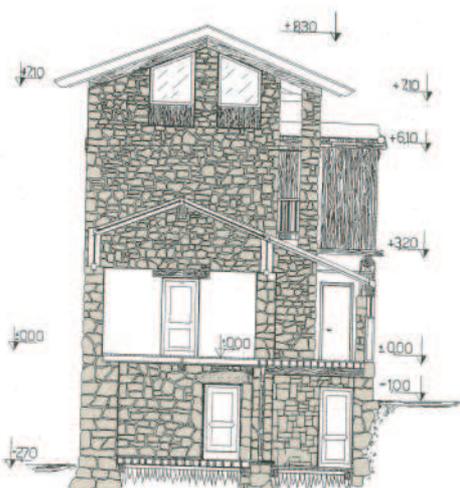
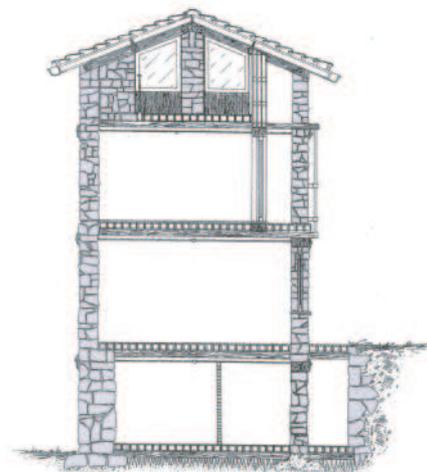
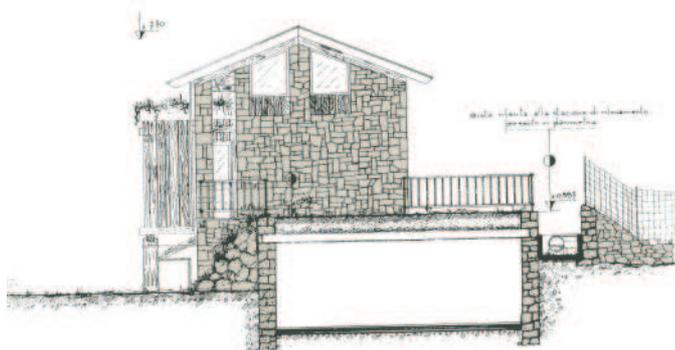
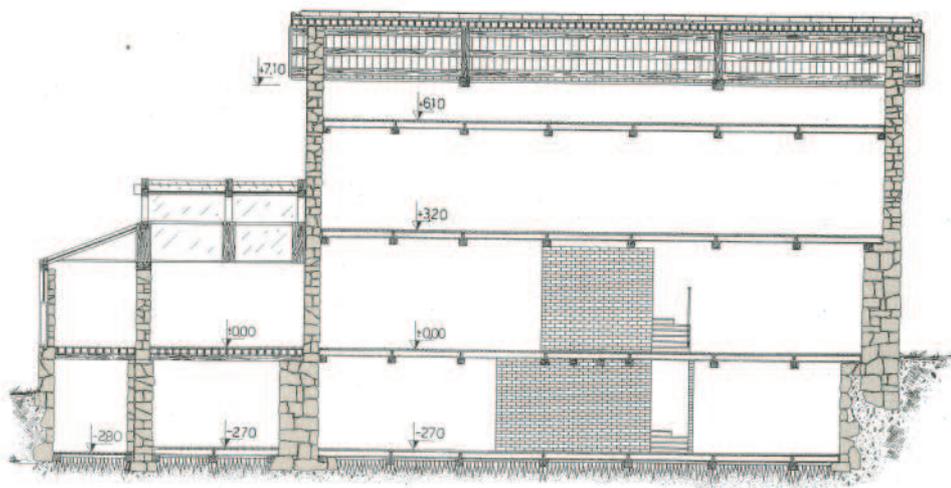
1_sezione longitudinale

2_sezione trasversale sul box

3_sezione trasversale

4_sezione trasversale sulla serra

5_sezione trasversale sull'aggetto





- 1.1.1_ENERGIA PRIMARIA PER LA CLIMATIZZAZIONE
INVERNALE
- 1.1.2_TRASMITTANZA TERMICA INVOLUCRO EDILIZIO
 - 1.2_ACQUA CALDA SANITARIA
 - 1.3.1_CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE
 - 1.3.2_INERZIA TERMICA
 - 1.4_ILLUMINAZIONE NATURALE
- 1.5_ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI
 - 1.6.1_MATERIALI RINNOVABILI
 - 1.6.2_MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI
- 1.7.1_CONSUMO DI ACQUA POTABILE PER
IRRIGAZIONE
- 1.7.2_CONSUMO DI ACQUA POTABILE PER USI
INDOOR
- 1.8_MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'
INVOLUCRO EDILIZIO

1_CONSUMO DI RISORSE

CONSIDERAZIONI

Questa prima categoria di requisiti cerca di mettere in luce il consumo di risorse derivante della realizzazione e dalla fase d'uso dell'edificio.

In particolare si analizzano i consumi di materiali e si premia l'utilizzo di materiali provenienti da fonti rinnovabili, riciclati e recuperati.

Inoltre si valutano i consumi in fase d'uso, andando a calcolare il fabbisogno energetico dell'edificio per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria e la quantità di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Si pone l'attenzione anche sulla qualità indoor attraverso l'analisi del fattore di luce diurna e il controllo della radiazione solare.

Infine si premia il risparmio di acqua potabile attuato attraverso il riciclo dell'acqua piovana per l'irrigazione e l'uso indoor.

L'architettura sostenibile riporta all'attenzione del progettista e del costruttore la questione delle tecniche e dei materiali, secondo una rinnovata dimensione del rapporto tra progresso tecnologico e tradizione costruttiva.

Nuovi materiali, innovativi strumenti di verifica energetica, di progettazione bioclimatica e di configurazione formale dell'organismo architettonico si affiancano al recupero delle tecniche e delle materie prime tradizionali.

Le tecnologie edilizie convenzionali e i processi di produzione dei materiali edili sono altamente dipendenti da un flusso di materia ed energia non rinnovabile: costruire è una delle attività produttive che esercitano maggiore influsso sui cicli della natura.

Ogni anno il ciclo produttivo dei materiali danneggia e compromette elevati quantitativi di territorio, producendo grandi quantità di rifiuti solidi, contaminando aria e acqua ad un livello superato solo dalla produzione e dall'uso di energia, buona parte della quale generata al fine di estrarre e produrre i materiali.

Si devono introdurre criteri di selezione dei materiali e delle tecniche costruttive basati sul concetto di **efficienza**, è necessario cioè **rispondere alle esigenze degli utenti** (benessere, salubrità, economicità e accessibilità) **utilizzando la minore quantità possibile di materie prime**, parametrando le scelte in funzione dell'intero ciclo di vita, perseguendo l'obiettivo di ridurre le quantità in entrata e in uscita dal ciclo produttivo.

Riduzione all'origine, riciclaggio, riuso di materiali ed elementi edilizi possono limitare efficacemente i consumi e permettere il raggiungimento di elevati livelli di qualità ambientale; tutto ciò spinge a considerare modelli di sviluppo sostenibile in cui la crescita economica non sia parametrata solo sull'incremento della produzione materiale in termini quantitativi ma anche in termini qualitativi.

PRINCIPI DI VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DEI MATERIALI:

- impatto ambientale del materiale nell'arco dell'intero ciclo di vita;
- rinnovabilità delle materie prime inserite nel processo produttivo;
- consumo energetico;
- durata del materiale;
- possibilità di riciclo;
- basso impatto dello smaltimento.

L'attività edilizia deve essere monitorata in tutti i suoi passaggi attraverso un controllo delle ricadute sull'ambiente in fase di costruzione, ristrutturazione, demolizione, riciclo e smaltimento, privilegiando quei materiali che garantiscono minore spreco di risorse (aria, acqua, suolo, foreste, ecc..) ed energia, anche e soprattutto in relazione alle condizioni climatiche determinate dal contesto e alla possibilità di utilizzare materiali locali.

Operativamente ciò significa selezionare materiali ottenuti da materie prime rinnovabili e disponibili localmente (in grado di ridurre l'impatto dovuto a trasporto e distribuzione), la cui lavorazione produca il minor numero di scarti e garantisca l'assenza di emissioni nocive e inquinanti.

Si dovrebbero inoltre preferire materiali riciclabili e prodotti provenienti dal riciclaggio, selezionando quelle tecniche costruttive che permettano l'assemblaggio dei materiali e degli elementi edilizi ed il loro smontaggio e riutilizzo; sarebbe opportuno inoltre scegliere materiali di lunga durata e facilmente mantenibili.

REQUISITO 1.1.1

ENERGIA PRIMARIA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Esigenza: ridurre i consumi energetici per la climatizzazione invernale

Indicatore di prestazione: rapporto tra il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale e il requisito minimo di legge del fabbisogno annuo di energia primaria

Unità di misura: % (kWh/mq anno / kWh/mq anno)

Riferimenti legislativi: L. 09/01/91 n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"; D.Lgs 19/08/05 n.192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; D.Lgs 29/12/06 n.311 "Disposizioni correttive e integrative al D.Lgs 19/08/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia". UNI EN 832 "Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali".

Dati dell'oggetto		
oggetto	Ristrutturazione del fabbricato "Rasega"	
utilizzo dell'edificio	edificio uni familiare	
tipo di costruzione	costruzione pesante	
dati climatici del comune		
differenza di altitudine rispetto al municipio del comune		(m)
		0
superficie lorda riscaldata nei piani	BGF _b (mq)	790
superficie netta riscaldata nei piani	NGF _b (mq)	632
volume lordo riscaldata nei piani	V _b (mq)	1063
volume netto riscaldata nei piani	V _A (mq)	744
impianto di ventilazione		
portata volumetrica d'aria mediante ventilazione forzata	qV,f (m³/h)	
grado di utilizzo del sistema di recupero di calore	hV (%)	
ricambio d'aria	$n = qV,f / VN * (1 - hV) + hx$	(-)
		0,50
peso specifico dell'aria	ρ _a (kg/m³)	1,184
capacità termica specifica dell'aria	c _a (J/kg K)	1.006
somma di radiazione solare con orientamento a sud	I _s (kWh/m²a)	483
somma di radiazione solare con orientamento a est/ovest	I _{o/w} (kWh/m²a)	338
somma di radiazione solare con orientamento a nord	I _N (kWh/m²a)	179
somma di radiazione solare con orientamento orizzontale in kWh/(m²a) I _{horizontal} = 256	I _{horizontal} (kWh/m²a)	256
numero di giorni di riscaldamento nel periodo di riscaldamento	HT (d/a)	182
temperatura media interna	θ _i (°C)	20,0
temperatura esterna di progetto	θ _{ne} (°C)	-5,0
temperatura media esterna nel periodo di riscaldamento	θ _e (°C)	4,00
gradigiorno nel periodo di riscaldamento in Kd/a	HGT (Kd/a)	2.192
potenza termica media degli apporti di calore interni	q _i (-)	3,5
grado di utilizzo degli apporti di calore	η (-)	1,00

Tab 1_ foglio di calcolo Casa Clima, dati dell'oggetto

Calcolo del calore disperso per trasmissione							
oggetto	Ristrutturazione del fabbricato "Rasega"						
elemento strutturale							
elemento strutturale	denominazione		A (mq)	A _i (mq)	U _i (W/mqK)	f _i	A*U _i *f _i (W/K)
1	parete esterna	parete in legno	60	38	0,35	1	13,0
2	parete esterna	parete in eurobrick	81	63	0,64	1	40,1
3	parete esterna	parete esistente in granito	239	233	0,36	1	83,5
4	parete esterna	parete controterra	106	106	0,40	0,60	25,7
5	parete esterna	tamponamento serra	18	12	1,38	1	16,0
6	finestre	finestrature		86,4	0,80	var	38,9
7	copertura	copertura a falde	124	124	0,35	1	43,9
8	copertura	giardino pensile	18	18	1,12	1	20,1
9	solaio	solaio terrazza	20	20	0,37	1	7,4
10	copertura	copertura serra	48	10	4,14	1	39,0
11	solaio	solaio controterra	152	152	0,33	0,50	24,9

Tab 2_ foglio di calcolo Casa Clima, calcolo del calore disperso per trasmissione

Per la verifica del criterio si è utilizzato il foglio di calcolo fornito dall'ente Casa Clima di Bolzano che permette di calcolare il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale secondo le norme tecniche UNI di riferimento.

Lo strumento di calcolo si compone di alcuni fogli nei quali è possibile inserire i dati relativi all'edificio in esame (superficie e volume riscaldato) e al sito di progetto (radiazione solare, temperatura media, gradi giorno). Viene quindi calcolato il calore disperso per trasmissione attraverso gli elementi strutturali che compongono l'edificio, dei quali si devono inserire le stratigrafie per il calcolo della trasmittanza termica. Il foglio contenente i risultati dei calcoli, specifica il coefficiente medio di trasmissione globale, i guadagni e le perdite di calore, il fabbisogno di calore e la potenza per il riscaldamento, riferiti al comune di progetto e messi poi a confronto con i valori riferiti al comune di Bolzano al fine di individuarne la classe energetica.

Una volta ottenuto il fabbisogno di energia primaria, si è poi calcolato il rapporto percentuale tra il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e il valore limite di legge.

applicabili dal 1 gennaio 2006										
Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG
≤0,2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥0,9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

applicabili dal 1 gennaio 2008										
Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG
≤0,2	9,5	9,5	14	14	23	23	37	37	52	52
≥0,9	41	41	55	55	78	78	100	100	133	133

applicabili dal 1 gennaio 2010										
Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG
≤0,2	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	46,8	46,8
≥0,9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

Tab 3,4,5_ Valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/mq anno tratti dal D. Lgs. 29/12/06 n.311

Risultati dei calcoli	
oggetto	Ristrutturazione del fabbricato "Rasega"
Involucro dell'edificio	
superficie di dispersione termica dell'involucro dell'edificio $A_B = \sum A_i$	$A_B = 865 \text{ m}^2$
rapporto superficie dell'involucro riscaldato volume lordo riscaldato A_B / V_B	$A/V = 0,81 \text{ l/m}$
coefficiente medio di trasmissione globale	
coefficiente medio di trasmissione globale dell'involucro dell'edificio $U_m = L_T / A_B$	$U_m = 0,44 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
guadagni e perdite di calore riferito al comune di appartenenza Braone	
perdita di calore per trasmissione nel periodo di riscaldamento $Q_T = 0,024 * L_T * \text{HGT}$	$Q_T = 20,037 \text{ kWh/a}$
perdita di calore per ventilazione nel periodo di riscaldamento $Q_V = 0,024 * L_V * \text{HGT}$	$Q_V = 6,476 \text{ kWh/a}$
guadagni per carichi interni durante il periodo di riscaldamento $Q_i = 0,024 * q_i * \text{NGFB} * \text{HT}$	$Q_i = 9,662 \text{ kWh/a}$
guadagni termici solari durante il periodo di riscaldamento $Q_s = \sum I_j * (S A_g * f_s * g_{w/j})$	$Q_s = 5,561 \text{ kWh/a}$
rapporto tra guadagni termici e perdite di calore $g = (Q_s + Q_i) / (Q_T + Q_V)$	$g = 57 \%$
Fabbisogno di calore e potenza per riscaldamento riferito al comune di appartenenza Braone	
grado di utilizzo degli apporti di calore	$\eta = 0,96$
fabbisogno di calore per riscaldamento nel periodo di riscaldamento $Q_h = (Q_T + Q_V) - \eta * (Q_i + Q_s)$	$Q_h = 11,827 \text{ kWh/a}$
potenza di riscaldamento dell'edificio $P_{\text{tot}} = (L_T + L_V) * (q_i - q_{ne})$	$P_{\text{tot}} = 12,60 \text{ kW}$
potenza specifica di riscaldamento relativa alla superficie netta $P_1 = P_{\text{tot}} / \text{NGFB}$	$P_1 = 21,17 \text{ W/m}^2$
fabbisogno di calore per riscaldamento specifico alla superficie netta $\text{HWBNGF}_{\text{vorh}} = Q_h / \text{NGFB}$	$\text{HWBNGF}_{\text{vorh}} = 19,94 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Fabbisogno di calore e potenza per riscaldamento riferito al comune di Bolzano	
grado di utilizzo degli apporti di calore	$\eta = 0,99$
fabbisogno di calore per riscaldamento nel periodo di riscaldamento $Q_h = (Q_T + Q_V) - \eta * (Q_i + Q_s)$	$Q_h = 20,404 \text{ kWh/a}$
potenza di riscaldamento dell'edificio $P_{\text{tot}} = (L_T + L_V) * (q_i - q_{ne})$	$P_{\text{tot}} = 17,64 \text{ kW}$
potenza specifica di riscaldamento relativa alla superficie netta $P_1 = P_{\text{tot}} / \text{NGFB}$	$P_1 = 27,91 \text{ W/m}^2$
fabbisogno di calore per riscaldamento specifico alla superficie netta $\text{HWBNGF}_{\text{vorh}} = Q_h / \text{NGFB}$	$\text{HWBNGF}_{\text{vorh}} = 32,29 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Categoria termica dell'edificio	
B	32 kWh/(m²a)

Tab 6_ foglio di calcolo Casa Clima, risultati dei calcoli

Rapporto di forma dell'edificio = 0,81

Zona climatica = E - 2192GG

Fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale = 18,71 kWh/mq anno

Valore limite al 2010 ricavato per interpolazione = 81,05 kWh/mq anno

% (kWh/mq anno) / (kWh/mq anno) 2008 = 23,08

Il valore del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale è fondamentale per la valutazione ambientale di un intervento, in quanto se si analizza il ciclo di vita di un edificio, si nota che la fase d'uso è quella di maggior durata e di conseguenza quella che tendenzialmente ha un impatto maggiore in termini di consumi energetici.

I problemi legati all'approvvigionamento dell'energia e all'inquinamento causato dall'energia prodotta da fonti fossili, hanno messo in evidenza la necessità di ridurre i consumi.

La riduzione dei consumi energetici è uno degli obiettivi in vista della realizzazione di un edificio sostenibile; dovrebbe diventare un vantaggio economico di gestione del costruito, percepito dagli utenti.

La certificazione energetica ha proprio lo scopo di informare l'utente finale sui costi di gestione dell'edificio, stimolando a un investimento maggiore al momento della costruzione a fronte di elevate prestazioni e minori costi d'esercizio.

Per quanto riguarda il caso specifico dell'edificio oggetto di studio, i consumi maggiori di energia riguardano il riscaldamento in quanto le condizioni climatiche favorevoli non creano la necessità di raffrescamento nella stagione calda.

Il consumo di energia primaria risulta molto basso essenzialmente grazie a due aspetti che hanno guidato la progettazione: la costruzione di un involucro molto performante dal punto di vista termico e lo sfruttamento della risorsa solare.

Essendo un progetto di recupero, non si è potuti intervenire sull'orientamento dell'edificio e sulla forma per evitare di stravolgere quella originaria, si è quindi cercato di sfruttare al massimo le risorse offerte dalle condizioni al contorno.

L'involucro risulta resistente alle dispersioni di calore e regolatore del trasferimento di calore radiativo, e quindi dotato di massa termica.

Le aperture sono posizionate prevalentemente sul lato sud-est lasciando alla serra la funzione di captare la radiazione solare proveniente da sud, mentre le pareti nord e ovest risultano quasi totalmente opache per evitare inutili dispersioni termiche. Il posizionamento e il dimensionamento sono studiati in modo da massimizzare gli apporti solari gratuiti invernali e ridurre il surriscaldamento estivo.

% (kWh/mq anno) / (kWh/mq anno)	Punti
>100	-1
100	0
93	1
87	2
80	3
73	4
67	5
peso del criterio	70%

REQUISITO 1.1.2 TRASMITTANZA TERMICA INVOLUCRO EDILIZIO

Esigenza: ridurre i consumi energetici per la climatizzazione invernale

Indicatore di prestazione: rapporto tra la trasmittanza media di progetto degli elementi di involucro e la trasmittanza media corrispondente ai valori limite di legge degli elementi di involucro

Unità di misura: % (W/mqK / W/mqK)

Riferimenti legislativi: L. 09/01/91 n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"; D.Lgs 19/08/05 n.192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; D.Lgs 29/12/06 n.311 "Disposizioni correttive e integrative al D.Lgs 19/08/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; UNI EN ISO 14683:2001 "Ponti termici in edilizia. Coefficiente di trasmissione lineare. Metodi semplificati e valori di riferimento.

Tab 7_ parametri termici dinamici delle chiusure che compongono l'involucro

Chiusura 1_ parete in legno						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto limitare interno					0,13	
1	asito	2	850	1600	0,18	
2	asito	2,5	850	1600	0,18	
3	segatura e calce	10	200	1600	0,05	
4	asito	2,5	850	1600	0,18	
5	pannelli fibra di legno	2	600	1700	0,1	
6	scandole legno	2,5	600	1600	0,18	
7						
8						
9						
10						
strato limitare esterno					0,04	

Chiusura 1_ parete in legno			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	3,063	(h) 2,68
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	3,212	(h) 2,91
trasmittanza termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,109	(h) -1,28
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	43,4	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	45,4	
resistenza termica (R)	(mqK/W)	2,898	
trasmittanza termica (U)	(W/mqK)	0,345	
fattore di attenuazione (f)		0,315	
spessore (s)			
	(cm)	21,5	
massa superficiale (m)			
	(kg/mq)	107	
sfasamento (φ)			
	(h)	11,28	

Chiusura 2_ parete in eurobrick						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto limitare interno					0,13	
1	intonaco in calce	1,5	1600	920	0,7	
2	blocco di argilla	12	1600	750	0,59	
3	pannello in sughero	3	130	2050	0,037	
4	blocco di argilla	20	1600	750	0,59	
5	intonaco in calce	1,5	1000	920	0,7	
6						
7						
8						
9						
10						
strato limitare esterno					0,04	

Chiusura 2_ parete in eurobrick			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	4,448	(h) 1,74
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	6,304	(h) 2,39
trasmittanza termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,090	(h) 10,59
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	62,0	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	87,4	
resistenza termica (R)	(mqK/W)	1,566	
trasmittanza termica (U)	(W/mqK)	0,639	
fattore di attenuazione (f)		0,141	
spessore (s)			
	(cm)	38	
massa superficiale (m)			
	(kg/mq)	564	
sfasamento (φ)			
	(h)	13,41	

Chiusura 3_ parete esistente in granito						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto limitare interno					0,13	
1	mattoni pieni	16	1600	900	0,7	
2	malta calce e sabbia	2	1700	1000	0,8	
3	sughero granuli	10	300	2050	0,05	
4	malta cemento	3	1800	1000	1	
5	granito	78	2700	900	2,3	
6						
7						
8						
9						
10						
strato limitare esterno					0,04	

Chiusura 3_ parete esistente in granito			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	5,926	(h) 0,80
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	1,421	(h) 2,91
trasmittanza termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,000	(h) -8,77
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	81,5	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	19,5	
resistenza termica (R)	(mqK/W)	2,793	
trasmittanza termica (U)	(W/mqK)	0,358	
fattore di attenuazione (f)		0,001	
spessore (s)			
	(cm)	109	
massa superficiale (m)			
	(kg/mq)	2480	
sfasamento (φ)			
	(h)	8,77	

Chiusura 4_ parete controterra						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto limitare interno					0,13	
1	malta calce e sabbia	2	1700	1000	0,8	
2	intonaco in calce	1,5	1600	920	0,7	
3	blocco di argilla	20	1600	750	0,59	
4	pannello in sughero	3	130	2050	0,037	
5	blocco di argilla	12	1600	750	0,59	
6	intercapedine d'aria	100	1	1000		0,16
7	cls pozzolanico	30	1600	880	1,6	
8	pignatte in cotto	20	450	1000	0,36	
9						
10						
strato limitare esterno					0,04	

Chiusura 4_ parete controterra			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	2,395	(h) 2,05
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	6,817	(h) 2,49
trasmittanza termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,002	(h) -1,95
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	32,9	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	93,7	
resistenza termica (R)	(mqK/W)	2,473	
trasmittanza termica (U)	(W/mqK)	0,404	
fattore di attenuazione (f)		0,004	
spessore (s)			
	(cm)	188,5	
massa superficiale (m)			
	(kg/mq)	1145	
sfasamento (φ)			
	(h)	1,95	

Chiusura 5_ tamponamento serra						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto liminare interno					0,13	
1	assito	3	850	1600	0,18	
2	terra cruda in mattoni	8	1200	750	0,36	
3	assito	3	850	1600	0,1	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
strato liminare esterno						0,04

Chiusura 7_ copertura a falde inclinate						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto liminare interno					0,17	
1	assito	3	850	1600	0,18	
2	sughero e calce	10	800	1600	0,05	
3	assito	3	850	1600	0,18	
4	assito	2,5	850	1600	0,18	
5	assito	2,5	850	1600	0,18	
6	tegole					
7						
8						
9						
10						
strato liminare esterno						0,04

Chiusura 8_ giardino pensile						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto liminare interno					0,17	
1	assito	2,5	850	1600	0,18	
2	materasso sughero	1	130	2050	0,037	
3	lamiera acciaio	0,3	7800	500	60	
4	ghiaia	5	1300	840	1,2	
5	sabbia	5	1200	840	0,6	
6	terreno	30	1700	1840	2	
7						
8						
9						
10						
strato liminare esterno						0,04

Chiusura 9_ solaio terrazza						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto liminare interno					0,17	
1	assito	3	850	1600	0,18	
2	segatura e calce	10	200	1600	0,05	
3	assito	2,5	850	1600	0,18	
4	calcestruzzo	10	1600	880	1,6	
5	assito	2,2	850	1600	0,18	
6						
7						
8						
9						
10						
strato liminare esterno						0,04

Chiusura 10_ copertura serra						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto liminare interno					0,17	
1	vetrocamera	2,1	2500	840	0,8	
2	serramento in legno	5	450	1600	0,7	
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
strato liminare esterno						0,04

Chiusura 11_ solaio controterra						
stratigrafia	s	ρ	c	λ	R	
(int-est)	(cm)	(kg/mc)	(J/kg °C)	(W/ mq °C)	(mq°C/W)	
starto liminare interno					0,17	
1	assito	2,2	850	1600	0,18	
2	calcestruzzo	10	1600	880	1,6	
3	assito	2,5	850	1600	0,18	
4	segatura e calce	10	200	1600	0,05	
5	assito	2,2	850	1600	0,18	
6	mattoni pieni	16	1600	900	0,7	
7	calcestruzzo	15	2400	880	1,6	
8	ghiaia	10	1300	840	1,2	
9						
10						
strato liminare esterno						0,04

Chiusura 5_ tamponamento serra			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	2,922	(h) 1,94
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	3,836	(h) 2,55
trasmissione termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,901	(h) -5,24
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	45,5	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	59,4	
resistenza termica (R)	(mq ² /W)	0,726	
trasmissione termica (U)	(W/mqK)	1,378	
fattore di attenuazione (f)		0,654	
spessore (s)	(cm)	14	
massa superficiale (m)	(kg/mq)	147	
sfasamento (φ)	(h)	5,24	

Chiusura 7_ copertura a falde inclinate			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	2,523	(h) 2,75
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	3,987	(h) 2,68
trasmissione termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,091	(h) 11,59
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	35,6	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	55,7	
resistenza termica (R)	(mq ² /W)	2,821	
trasmissione termica (U)	(W/mqK)	0,354	
fattore di attenuazione (f)		0,258	
spessore (s)	(cm)	21,0	
massa superficiale (m)	(kg/mq)	124	
sfasamento (φ)	(h)	12,41	

Chiusura 8_ giardino pensile			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	2,174	(h) 1,93
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	12,427	(h) 1,6
trasmissione termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,109	(h) 10,23
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	30,8	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	171,8	
resistenza termica (R)	(mq ² /W)	0,894	
trasmissione termica (U)	(W/mqK)	1,118	
fattore di attenuazione (f)		0,098	
spessore (s)	(cm)	43,8	
massa superficiale (m)	(kg/mq)	681	
sfasamento (φ)	(h)	13,77	

Chiusura 9_ solaio terrazza			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	2,501	(h) 2,92
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	5,382	(h) 1,76
trasmissione termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,089	(h) -11,75
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	35,3	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	75,1	
resistenza termica (R)	(mq ² /W)	2,700	
trasmissione termica (U)	(W/mqK)	0,370	
fattore di attenuazione (f)		0,239	
spessore (s)	(cm)	27,7	
massa superficiale (m)	(kg/mq)	245	
sfasamento (φ)	(h)	11,75	

Chiusura 10_ copertura serra			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	1,231	(h) 2,40
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	3,356	(h) 4,06
trasmissione termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,538	(h) -4,09
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	19,3	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	50,5	
resistenza termica (R)	(mq ² /W)	1,531	
trasmissione termica (U)	(W/mqK)	0,653	
fattore di attenuazione (f)		0,824	
spessore (s)	(cm)	7,1	
massa superficiale (m)	(kg/mq)	75	
sfasamento (φ)	(h)	4,09	

Chiusura 11_ solaio controterra			
paramento	modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	(W/mq K)	3,250	(h) 1,04
ammettenza termica esterna (Y _e)	(W/mq K)	7,744	(h) 1,76
trasmissione termica periodica (Y _p)	(W/mq K)	0,004	(h) 0,7
capacità termica areica interna (k _i)	(kJ/mq K)	44,6	
capacità termica areica esterna (k _e)	(kJ/mq K)	106,7	
resistenza termica (R)	(mq ² /W)	3,061	
trasmissione termica (U)	(W/mqK)	0,327	
fattore di attenuazione (f)		0,013	
spessore (s)	(cm)	67,9	
massa superficiale (m)	(kg/mq)	985	
sfasamento (φ)	(h)	23,30	

strutture opache verticali			
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006	Dall'1 gennaio 2008	Dall'1 gennaio 2010
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34

strutture opache orizzontali e inclinate di copertura			
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006	Dall'1 gennaio 2008	Dall'1 gennaio 2010
A	0,80	0,42	0,38
B	0,60	0,42	0,38
C	0,55	0,42	0,38
D	0,46	0,35	0,32
E	0,43	0,32	0,30

strutture opache orizzontali di pavimento			
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006	Dall'1 gennaio 2008	Dall'1 gennaio 2010
A	0,80	0,74	0,65
B	0,60	0,55	0,49
C	0,55	0,49	0,42
D	0,46	0,41	0,36
E	0,43	0,38	0,33

chiusure trasparenti comprensive degli infissi			
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006	Dall'1 gennaio 2008	Dall'1 gennaio 2010
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2

vetri			
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006	Dall'1 gennaio 2008	Dall'1 gennaio 2010
A	5,5	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
E	2,4	1,9	1,7

Tab 8,9,10,11,12_ Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/mq K tratti dal D.Lgs 29/12/06 n.311

Per la verifica del criterio si è calcolata la trasmittanza media di progetto (U_{media}) degli elementi di involucro (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali o inclinate, pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno, chiusure trasparenti). Si è poi calcolata la trasmittanza media degli elementi di involucro corrispondente ai valori di legge ($U_{\text{media limite}}$) e infine si è calcolato il rapporto percentuale tra il primo e il secondo valore.

$$U_{\text{media}} = 0,44 \text{ W / mq K}$$
$$U_{\text{media limite}} 2010 = 0,61 \text{ W / mq K}$$

$$\% (\text{W/mq K}) / (\text{W/mq K}) 2010 = 72,13$$

Per ridurre il consumo energetico per la climatizzazione invernale degli edifici, una delle scelte progettuali più efficaci è la riduzione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio, al fine di contenere le perdite di calore.

Per quanto riguarda il caso di studio, si nota come le stratigrafie scelte per le pareti esterne varino in relazione all'orientamento della parete e al sistema costruttivo utilizzato.

1_ PARETE IN LEGNO

La parete esposte ad est è realizzata in legno e isolata tramite uno spessore di 10 cm riempito con un impasto di segatura e calce, e uno strato di 2 cm realizzato con pannelli in fibra di legno.

Questo tipo di isolamento risulta leggero e poroso e valutando la scelta nell'ottica del bilancio ambientale, risulta particolarmente favorevole in quanto si tratta di materiali provenienti dal riciclo del legno e quindi diminuiscono drasticamente le risorse materiche consumate per la produzione di questo tipo di isolamento.

2_ PARETE IN EUROBRICK

Questo tipo di parete è composta da blocchi in laterizio ai quali sono fissati (tramite tasselli doppi in polipropilene) dei pannelli in sughero dello spessore di 3 cm. L'unione di questi due materiali permette un buon isolamento anche in relazione alla tecnica costruttiva che impone 1 cm di sporgenza del pannello in sughero per realizzare un taglio termico completo una volta assemblati i blocchi con la malta.

3_ PARETE ESISTENTE IN GRANITO

L'intervento su questa parete ha avuto l'obiettivo di migliorarne l'isolamento termico attraverso la giustapposizione di uno strato di sughero in granuli contenuto da un paramento in mattoni pieni. In questo modo la trasmittanza termica delle pareti posta a nord e ovest raggiunge un ottimo valore che permette la riduzione delle dispersioni termiche sui lati dell'edificio esposti alle peggiori condizioni ambientali perchè non soggetti agli apporti gratuiti solari.

4_ PARETE CONTROTERRA

Questa parete è composta dall'accoppiamento di una parete in blocchi Eurobrick e da una parete in cls con uno strato di pignatte in cotto, tra esse è stata creata un'intercapedine d'aria che permette la ventilazione del piano seminterrato a contatto con il terreno.

5_ TAMPONAMENTO ESTERNO DELLA SERRA

E' costituito da due assiti in legno che contengono una parete in mattoni in terra cruda (che hanno la capacità di assorbire e diffondere il vapore) che ha lo scopo di isolare la parete e favorire la permeabilità all'aria della chiusura della serra-cucina.

7_ COPERTURA A FALDE INCLINATE

E' costituita da un tetto ventilato in legno isolato con un impasto di sughero e calce dello spessore di 10 cm che permette di ottenere un buon livello di isolamento. Il principale vantaggio di questo tipo di copertura è la diminuzione della quantità di calore trasmesso dalle tegole alla struttura sottostante.

8_ GIARDINO PENILE

Questo tipo di copertura contribuisce al miglioramento del clima, al trattenimento delle polveri e alla riduzione della diffusione sonora.

La scelta del tetto verde prende in considerazione le condizioni climatiche locali ed è indicato nelle regioni con buona piovosità per non ricorrere all'irrigazione artificiale. Lo strato terroso conferisce maggiore inerzia termica che impedisce la fuoriuscita di calore dall'edificio, e ha la capacità di trattenere l'acqua piovana impedendo il surriscaldamento della copertura d'estate.

Un ulteriore isolamento è fornito da un materassino in sughero dello spessore di 1 cm, protetto dalla piastra di acciaio che serve da barriera impermeabilizzante.

9_ SOLAIO TERRAZZA

L'isolamento del solaio è realizzato attraverso uno strato di 10 cm di segatura e calce che evita la disper-

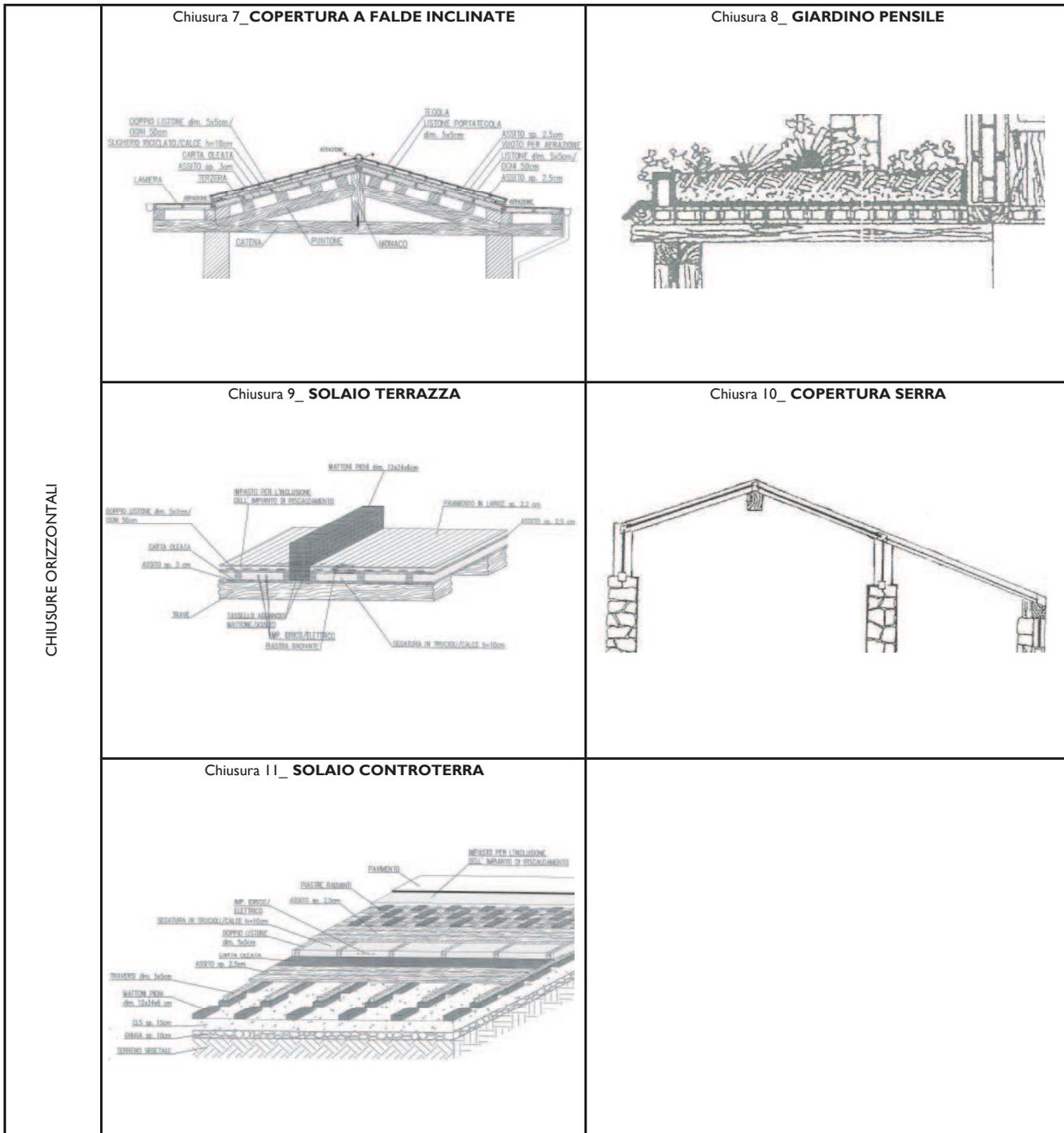


Fig 7_ abaco delle chiusure_particolari costruttivi

% (W/mq k) / (W/mq K)	Punti
>100	-1
100	0
90	1
80	2
70	3
60	4
50	5
peso del criterio	30%

REQUISITO 1.2. ACQUA CALDA SANITARIA

Esigenza: ridurre i consumi energetici per la produzione di acqua calda sanitaria attraverso l'impiego dell'energia solare

Indicatore di prestazione: percentuale del fabbisogno medio annuale di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria soddisfatto con energie rinnovabili

Unità di misura: % (kWh / kWh)

Riferimenti legislativi: L. 09/01/91 n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"; D.Lgs 19/08/05 n.192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; D.Lgs 29/12/06 n.311 "Disposizioni correttive e integrative al D.Lgs 19/08/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia". UNI 8211 "Impianti di riscaldamento ad energia solare. Terminologia, funzioni, requisiti e parametri per l'integrazione negli edifici". UNI EN 832 "Prestazione termica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali".

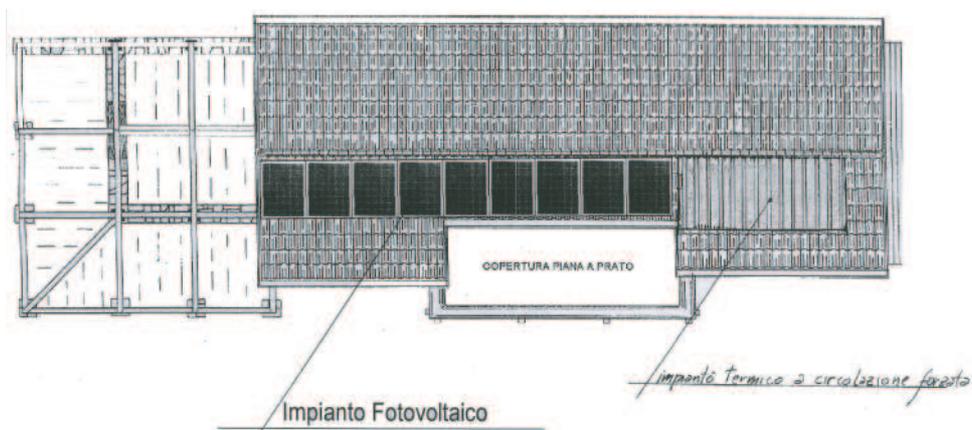


Fig 8_ indicazione sulla pianta delle coperture del posizionamento dell'impianto solare per la produzione di acqua calda sanitaria

Il progetto prevede la collocazione di un impianto termico a circolazione forzata posto sulla copertura a falde inclinate, sulla falda esposta a sud-est per sfruttare al meglio la radiazione solare. L'impianto è composto da 10,5 mq di pannelli solari a tubi sottovuoto e da un serbatoio per l'accumulo dell'acqua da 800 l. Il rendimento della rete di distribuzione dell'impianto è pari allo 0,85% e l'efficienza dei collettori sono pari allo 0,7%.

L'inclinazione dei pannelli è pari a 45° per ottimizzare la quantità di radiazione raccolta.

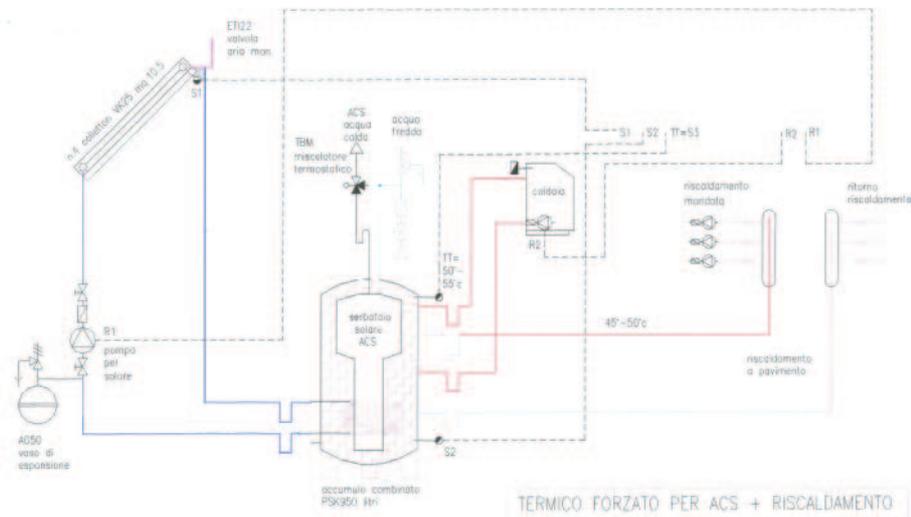


Fig 9_ schema dell'impianto solare per la produzione di acqua calda sanitaria

Per la verifica del criterio si è calcolato il fabbisogno annuo di energia per la produzione di acqua calda sanitaria, usando come riferimento il valore di 70 litri / persona giorno. Si è poi calcolata la quantità di energia prodotta annualmente dai pannelli solari e la percentuale di fabbisogno annuale di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria coperta dai pannelli solari.

Fabbisogno di acqua calda sanitaria = 127750 litri/anno
 Energia richiesta per il riscaldamento dell'acqua a 45° = 18721123,75 kJ/anno
 Radiazione incidente = 4270550,40 kJ/mq anno
 Energia convertita = 2540977,488 kJ/mq anno

La percentuale del fabbisogno di acqua calda coperta dall'impianto solare è quindi data dal rapporto tra l'energia convertita e l'energia necessaria per coprire il fabbisogno.

$$\% = (10,5 * 2540977,488) * 100 / 18721123,75 = 142,5$$

Dai calcoli emerge quindi che il fabbisogno termico per il riscaldamento dell'acqua calda per uso sanitario è coperto per il 100% dall'impianto solare termico che con la restante parte di energia termica andrà ad integrare il sistema di riscaldamento a pannelli radianti.

% (kWh / kWh)		Punti
Edificio non in centro storico	Edificio in centro storico	
<50	<20	-1
50	20	0
54	26	1
58	32	2
62	38	3
66	44	4
70	50	5
peso del criterio		5%

REQUISITO 1.3.1 CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE

Esigenza: ridurre il carico termico dovuto all'irraggiamento solare nel periodo estivo

Indicatore di prestazione: fattore di ombreggiatura (fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura in condizioni di massima schermatura)

Unità di misura: adimensionale

Riferimenti legislativi: L. 09/01/91 n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"; D.Lgs 19/08/05 n.192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; D.Lgs 29/12/06 n.311 "Disposizioni correttive e integrative al D.Lgs 19/08/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia". UNI EN 832 "Prestazione termica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali".

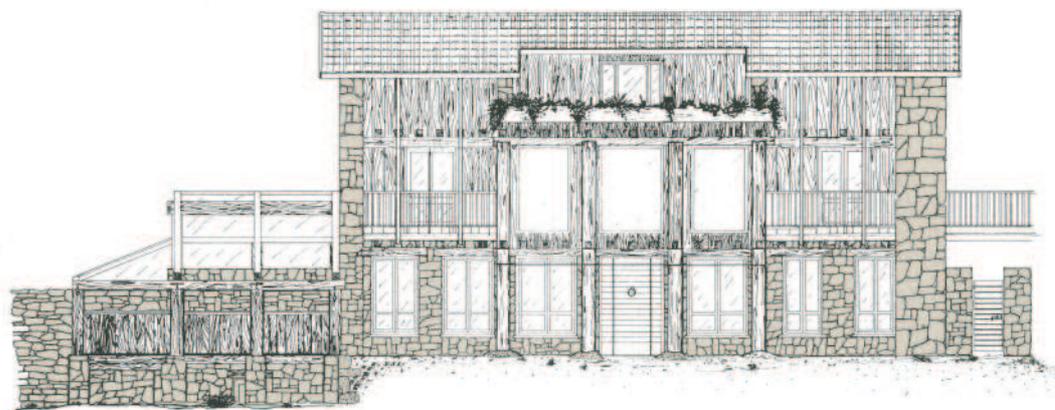


Fig 10_ prospetto est dell'edificio

Le finestre che sono soggette a riduzione del carico termico da irraggiamento sono quelle disposte sulla facciata a sud-est e quelle del locale serra-cucina. Al piano terra le finestre sono parzialmente schermate dall'oggetto della terrazza sovrastante e del volume delle camere; al primo piano e al secondo invece, è la copertura che ombreggia la superficie vetrata. Per quanto riguarda la copertura della serra, le schermature sono di tipo mobile, costituite da tendaggi che evitano il surriscaldamento del vano cucina.

Uno dei punti essenziali su cui si basa la filosofia di progetto è quello di mantenere il più possibile intatti i caratteri originari dell'edificio e quindi è stato fondamentale mantenere inalterato l'assetto delle finestre laddove è stato possibile.

Sul fronte ovest le finestre appaiono diverse per forma e dimensione e collocate in modo disordinato sulla facciata, a testimonianza della precedente funzione dell'edificio.

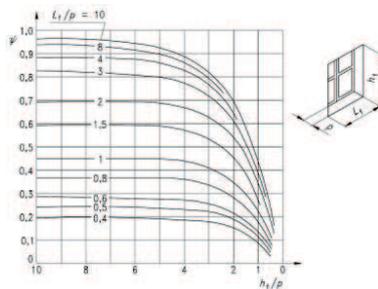
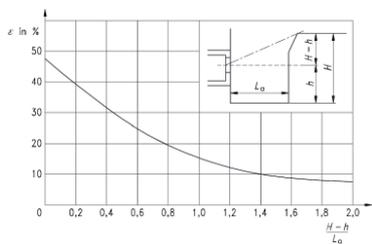
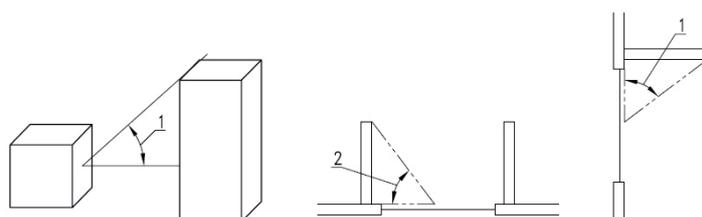


Fig 11,12_ grafici per la determinazione dei fattori di ombreggiatura

Fig 13,14,15_ schemi per la determinazione dei fattori di ombreggiatura



Per la verifica del criterio si è calcolato il fattore di ombreggiatura (in condizioni di massima schermatura) dovuto a ostruzioni esterne (che dipende dall'altezza sull'orizzonte, dalla latitudine, dall'esposizione, dal clima locale e dal periodo di riscaldamento), il fattore di ombreggiamento dovuto ad oggetti verticali e orizzontali e a schermi mobili. Per ogni esposizione compresa nei quadranti di orientamento Est, Ovest, Sud e per ogni tipo di superficie vetrata viene calcolato il fattore medio di riduzione che viene pesato rispetto all'esposizione e alla superficie vetrata.

Il valore ottenuto è abbastanza buono, grazie all'oggetto della terrazza del primo piano posta sul prospetto est, che ombreggia le finestre poste al piano terra e all'oscuramento tramite tendaggi della serra solare. Sul prospetto sud non sono presenti finestre tranne quelle della serra che come detto sopra, sono oscurate per evitare il surriscaldamento dell'ambiente e l'abbagliamento.

	dimensioni finestre		numero	esposizione	superficie vetrata	fattore di ostruzione	fattore ombreggiatura oggetti verticali	fattore ombreggiatura oggetti orizzontali	fattore di riduzione per tendaggi	fattore di riduzione parziale	esposizione	fattore di riduzione parziale
	larghezza L [m]	altezza h [m]										
Piano terra	1,2	1,4	1	nord	1,68	1	1	1	1	1	/	/
	0,8	1	1	nord	0,8	1	1	1	1	1	/	/
	1,3	2	2	est	5,2	1	0,84	1	1	0,84	0,25	1,0920
	1,6	2	3	est	9,6	1	0,84	1	1	0,84	0,25	2,0160
	1,2	2	1	est	2,4	1	0,84	1	1	0,84	0,25	0,5040
Primo piano	0,9	2,3	1	nord	2,07	1	1	1	1	1	/	/
	0,9	1,2	1	ovest	1,08	1	1	1	1	1	0,40	0,4320
	0,9	2,3	1	sud	2,07	1	1	1	1	1	0,35	0,7245
	1,5	2,3	3	est	10,35	1	1	1	1	1	0,25	2,5875
	1,4	2,3	2	est	6,44	1	0,92	1	1	0,92	0,25	1,4812
Soppalco	1,4	0,6	2	est	1,68	1	0,92	1	1	0,92	0,25	0,3864
	1,6	1,1	1	est	1,76	1	0,92	1	1	0,92	0,25	0,4048
somma fattori di riduzione pesati					9,63							
somma superfici vetrate					40,58							
fattore di ombreggiatura					0,234							

Tab 13_ calcolo del fattore di ombreggiatura delle aperture dell'edificio

adimensionale	Punti
<0,50	-1
0,382	0
0,308	1
0,234	2
0,159	3
0,085	4
0,011	5
peso del criterio	50%

REQUISITO 1.3.2_ INERZIA TERMICA

Esigenza: mantenere condizioni di comfort termico negli ambienti interni nel periodo estivo, evitando il surriscaldamento dell'aria

Indicatore di prestazione: coefficiente di sfasamento (Δt) e fattore di attenuazione (f) dell'onda termica

Unità di misura: ore (h) e adimensionale

Riferimenti legislativi: L. 09/01/91 n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"; D.Lgs 19/08/05 n.192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; D.Lgs 29/12/06 n.311 "Disposizioni correttive e integrative al D.Lgs 19/08/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia". UNI EN 13786 "Prestazione termica dei componenti per l'edilizia. Caratteristiche termiche dinamiche. Metodi di calcolo".

Tab 14_ parametri termici dinamici delle chiusure che compongono l'involucro

Chiusura 1_ parete in legno				
paramento		modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y_i)	[W/mq K]	3,063	[h]	2,68
ammettenza termica esterna (Y_e)	[W/mq K]	3,212	[h]	2,91
trasmissione termica periodica ($Y_{p,i}$)	[W/mq K]	0,109	[h]	-11,28
capacità termica areica interna (k_i)	[kJ/mq K]	43,4		
capacità termica areica esterna (k_e)	[kJ/mq K]	45,4		
resistenza termica (R)	[mqK/W]	2,898		
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	0,345		
fattore di attenuazione (f)		0,315		
<hr/>				
spessore (s)	(cm)	21,5		
massa superficiale (m)	(kg/mq)	107		
sfasamento (ϕ)	(h)	11,28		

Chiusura 5_ tamponamento serrato				
paramento		modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y_i)	[W/mq K]	2,922	[h]	1,94
ammettenza termica esterna (Y_e)	[W/mq K]	3,836	[h]	2,55
trasmissione termica periodica ($Y_{p,i}$)	[W/mq K]	0,901	[h]	-5,24
capacità termica areica interna (k_i)	[kJ/mq K]	45,5		
capacità termica areica esterna (k_e)	[kJ/mq K]	59,4		
resistenza termica (R)	[mqK/W]	0,726		
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	1,378		
fattore di attenuazione (f)		0,654		
<hr/>				
spessore (s)	(cm)	14		
massa superficiale (m)	(kg/mq)	147		
sfasamento (ϕ)	(h)	5,24		

Chiusura 2_ parete in eurobrick				
paramento		modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y_i)	[W/mq K]	4,448	[h]	1,74
ammettenza termica esterna (Y_e)	[W/mq K]	6,304	[h]	2,39
trasmissione termica periodica ($Y_{p,i}$)	[W/mq K]	0,090	[h]	10,59
capacità termica areica interna (k_i)	[kJ/mq K]	62,0		
capacità termica areica esterna (k_e)	[kJ/mq K]	87,4		
resistenza termica (R)	[mqK/W]	1,566		
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	0,639		
fattore di attenuazione (f)		0,141		
<hr/>				
spessore (s)	(cm)	38		
massa superficiale (m)	(kg/mq)	564		
sfasamento (ϕ)	(h)	13,41		

Chiusura 7_ copertura a falde inclinate				
paramento		modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y_i)	[W/mq K]	2,523	[h]	2,75
ammettenza termica esterna (Y_e)	[W/mq K]	3,987	[h]	2,68
trasmissione termica periodica ($Y_{p,i}$)	[W/mq K]	0,091	[h]	11,59
capacità termica areica interna (k_i)	[kJ/mq K]	35,6		
capacità termica areica esterna (k_e)	[kJ/mq K]	55,7		
resistenza termica (R)	[mqK/W]	2,821		
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	0,354		
fattore di attenuazione (f)		0,258		
<hr/>				
spessore (s)	(cm)	21,0		
massa superficiale (m)	(kg/mq)	124		
sfasamento (ϕ)	(h)	12,41		

Chiusura 3_ parete esistente in granito				
paramento		modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y_i)	[W/mq K]	5,926	[h]	0,80
ammettenza termica esterna (Y_e)	[W/mq K]	1,421	[h]	2,91
trasmissione termica periodica ($Y_{p,i}$)	[W/mq K]	0,000	[h]	-8,77
capacità termica areica interna (k_i)	[kJ/mq K]	81,5		
capacità termica areica esterna (k_e)	[kJ/mq K]	19,5		
resistenza termica (R)	[mqK/W]	2,793		
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	0,358		
fattore di attenuazione (f)		0,001		
<hr/>				
spessore (s)	(cm)	109		
massa superficiale (m)	(kg/mq)	2480		
sfasamento (ϕ)	(h)	8,77		

Chiusura 8_ giardino pensile				
paramento		modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y_i)	[W/mq K]	2,174	[h]	1,93
ammettenza termica esterna (Y_e)	[W/mq K]	12,427	[h]	1,6
trasmissione termica periodica ($Y_{p,i}$)	[W/mq K]	0,109	[h]	10,23
capacità termica areica interna (k_i)	[kJ/mq K]	30,8		
capacità termica areica esterna (k_e)	[kJ/mq K]	171,8		
resistenza termica (R)	[mqK/W]	0,894		
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	1,118		
fattore di attenuazione (f)		0,098		
<hr/>				
spessore (s)	(cm)	43,8		
massa superficiale (m)	(kg/mq)	681		
sfasamento (ϕ)	(h)	13,77		

Chiusura 4_ parete controterra				
paramento		modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y_i)	[W/mq K]	2,395	[h]	2,05
ammettenza termica esterna (Y_e)	[W/mq K]	6,817	[h]	2,49
trasmissione termica periodica ($Y_{p,i}$)	[W/mq K]	0,002	[h]	-1,95
capacità termica areica interna (k_i)	[kJ/mq K]	32,9		
capacità termica areica esterna (k_e)	[kJ/mq K]	93,7		
resistenza termica (R)	[mqK/W]	2,473		
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	0,404		
fattore di attenuazione (f)		0,004		
<hr/>				
spessore (s)	(cm)	188,5		
massa superficiale (m)	(kg/mq)	1145		
sfasamento (ϕ)	(h)	1,95		

Chiusura 9_ solaio terrazza				
paramento		modulo		sfasamento
ammettenza termica interna (Y_i)	[W/mq K]	2,501	[h]	2,92
ammettenza termica esterna (Y_e)	[W/mq K]	5,382	[h]	1,76
trasmissione termica periodica ($Y_{p,i}$)	[W/mq K]	0,089	[h]	-11,75
capacità termica areica interna (k_i)	[kJ/mq K]	35,3		
capacità termica areica esterna (k_e)	[kJ/mq K]	75,1		
resistenza termica (R)	[mqK/W]	2,700		
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	0,370		
fattore di attenuazione (f)		0,239		
<hr/>				
spessore (s)	(cm)	27,7		
massa superficiale (m)	(kg/mq)	245		
sfasamento (ϕ)	(h)	11,75		

Chiusura 10_copertura serra			
paramento		modulo	sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	[W/mq K]	1,231	(h) 2,40
ammettenza termica esterna (Y _e)	[W/mq K]	3,356	(h) 4,06
trasmissione termica periodica (Y _p)	[W/mq K]	0,538	(h) -4,09
capacità termica areica interna (k _i)	[kJ/mq K]	19,3	
capacità termica areica esterna (k _e)	[kJ/mq K]	50,5	
resistenza termica (R)	[mqK/W]	1,531	
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	0,653	
fattore di attenuazione (f)		0,824	
spessore (s)			
	(cm)	7,1	
massa superficiale (m)			
	(kg/mq)	75	
sfasamento (φ)			
	(h)	4,09	

Chiusura 11_solajo controterra			
paramento		modulo	sfasamento
ammettenza termica interna (Y _i)	[W/mq K]	3,250	(h) 1,04
ammettenza termica esterna (Y _e)	[W/mq K]	7,764	(h) 1,76
trasmissione termica periodica (Y _p)	[W/mq K]	0,004	(h) 0,7
capacità termica areica interna (k _i)	[kJ/mq K]	44,6	
capacità termica areica esterna (k _e)	[kJ/mq K]	106,7	
resistenza termica (R)	[mqK/W]	3,061	
trasmissione termica (U)	[W/mqK]	0,327	
fattore di attenuazione (f)		0,013	
spessore (s)			
	(cm)	67,9	
massa superficiale (m)			
	(kg/mq)	985	
sfasamento (φ)			
	(h)	23,30	

Per la verifica del criterio è stato calcolato il coefficiente di sfasamento e il coefficiente di attenuazione dell'onda termica delle superfici opache, per ogni orientamento (nord escluso). Questi valori sono poi stati pesati in base all'orientamento e alla superficie, utilizzando i coefficienti riportati nella tabella.

coefficiente di sfasamento (h)	superficie chiusure	fattore di attenuazione (a)	peso	(h)*S*peso	S*peso	(a)*S*peso	S*peso
11,28	67	0,315	0,15	113,36	10,05	3,16	10,05
13,41	90	0,141	0,15	181,03	13,5	1,90	13,5
17,29	43	0,085	0,15	111,52	6,45	0,54	6,45
5,24	8,6	0,654	0,15	6,75	1,29	0,84	1,29
15,73	197	0,066	0,25	774,70	49,25	3,25	49,25
5,24	8,6	0,654	0,25	11,26	2,15	1,40	2,15
5,24	8,6	0,654	0,15	6,75	1,29	0,84	1,29
13,41	24	0,141	0,15	48,27	3,6	0,50	3,6
12,41	124	0,258	0,4	615,53	49,6	12,79	49,6
13,77	18	0,098	0,4	99,14	7,2	0,70	7,2
11,75	20	0,239	0,4	94	8	1,91	8
4,09	48	0,824	0,4	78,52	19,2	15,82	19,2
23,3	214	0,013	0,4	1994,48	85,6	1,11	85,6
13,41	37	0,141	0,05	24,80	1,85	0,26	1,85
sommatorie				4160,18	259,03	45,08	259,03
coefficiente di sfasamento							16,06
fattore di attenuazione							0,17

esposizione	peso
verticale OVEST	0,25
verticale EST/SUD	0,15
verticale NORD	0,05
orizzontale	0,40

Tab 15_ parametri termici dinamici delle chiusure che compongono l'involucro

L'inerzia termica di un materiale descrive l'attitudine ad accumulare calore e a cederlo successivamente all'ambiente circostante. Tanto più la capacità termica è elevata tanto meno cambiano le temperature dell'ambiente interno al variare delle temperature esterne. In termini di grandezza termofisica essa è rappresentata dal calore specifico che indica la quantità di calore che 1mc di materiale può accumulare aumentando di un grado la sua temperatura. L'inerzia termica è influenzata quindi dal calore specifico dei diversi materiali, dalla massa e dalla disposizione degli strati. In una muratura a strati, conviene sempre disporre gli strati a massa maggiore verso l'interno, cioè verso le zone di maggiore temperature e lo strato isolante verso l'esterno. Nel caso in esame si ottengono valori molto buoni di sfasamento a causa degli elevati valori della massa per quanto riguarda la parete in granito, e del calore specifico degli isolanti (sughero e fibra di legno) inseriti nelle pareti leggere in legno. Il fattore di attenuazione è anch'esso buono per gli stessi motivi elencati sopra.

Coefficiente di sfasamento (h)	Fattore di attenuazione (-)	Punti
<8	>0,35	-1
8	0,35	0
9	0,25	1
10	0,2	2
11	0,27	3
12	0,15	4
>12	<0,15	5
peso del criterio		50%

REQUISITO 1.4. ILLUMINAZIONE NATURALE

Esigenza: ottimizzazione dello sfruttamento della luce naturale ai fini del risparmio energetico e del comfort visivo

Indicatore di prestazione: fattore medio di luce diurna (FLD_m)

Unità di misura: %

Riferimenti legislativi: Circolare Min. LLPP n.3151 del 22/05/67; DM 27/07/05 Norma concernente il regolamento d'attuazione della Legge 9/01/91 n.10 recante "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"; UNI EN ISO 10840 "Luce e illuminazione. Locali scolastici. Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale".

	dimensioni finestre		numero	rientro muro p [m]	dimensioni ambiente			superficie totale ambiente [mq]	coefficiente trasparenza vetro	fattore finestra t	fattore riduzione del fattore finestra			fattore medio di riflessione	FLD ambienti	FLD pesati rispetto alle aree ambienti [mq]	aree ambienti [mq]	
	larghezza L [m]	altezza h [m]			larghezza [m]	profondità [m]	altezza [m]				L/p	h/p	ψ					
Piano terra	1,2	1,4	1	0,3	14,3	5	2,7	247,22	0,85	0,5	4	5	0,9	0,5	0,0052	0,3717	71,50	
	0,8	1	1	0,3	14,3	5	2,7		0,85	0,5	3	3	0,7	0,5	0,0019	0,1377		
	1,5	0,6	2	0,3	6,9	6,9	2,7	169,74	0,85	0,25	5	2	0,7	0,45	0,0029	0,1365	47,61	
	1,7	0,6	2	0,3	6,9	6,9	2,7		0,85	0,25	6	2	0,7	0,45	0,0033	0,1548		
	2,1	0,6	2	0,3	6,9	6,9	2,7		0,85	0,25	7	2	0,7	0,45	0,0040	0,1912		
	1,2	1,8	2	0,3	14,3	5	2,7	247,22	0,85	0,35	4	6	0,9	0,5	0,0094	0,6691	71,50	
	1,6	1,8	2	0,3	14,3	5	2,7		0,85	0,35	5	6	0,9	0,5	0,0125	0,8921		
	1,15	1,8	2	0,3	14,3	5	2,7		0,85	0,35	4	6	0,9	0,5	0,0090	0,6412		
Primo piano	1	2,1	18	0	6,9	6,9	2,7		0,85	1	0	0	1	0,4	0,3155	15,0201		
	0,8	1,2	1	0,3	4	5	2,7	88,6	0,85	0,5	3	4	0,8	0,45	0,0067	0,1340	20,00	
	1,4	2,3	1	0,3	4	5	2,7		0,85	0,25	5	8	0,9	0,45	0,0126	0,2527		
	1,4	2,3	1	0,3	4	5,5	2,7	95,3	0,85	0,25	5	8	0,9	0,45	0,0117	0,2585	22,00	
	1,6	2,3	1	0,3	6	4,5	2,7	110,7	0,85	0,5	5	8	0,9	0,45	0,0231	0,6242	27,00	
	1,6	2,3	1	0,3	6	4,5	2,7		0,85	0,5	5	8	0,9	0,45	0,0231	0,6242		
	0,8	2,3	1	0,3	6	4,5	2,7		0,85	0,5	3	8	0,9	0,45	0,0116	0,3121		
	1,3	2,3	1	0,3	4	1,8	2,7	45,72	0,85	0,5	4	8	0,9	0,45	0,0455	0,3275	7,20	
S o p - palco	0,8	2,3	1	0,3	4	1,8	2,7		0,85	0,5	3	8	0,9	0,45	0,0280	0,2015		
	1,6	1,2	1	0,3	14,3	2,5	2,15	143,74	0,85	0,25	5	4	0,9	0,45	0,0041	0,1471	35,75	
somma FLD pesati rispetto alle aree								21,0961										
somma delle aree ambienti [mq]								302,56										
FLD medio %								6,97										

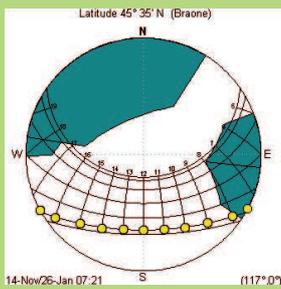
Tab 16_ calcolo del fattore medio di luce diurna

Il fattore medio di luce diurna dipende dal coefficiente di trasparenza del vetro e dall'incidenza del serramento sulla superficie della finestra; inoltre dipende dal fattore finestra, inteso come rapporto tra illuminamento della finestra e radianza del cielo, dal coefficiente che tiene conto dell'arretramento del piano della finestra rispetto al filo esterno della facciata, dal coefficiente medio di riflessione luminosa delle superfici interne che delimitano lo spazio.

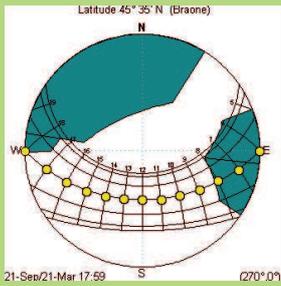
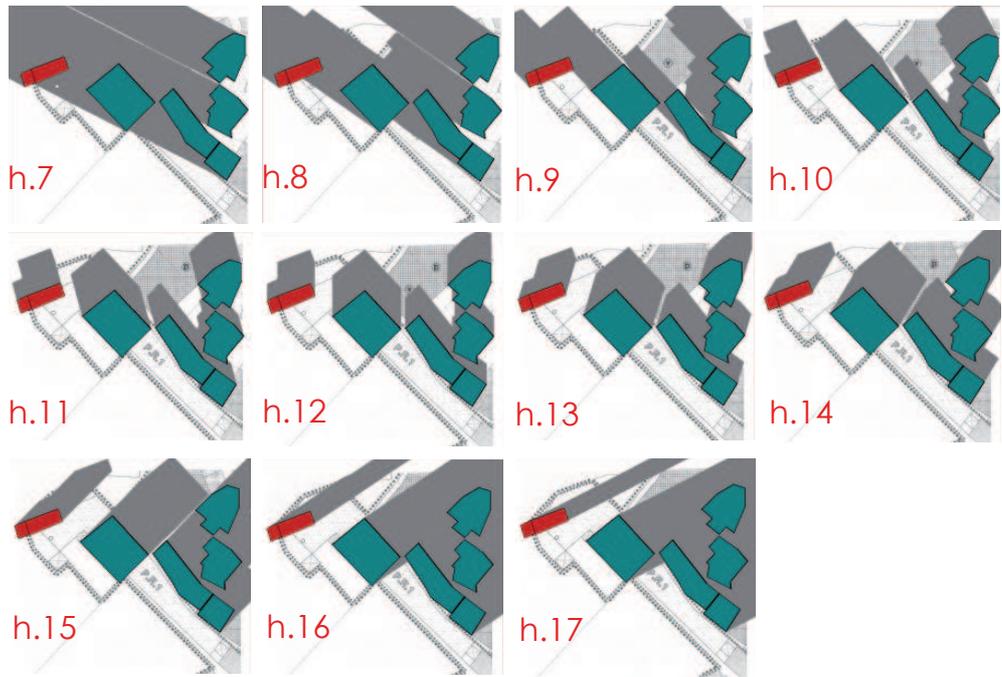
Il valore che si ottiene è molto alto a causa delle ampie superfici vetrate presenti e dell'elevato coefficiente di trasmissione luminosa dei vetrocamera utilizzati. Inoltre le superfici interne degli ambienti sono trattate con colori chiari che incrementano il contributo di illuminazione dovuto alla riflessione interna.

%	Punti
<2	-1
2	0
2,5	1
3	2
3,5	3
4	4
4,5	5
peso del criterio	5%

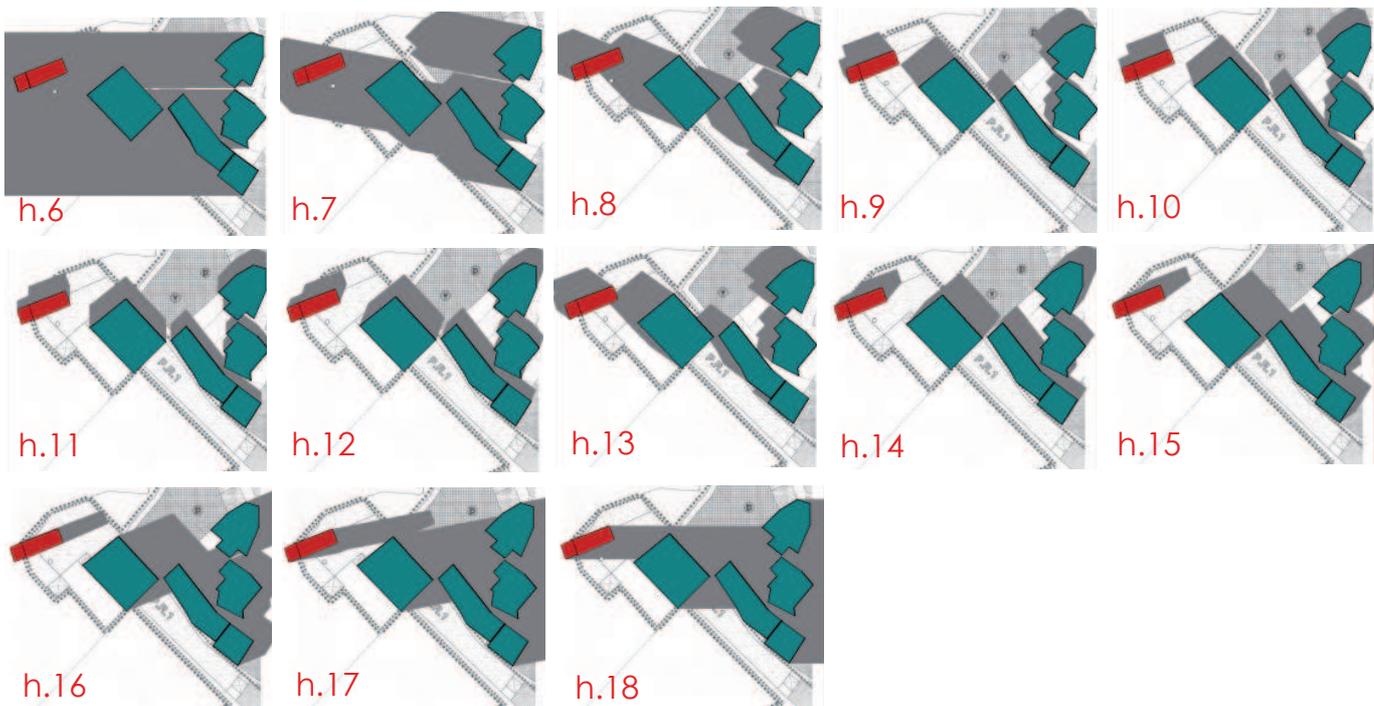
$$FLD_m = \frac{t \cdot A \cdot \varepsilon \cdot \psi}{S \cdot (1 - r_m)}$$

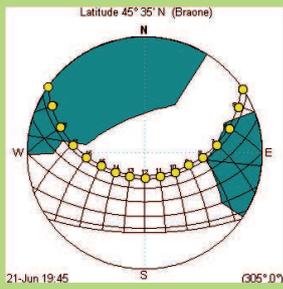


21 DICEMBRE
Andamento delle ombre prodotte dagli edifici circostanti l'area in esame. Si nota come la facciata esposta a sud-est sia completamente libera da ombre, per sfruttare l'apporto solare.



21 MARZO - 21 SETTEMBRE
Andamento delle ombre prodotte dagli edifici circostanti l'area in esame. Si nota come a partire dalle prime ore del mattino la facciata esposta a sud-est sia completamente libera da ombre, in questo modo si sfrutta pienamente l'apporto solare nelle stagioni intermedie.





21 GIUGNO

Andamento delle ombre proiettate dagli edifici circostanti l'area in esame. Si nota come la facciata esposta a sud-est sia completamente libera da ombre, in questo modo è fondamentale prevedere l'utilizzo di schermature che evitino il surriscaldamento per le finestrate e per la serra.

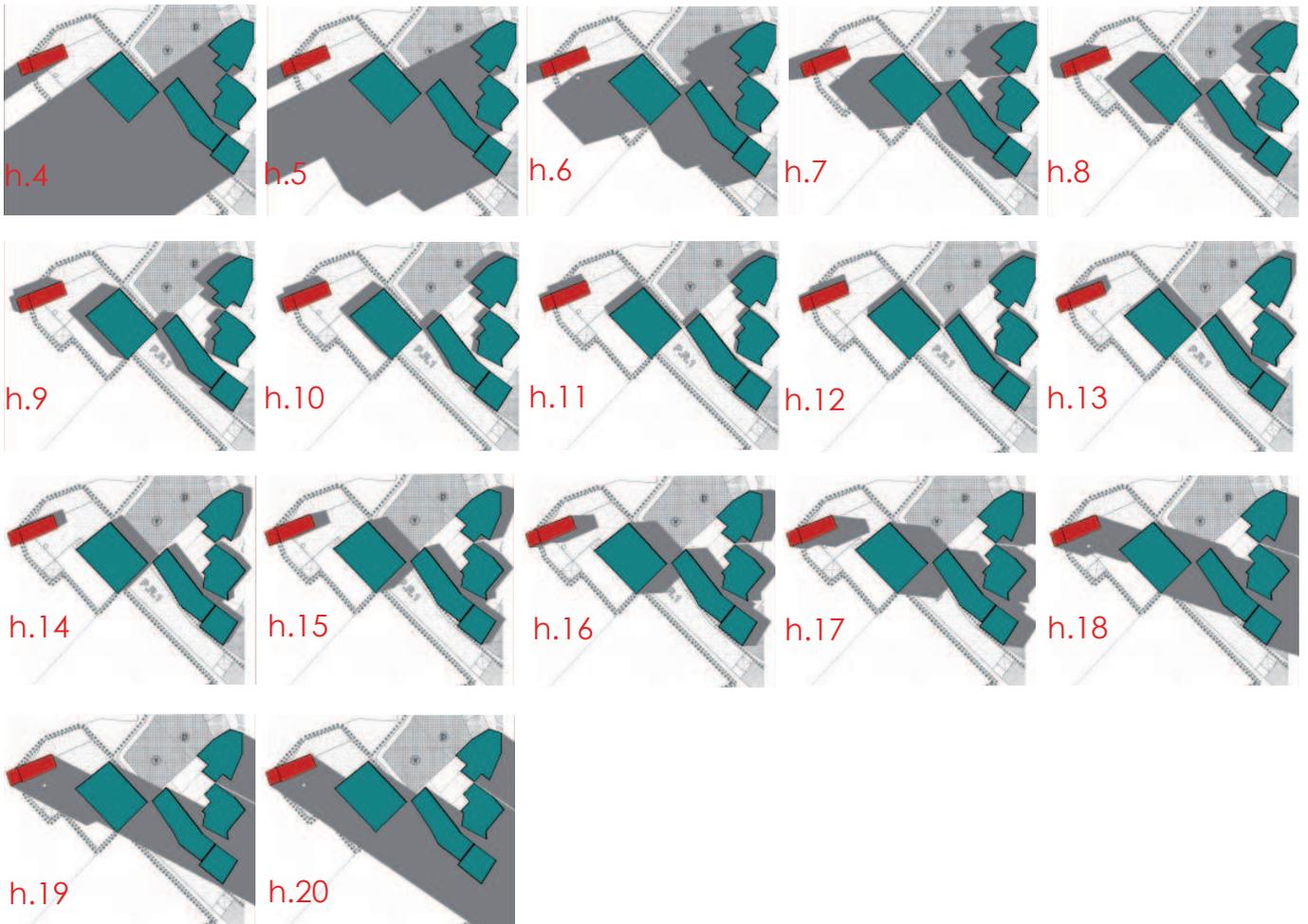


Fig 16,17,18_ studio delle ombre

REQUISITO 1.5. ENERGIA ELETTRICA

Esigenza: diminuzione dei consumi annuali di energia elettrica dell'edificio

Indicatore di prestazione: percentuale del fabbisogno medio annuale di energia elettrica soddisfatto con energie rinnovabili

Unità di misura: % (kWh / kWh)

Riferimenti legislativi: DIR 2001/77/CE sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

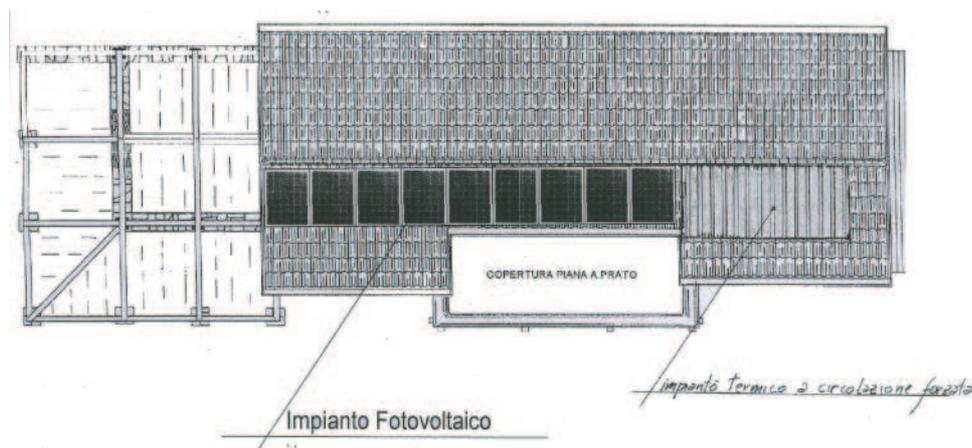


Fig 19_ indicazione sulla pianta delle coperture del posizionamento dell'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica

Il progetto prevede l'inserimento di un impianto fotovoltaico posto sulla falda esposta a est della copertura. L'impianto è composto da 32 moduli fotovoltaici in silicio multicristallino che coprono una superficie pari a 21,4 mq. La potenza è pari a 2kW_p. L'efficienza dei pannelli è pari al 12,5% e quella del BOS è pari all'85%, quindi l'efficienza tootale è pari al 10,62%.

Per la verifica del criterio si è calcolato il fabbisogno medio annuo di energia elettrica, assumendo un consumo pari a 200 kWh/mq anno. Si è poi calcolata la quantità di energia elettrica annua prodotta da fonte rinnovabile e la percentuale del fabbisogno coperta.

Fabbisogno medio annuo di energia elettrica = 7100 kWh/anno

Radiazione incidente = 1186 kWh/mq anno

Radiazione incidente utile = 1328,61 kWh/mq anno

Energia prodotta = 3020,94 kWh/anno

Percentuale del fabbisogno coperto dall'impianto = 42,55%

% (kWh/kWh)	Punti
<16	-1
16	0
19	1
22	2
25	3
28	4
31	5
peso del criterio	10%

REQUISITO 1.6.1 USO DI MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI

Esigenza: ridurre il consumo di materie prime non rinnovabili

Indicatore di prestazione: percentuale dei materiali provenienti da fonti rinnovabili che sono stati utilizzati nell'intervento

Unità di misura: % (kg / kg)

Trattandosi di un progetto di recupero, è lecito suddividere i quantitativi di materiali impiegati per la realizzazione in due categorie:

- materiali "nuovi"
- materiali recuperati

In base a questa divisione è stata calcolata la percentuale di materiali provenienti da fonti rinnovabili, sia rispetto al totale dei materiali utilizzo, sia rispetto al totale dei materiali di nuovo utilizzo. La percentuale che si ottiene è nel primo caso molto bassa e pari al 5,7%, nel secondo caso invece è pari a circa il 14%.

Questi dati sono facilmente spiegabili con il fatto che il dato calcolato sul totale dei materiali impiegati per la costruzione è falsato dalla notevolissima quantità di granito utilizzato per la parete a ovest; si tratta però di un materiale non di nuova estrazione ma di recupero perchè proveniente dall'edificio precedente. Si è ritenuto quindi opportuno utilizzare la seconda percentuale per il calcolo del punteggio da assegnare all'indicatore.

Si tratta di materiali di origine naturale, quali il legno, la carta di cellulosa e il sughero.

Di seguito si riportano alcune brevi descrizioni che spiegano l'origine, il processo di produzione e il fine vita dei materiali provenienti da fonti rinnovabili utilizzati.

LEGNO

La caratteristica di compatibilità ambientale del legno viene facilmente meno se non si valutano alcuni fattori determinanti legati alla produzione e alla lavorazione del legname. I fattori legati alla lavorazione sono quelli relativi al taglio, all'essiccazione e all'eventuale protezione.

Rispetto all'origine del legname va detto che va sempre evitato l'utilizzo di legname proveniente da foreste primarie, la cui formazione ha richiesto millenni di evoluzione e che rischia di distruggersi per sempre a causa del suo sfruttamento intensivo. La provenienza migliore è quella locale nazionale o europea e da foreste a gestione sostenibile e a coltivazione controllata.

SUGHERO

Il sughero viene prodotto dalla corteccia della quercia da sughero. Questa pianta ha la particolarità di produrre una corteccia composta da un tessuto cellulare spugnoso, morbido e resinoso costituito da milioni di alveoli che si stratificano lentamente. La corteccia, una volta asportata, si riproduce nell'arco di 10 anni.

Il sughero è riutilizzabile, riciclabile e compostabile.

Per molti usi il sughero riciclato presenta le stesse prestazioni del sughero vergine.

CARTA OLEATA

E' composta da fibre di cellulosa, impregnata con olio di vasellina, al fine di renderla idrorepellente.

% (kg/kg)	Punti
-	-1
0	0
10	1
20	2
30	3
40	4
50	5
peso del criterio	60%

	kg	%	
LEGNO	33102,9625	Materiali provenienti da FONTI RINNOVABILI 5,7	Materiali provenienti da FONTI NON RINNOVABILI 94,3
SEGATURA	4650		
FIBRA LEGNO	1442,4		
CARTA OLEATA	0,011408		
SUGHERO PAN	338,52		
SUGHERO GRAN	12511,8		
ACCIAIO	421,2		
GHIAIA	20982		
SABBIA	1080		
TERRA	9180		
GRANITO	617184,36		
PIGNATTE	8658,9		
BLOCCO ARGILLA	41369,6		
TERRA CRUDA	1728		
VETRO	3967,8		
MALTA CALCE SAB	5494,4		
MALTA CALCE CEM	9964,04		
TEGOLE	5208		
MATTONI PIENI	3792,19968		
CLS	79248		
CLS POZZOL	51312		
INTONACO	3878,4		

Tab 17_Percentuali calcolate sul totale dei materiali impiegati per la costruzione (strutture esclu-

	kg	%		
LEGNO	33102,9625	Materiali provenienti da RECUPERO / RICICLO 73,7		
SEGATURA	4650			
FIBRA LEGNO	1442,4			
CARTA OLEATA	0,011408			
SUGHERO PAN	338,52			
SUGHERO GRAN	12511,8			
ACCIAIO	421,2			
GHIAIA	20982			
SABBIA	1080			
TERRA	9180			
GRANITO	617184,36			
PIGNATTE	8658,9	Materiali provenienti da MATERIA PRIMA 26,3	Materiali provenienti da FONTI RINNOVABILI 13,9	Materiali provenienti da FONTI NON RINNOVABILI 86,1
BLOCCO ARGILLA	41369,6			
TERRA CRUDA	1728			
VETRO	3967,8			
MALTA CALCE SAB	5494,4			
MALTA CALCE CEM	9964,04			
TEGOLE	5208			
MATTONI PIENI	3792,19968			
CLS	79248			
CLS POZZOL	51312			
INTONACO	3878,4			

Tab 18_Percentuali calcolate sul totale dei materiali provenienti da materia prima (strutture

REQUISITO 1.6.2 USO DI MATERIALI RICICLATI / DI RECUPERO

Esigenza: favorire l'impiego di materiali riciclati e/o di recupero per diminuire il consumo di nuove risorse

Indicatore di prestazione: percentuale dei materiali riciclati / di recupero che sono stati utilizzati nell'intervento

Per quanto riguarda i materiali riciclati o di recupero utilizzati all'interno del progetto, si ottiene una percentuale alta rispetto al peso complessivo dei materiali impiegati, proprio perchè la filosofia che ha guidato tutte le scelte progettuali è quella del recupero.

Il granito proviene dalla demolizione del fronte est dell'edificio, i trucioli di legno impiegati come isolante sono frutto della lavorazione di una parte del legname recuperato dell'edificio esistente che era per l'appunto una segheria, il sughero, utilizzato per l'isolamento proviene dalla raccolta effettuata nei tre anni precedenti l'inizio dei lavori. Le Tegole della copertura a falde derivano dal recupero della copertura esistente.

L'acciaio utilizzato per le armature delle pareti controterra e per la lastra del giardino pensile è interamente riciclato; i mattoni in terra cruda sono stati realizzati utilizzando il terreno proveniente dallo sterro.

Anche i pannelli in fibra di legno utilizzati per l'isolamento della parete verticale est provengono dal riciclaggio.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle caratteristiche di alcuni di questi materiali.

FIBRA DI LEGNO

Per ottenere pannelli in fibra di legno vengono normalmente utilizzati scarti di legno da lavorazioni. Le fibre del legno vengono semplicemente sminuzzate e successivamente impastate con acqua calda e solfato di alluminio che attiva le proprietà leganti della resina naturale propria del legno (lignina), senza aggiungere ulteriori leganti.

L'impasto viene poi steso in apposite forme, sottoposto a compressione in base alla densità voluta ed essiccato in appositi forni. Il consumo di energia per la produzione dei pannelli è abbastanza ridotto.

La materia prima di cui sono formati è quindi rigenerabile e disponibile in misura praticamente illimitata.

I pannelli privi di leganti e non bitumati sono biodegradabili, possono essere inceneriti ed eventualmente anche riutilizzati (si possono compostare).

ACCIAIO

L'utilizzo dell'acciaio va ridotto a funzioni pertinenti alle sue proprietà in quanto nel processo produttivo viene richiesto un dispendio energetico notevole e le attività minerarie hanno un notevole impatto ambientale.

Gli impatti ambientali legati alla produzione di acciaio, riguardano anche i trattamenti superficiali cui il materiale viene sottoposto per migliorarne le caratteristiche meccaniche, estetiche e funzionali.

L'acciaio viene comunemente recuperato e riutilizzato, in molti casi però in relazione al tipo di applicazione del materiale il recupero del materiale risulta difficile e oneroso.

% (kg/kg)	Punti
-	-1
0	0
6	1
12	2
18	3
24	4
30	5
peso del criterio	40%

TERRA CRUDA

L'intero ciclo produttivo della terra cruda è a basso impatto ambientale in tutte le sue fasi principali:

- l'estrazione può avvenire sfruttando terreni di scavo di fondazioni;
- la preparazione del materiale non prevede l'aggiunta di altri elementi che non siano naturali (sabbia, paglia) e le lavorazioni non richiedono l'utilizzo di macchinari né di cottura;
- alla fine del ciclo di vita il materiale inumidito può essere riutilizzato o restituito all'ambiente a fini agricoli, chiudendo totalmente il ciclo produttivo.

	kg	%
LEGNO	33102,9625	Materiali provenienti da RECUPERO / RICICLO 73,7
SEGATURA	4650	
FIBRA LEGNO	1442,4	
CARTA OLEATA	0,011408	
SUGHERO PAN	338,52	
SUGHERO GRAN	12511,8	
ACCIAIO	421,2	
GHIAIA	20982	
SABBIA	1080	
TERRA	9180	
GRANITO	617184,36	
PIGNATTE	8658,9	Materiali provenienti da MATERIA PRIMA 26,3
BLOCCO ARGILLA	41369,6	
TERRA CRUDA	1728	
VETRO	3967,8	
MALTA CALCE SAB	5494,4	
MALTA CALCE CEM	9964,04	
TEGOLE	5208	
MATTONI PIENI	3792,19968	
CLS	79248	
CLS POZZOL	51312	
INTONACO	3878,4	

Tab 19_Percentuali calcolate sul totale dei materiali impiegati per la costruzione (strutture esclu-

	Materiale	Messa in opera a umido	Messa in opera a secco	Tecnologia di messa in opera
Chiusure verticali	assito		•	inchiodato
	montante orizzontale e verticale		•	inchiodato
	segatura in trucioli e calce idraulica		•	impastato, insufflato nell'intercapedine e costipato
	pannelli in fibra di legno		•	tagliato e incastrato
	carta oleata		•	steso
	scandole in larice		•	inchiodato
	intonaco	•		steso
	blocco in argilla (tavolato)	•		collegato con giunti di malta
	isolante in sughero (pannelli)		•	tassellato
	paramento in granito	•		collegato con giunti di malta
	terra cruda in mattoni	•		impilati senza giunti di malta
	pignatte in cotto		•	impilate senza giunti di malta
	calcestruzzo armato pozzolanico	•		gettato in opera
	mattoni pieni	•		collegato con giunti di malta
	sughero in granuli		•	impastato, insufflato nell'intercapedine e costipato
	vetro camera (6-9-6 mm)		•	assemblato e fissato con mastice naturale
	serramento legno larice		•	avvitato
Chiusure orizzontali	assito		•	inchiodato
	sughero riciclato e calce idraulica		•	impastato, steso e livellato
	doppio listone		•	inchiodato
	tegola marsigliese in cotto		•	appoggiato e fissato meccanicamente
	lamiera acciaio		•	avvitato
	terra vegetale		•	steso e livellato
	ghiaia		•	steso e livellato
	sabbia		•	steso e livellato
	carta oleata		•	steso
	segatura in trucioli e calce idraulica		•	impastato, steso e livellato
	cls per inclusione impianto riscaldamento	•		gettato in opera
	pavimento in larice		•	inchiodato
	vetro camera (6-9-6 mm)		•	assemblato e fissato con mastice naturale
	serramento legno larice		•	avvitato
	mattoni pieni	•		collegato con giunti di malta
	traversi	•		appoggiati su uno strato di malta

Tab 20_ modalità di messa in opera dei singoli componenti che costituiscono l'involucro

	Materiale	Disassemblaggio (ricostruzione dell'edificio)	Reversibilità e smontaggio (recupero dei componenti)	Demolizione selettiva (riciclabilità dei materiali, recupero energetico)	Demolizione collettiva (conferimento in discarica)
Chiusure verticali	assito		•		
	montante orizzontale e verticale		•		
	segatura in trucioli e calce idraulica		•		
	pannelli in fibra di legno		•		
	carta oleata			•	
	scandole in larice	•			
	intonaco				•
	blocco in argilla (tavolato)			•	
	isolante in sughero (pannelli)			•	
	malta di calce e sabbia				•
	terra cruda in mattoni			•	
	pignatte in cotto			•	
	calcestruzzo armato pozzolanicco			•	
	mattoni pieni			•	
	sughero in granuli		•		
	vetro camera (6-9-6 mm)	•			
	serramento legno larice	•			
Chiusure orizzontali	assito		•		
	sughero riciclato e calce idraulica		•		
	doppio listone		•		
	tegola marsigliese in cotto	•			
	lamiera acciaio			•	
	terra vegetale		•		
	ghiaia		•		
	sabbia		•		
	carta oleata			•	
	segatura in trucioli e calce idraulica		•		
	cls per inclusione impianto riscaldamento			•	
	pavimento in larice		•		
	vetro camera (6-9-6 mm)	•			
	serramento legno larice	•			
	mattoni pieni			•	
	traversi			•	
	malta di calce e sabbia				•

Tab 21_ modalità di dismissione dell'edificio

Di fondamentale importanza sono gli aspetti legati alle attività di adeguamento, manutenzione e riqualificazione dell'edificio che comportano una serie di impatti ambientali a volte di notevole consistenza. Punto di partenza è la consapevolezza che proprio una lunga durata dell'edificio e dei suoi componenti permette di "diluire" nel tempo gli impatti generati nelle fasi di produzione e costruzione dell'edificio e evita nuovi impatti legati alla produzione di nuovi prodotti; si può infatti affermare che la durata nel tempo è l'aspetto che ha maggiore incidenza sulla riduzione degli impatti ambientali.

L'adeguatezza delle scelte tecnico-costruttive dipende quindi dal tempo previsto d'uso e dalle condizioni d'utilizzo dell'edificio. Allo stesso tempo però il mercato dei prodotti edili crea prodotti sempre più innovativi ed efficienti dal punto di vista energetico e sollecita i costruttori ad un ricambio continuo con l'obiettivo del contenimento dei consumi; la tendenza alla sostituzione delle parti "energivore" dell'edificio ha però un costo ambientale per i rifiuti generati e le nuove risorse (energia e materie prime) utilizzate. Sicuramente i prodotti garantiscono durate diverse a seconda della loro qualità e quindi nell'ottica del ciclo di vita, i prodotti di qualità elevata garantiscono una riduzione dei costi ambientali.

Per quanto riguarda gli edifici adibiti a residenza, si ipotizza un tempo d'uso di 50 anni.

		Materiale	Fine vita		
Chiusure verticali	Chiusura 1_parete in legno	assito in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		assito in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		montante orizzontale e verticale in legno	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		segatura in trucioli e calce idraulica	riciclo	aspirato e nuovamente insufflato	
		assito in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		montante orizzontale e verticale in legno	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		pannelli in fibra di legno	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		carta oleata	riciclo	compostaggio	
	Chiusura 2_parete in eurobrick	scandole in larice	riciclo	recuperato e riutilizzato	
		intonaco a base di calce	discarica	conferito in discarica	
		blocco in argilla (tavolato)	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo	
		isolante in sughero (pannelli)	riciclo	riciclaggio	
		blocco in argilla (strutturale)	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo	
	Chiusura 3_parete esistente in granito	malta di calce e sabbia	discarica	conferito in discarica	
		intonaco a base di calce	discarica	conferito in discarica	
		paramento in granito	riciclo	recuperato e riutilizzato	
		malta in calce e cemento	discarica	conferito in discarica	
	Chiusura 4_parete controterra	mattoni pieni	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo	
		sughero in granuli	riciclo	aspirato e nuovamente insufflato	
		pignatte in cotto	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo	
	Chiusura 5_tamponamento della serra	cls pozzolanico	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo	
		assi legno abete	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		terra cruda in mattoni	riciclo	recuperato e riutilizzato	
		montante verticale in legno	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
	Chiusura 6_finestre	assi legno abete	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		vetro camera	riciclo	riciclaggio	
	Chiusure orizzontali	Chiusura 7_copertura a falde inclinate	serramento legno larice	riciclo	riciclato in pannelli truciolari
			assito in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari
sughero riciclato e calce idraulica			riciclo	aspirato e nuovamente insufflato	
doppio listone in legno massello			riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
assito in legno massello			riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
assito in legno massello			riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
doppio listone in legno massello			riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
assito in legno massello			riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
listone porta tegola			riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
tegola marsigliese in cotto			riciclo	recuperato e riutilizzato	
Chiusura 8_giardino pensile		pietra in acciaio riciclato	riciclo	riciclaggio	
		ghiaia	riciclo	riutilizzo	
		sabbia	riciclo	riutilizzo	
Chiusura 9_solaio terrazza		terra vegetale	riciclo	riutilizzo	
		assito in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		carta oleata	riciclo	compostaggio	
		segatura in trucioli e calce	riciclo	aspirato e nuovamente insufflato	
		doppio listone in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		assito in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		cls per inclusione impianto riscaldamento	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo	
Chiusura 10_copertura serra		pavimento in larice	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		vetro camera	riciclo	riciclaggio	
Chiusura 11_solaio controterra		serramento legno larice	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
		ghiaia	riciclo	riutilizzo	
		calcestruzzo	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo	
		mattoni pieni	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo	
		malta di calce e sabbia	discarica	conferito in discarica	
		traversi in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari	
	assito in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari		
	carta oleata	riciclo	compostaggio		
	doppio listone in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari		
	segatura in trucioli e calce	riciclo	aspirato e nuovamente insufflato		
	assito in legno massello	riciclo	riciclato in pannelli truciolari		
cls per inclusione impianto riscaldamento	riciclo	riciclato come inerte per calcestruzzo			
pavimento in larice	riciclo	riciclato in pannelli truciolari			

Tab 22_ scenari di fine vita dei componenti che costituiscono l'involucro

REQUISITO 1.7.1 CONSUMO DI ACQUA POTABILE PER IRRIGAZIONE

Esigenza: riduzione dei consumi di acqua potabile per l'irrigazione delle aree verdi

Indicatore di prestazione: volume di acqua potabile consumata annualmente rispetto alle aree irrigate

Unità di misura: (mc / mq)

Riferimenti legislativi: L. 5/01/94 n.36 Disposizioni in materia di risorse idriche; D.Lgs n.156/06.

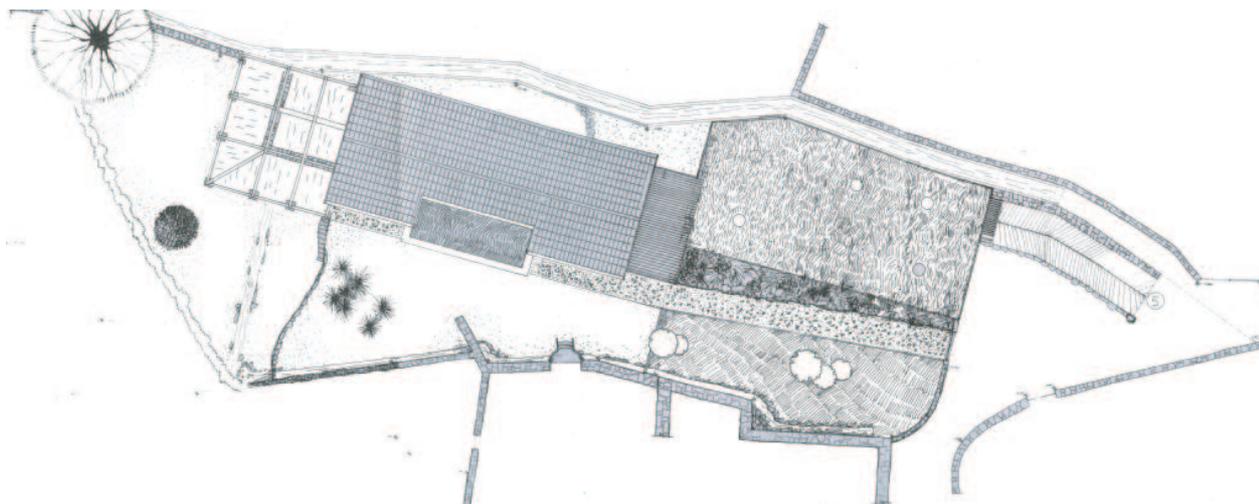


Fig 20_ planimetria delle sistemazioni esterne dell'area di pertinenza dell'edificio

Per la verifica del criterio si è calcolato il fabbisogno di acqua per irrigazione in base alle caratteristiche del terreno da irrigare e alle superfici. L'area da irrigare è quella del giardino roccioso (54 mq), della copertura verde del box (111 mq), del giardino (313 mq).

Fabbisogno acqua potabile per irrigazione = 200 litri/mq (aree verdi con terreno leggero)

Fabbisogno acqua potabile per irrigazione = 150 litri/mq (aree verdi con terreno pesante)

Fabbisogno acqua per irrigazione = 87800 litri

Totale superficie da irrigare = 224+26+63+20+111=444 mq

Rapporto tra il volume di acqua potabile utilizzato annualmente e la superficie delle aree esterne irrigate = 0,2 mc/mq.

L'edificio è dotato di un sistema di raccolta delle acque piovane che permette il riutilizzo dell'acqua per usi domestici e anche per l'irrigazione di giardino. Il fabbisogno di acqua è interamente coperto dagli apporti piovosi e dagli apporti del corso d'acqua che scorre sul lato ovest del lotto che comunica direttamente con la vasca di raccolta.

Il volume di acqua potabile utilizzato per l'irrigazione è dunque pari a zero.

mc/mq	Punti
0,48	-1
0,40	0
0,32	1
0,24	2
0,16	3
0,08	4
0	5
peso del criterio	60%

REQUISITO 1.7.2 CONSUMO DI ACQUA POTABILE PER USO INDOOR

Esigenza: riduzione dei consumi di acqua potabile all'interno dell'edificio

Indicatore di prestazione: volume di acqua potabile consumata annualmente per persona

Unità di misura: litri / persona giorno

Riferimenti legislativi: L. 5/01/94 n.36 Disposizioni in materia di risorse idriche; D.Lgs n.156/06.

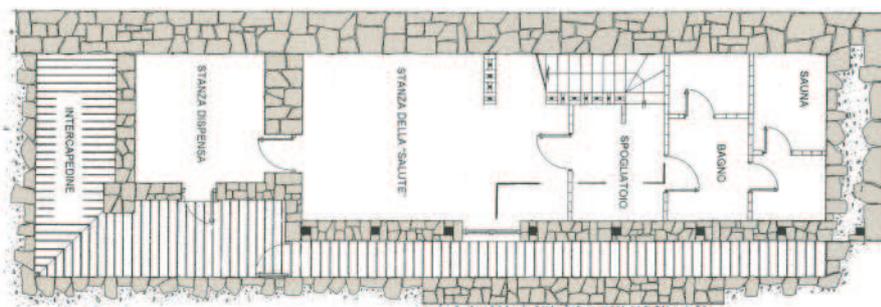


Fig 21_ planimetria del piano seminterrato

Il progetto prevede il recupero dell'acqua piovana attraverso lo scolo dei pluviali facendola confluire in un'apposita vasca di decantamento dove verrà filtrata e recuperata per i servizi dei WC al piano terra e al primo piano, per il dilavamento a pioggia della copertura di vetro della cucina-serra e per l'irrigazione del giardino.

La vasca è in acciaio austenitico con dimensioni pari a 2*1*1m.

Le superfici di raccolta dell'acqua piovana sono il tetto a falde (h=80-90%) con una superficie di 124 mq, la copertura in vetro della serra (h=80-90%) con una superficie di 48 mq. Si è quindi calcolato l'apporto di acqua piovana utilizzando l'altezza annuale delle precipitazioni (dato fornito dall'ARPA),

Apporto acqua piovana copertura falde = 80352 litri/mq anno

Apporto acqua piovana copertura serra = 27648 litri/mq anno

Totale acqua piovana raccolta = 108000 litri/mq anno

Per la verifica del criterio si è calcolato il fabbisogno di acqua potabile per usi indoor, considerando un consumo pari a 120 litri/persona giorno, di cui 24 litri/persona giorno per i WC che vengono coperti tramite il sistema di recupero dell'acqua piovana.

Fabbisogno di acqua potabile per usi indoor = 219000 litri/anno

Fabbisogno di acqua potabile per WC = 43800 litri/anno

Quantità di acqua piovana raccolta = 108000 litri/anno

Quantità di acqua potabile per dilavamento copertura serra = 64200 litri/anno

Quantità di acqua potabile netta consumata = 22200 litri/persona anno = 61 litri/persona giorno

litri/persona giorno	Punti
134	-1
120	0
106	1
92	2
78	3
64	4
50	5
peso del criterio	40%

REQUISITO 1.8.

MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO DELL'EDIFICIO

Esigenza: evitare il rischio di formazione e accumulo di condensa affinché la durabilità e l'integrità degli elementi costruttivi non venga compromessa, riducendo il consumo di risorse per le operazioni di manutenzione

Indicatore di prestazione: soddisfacimento dei requisiti contenuti nella norma UNI EN ISO 13788

Unità di misura: indicatore qualitativo

Riferimenti legislativi: L. 09/01/91 n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"; D.Lgs 19/08/05 n.192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; D.Lgs 29/12/06 n.311 "Disposizioni correttive e integrative al D.Lgs 19/08/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia".

UNI EN 13786 "Prestazione termica dei componenti per l'edizia. Caratteristiche termiche dinamiche. Metodi di calcolo".

Per la verifica del requisito si è utilizzato il metodo di Glaser attraverso il quale è possibile verificare quanto succede dal punto di vista fisico all'interno di una parete, quando, in seguito a un gradiente di pressione, una certa quantità di vapore acqueo attraversa la parete stessa.

Durante tale passaggio è infatti possibile che il vapore acqueo incontri zone in cui la pressione parziale di vapore è inferiore al relativo limite di saturazione. Ciò comporta la formazione di un fronte di condensazione con la conseguente presenza d'acqua allo stato liquido all'interno della struttura. La conseguenza dell'umidità prodotta dalla condensa è il deterioramento dei materiali che costituiscono gli elementi edilizi.

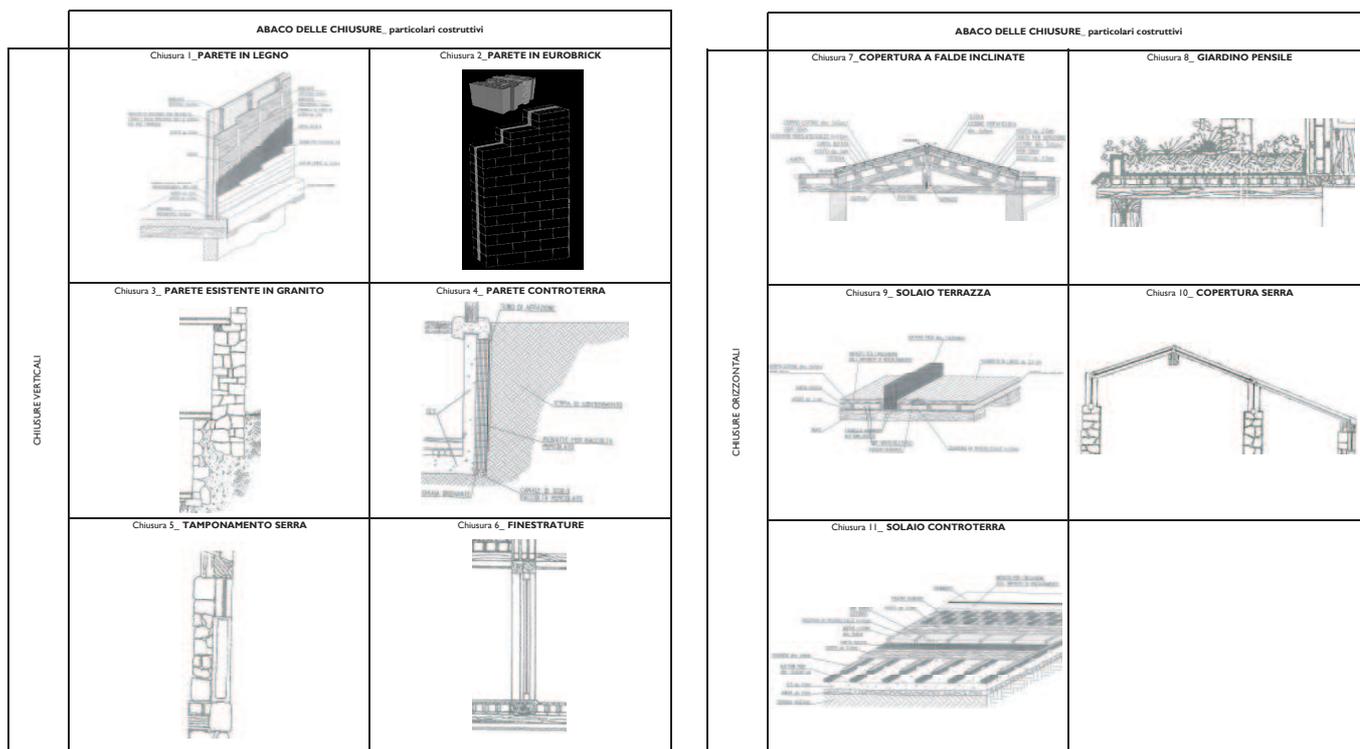
Il fenomeno può essere evitato facendo decrescere rapidamente la pressione effettiva del vapore, rimuovendo le cause che producono l'umidità o disponendo un'adeguata barriera al vapore o aumentando la pressione di saturazione mediante opportune tecniche costruttive.

La verifica è soddisfatta se non si forma condensa o se la quantità formata è inferiore al limite di accettabilità.

Per quanto riguarda le chiusure che compongono l'involucro dell'edificio in esame, si riscontra che in nessuna di esse si verifica condensazione interstiziale in nessun mese dell'anno.

Di seguito si riportano le tabelle con l'indicazione dell'andamento delle temperature, della pressione di saturazione e della pressione di vapore all'interno delle varie stratigrafie di chiusura, per ogni mese dell'anno.

	Punti
L'umidità di saturazione in corrispondenza dell'involucro edilizio è inferiore a quella prescritta dalla UNI EN ISO 13788; si verifica condensazione interstiziale non in grado di evaporare durante i mesi estivi	-1
L'umidità di saturazione in corrispondenza dell'involucro edilizio è inferiore a quella prescritta dalla UNI EN ISO 13788; si verifica condensazione interstiziale ma si prevede di smaltire la condensa per evaporazione durante i mesi estivi	0
	1
	2
L'umidità di saturazione in corrispondenza dell'involucro edilizio è inferiore a quella prescritta dalla UNI EN ISO 13788; nessuna condensazione interstiziale in nessun mese	3
	4
	5
peso del criterio	5%



Tab 23_ abaco delle chiusure_ particolari costruttivi

Per studiare il fenomeno della condensa vengono usati due parametri:

- COEFFICIENTE DI CONDUCIBILITÀ' DEL VAPORE O PERMEABILITÀ' (δ) che misura la quantità di vapore (in Kg) che attraversa lo spessore di 1m di un certo materiale su una superficie di 1mq e per una differenza unitaria di pressione di vapore.
- COEFFICIENTE DI RESISTENZA AL PASSAGGIO DEL VAPORE (μ) indica quanto la resistenza al passaggio del vapore di un certo materiale è superiore a quella dell'aria a parità di spessore e di temperatura.

Il valore di μ , e conseguentemente della densità δ è legato alla densità dei materiali. Il vapore acqueo presente in un ambiente tende a muovere da una zona in cui la pressione di vapore è più elevata ad un'altra in cui tale pressione è meno elevata.

Un diaframma (parete o solaio), che divide due ambienti a diversa temperatura e pressione, viene così attraversato da questo flusso (che di solito va dall'interno all'esterno) e passando attraverso i vari strati incontra una "resistenza" che è direttamente proporzionale allo spessore del muro e alle caratteristiche di impermeabilità del materiale e quindi al valore di " μ ".

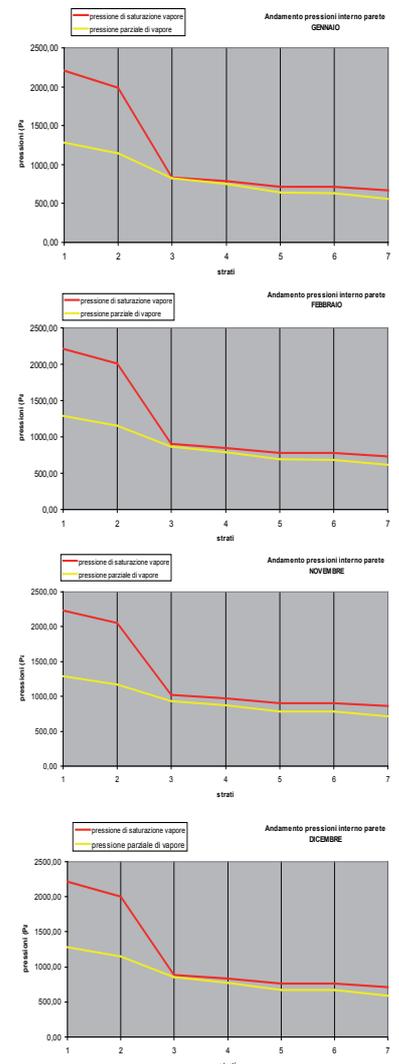
Per un corretto dimensionamento del diaframma dal punto di vista igrometrico è necessario allora conoscere la temperatura all'interno di ogni singolo strato, la pressione parziale all'interno di ogni strato, la pressione di saturazione alle varie temperature, le caratteristiche termiche dei materiali.

Di seguito si riportano le tabelle che contengono i risultati del metodo di Glaser per ogni stratigrafia e i parametri relativi ai diversi materiali impiegati; Inoltre si riporta una breve descrizione delle caratteristiche termiche e fisiche dei materiali.

Tab 24,25,26,27,28,29,30,31,32_ risultati della verifica con il metodo di Glaser per gli elementi che costituiscono l'involucro

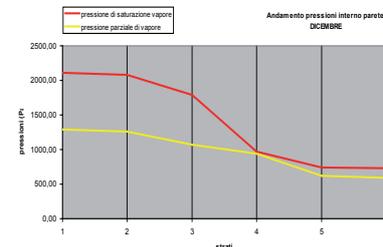
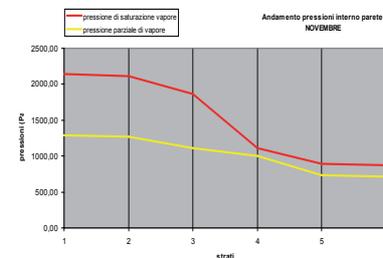
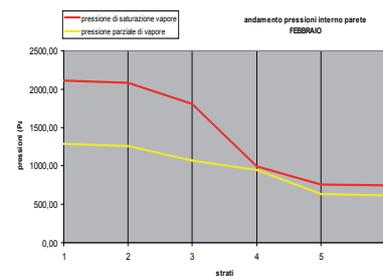
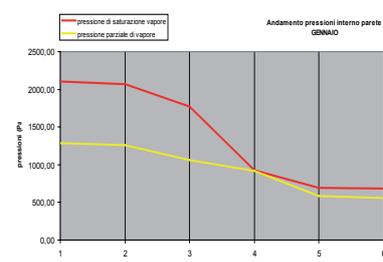
Chiusura 1_ parete in legno							
stratigrafia		s	λ	c	ρ	μ	μ
(int-est)		(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))	
1	assito in legno	0,045	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
2	segatura e calce	0,100	0,050	1600,000	200,000	4,500	43
3	assito in legno	0,025	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
4	pannelli in fibra di legno	0,020	0,100	1700,000	600,000	2,600	74
5	carta oleata	0,0002	1,000		0,160	0,643	300
6	scandole in legno	0,025	0,180	1600,000	600,000	4,500	43

Chiusura 1_ parete in legno								
		1	2	3	4	5	6	7
Gennaio	temperatura	19,07	17,44	4,40	3,50	2,19	2,19	1,29
	pressione di saturazione	2205,59	1991,20	836,12	784,48	715,07	715,00	670,05
	pressione di vapore	1285,32	1143,32	827,75	748,86	639,62	635,21	556,32
Febbraio	temperatura	19,13	17,62	5,48	4,64	3,43	3,43	2,58
	pressione di saturazione	2214,48	2013,63	901,71	850,23	780,65	780,59	735,28
	pressione di vapore	1285,32	1154,09	862,46	789,55	688,60	684,52	611,61
Marzo	temperatura	19,29	18,04	8,06	7,37	6,37	6,37	5,68
	pressione di saturazione	2235,83	2068,06	1076,87	1027,13	959,05	958,99	914,09
	pressione di vapore	1285,32	1183,70	957,87	901,41	823,24	820,08	763,62
Aprile	temperatura	19,54	18,72	12,22	11,77	11,12	11,11	10,66
	pressione di saturazione	2270,58	2158,38	1422,01	1380,28	1322,07	1322,02	1282,88
	pressione di vapore	1285,32	1245,07	1155,62	1133,26	1102,30	1101,05	1078,68
Maggio	temperatura	19,67	19,10	14,54	14,23	13,77	13,77	13,45
	pressione di saturazione	2290,24	2210,47	1655,00	1621,44	1574,16	1574,11	1542,00
	pressione di vapore	1285,32	1288,37	1295,16	1296,85	1299,20	1299,29	1300,99
Giugno	temperatura	19,91	19,74	18,41	18,32	18,19	18,19	18,09
	pressione di saturazione	2323,26	2299,47	2116,70	2104,49	2087,02	2087,01	2074,95
	pressione di vapore	1285,32	1377,79	1583,28	1634,65	1705,78	1708,66	1760,03
Luglio	temperatura	19,99	19,97	19,80	19,79	19,78	19,78	19,76
	pressione di saturazione	2335,25	2332,29	2308,66	2307,03	2304,68	2304,68	2303,05
	pressione di vapore	1285,32	1416,18	1706,97	1779,67	1880,32	1884,39	1957,09
Agosto	temperatura	20,00	19,99	19,94	19,94	19,93	19,93	19,93
	pressione di saturazione	2336,46	2335,59	2328,67	2328,19	2327,50	2327,50	2327,02
	pressione di vapore	1285,32	1420,22	1719,98	1794,92	1898,68	1902,88	1977,82
Settembre	temperatura	19,58	18,85	13,02	12,61	12,03	12,03	11,63
	pressione di saturazione	2277,35	2176,23	1498,93	1459,67	1404,73	1404,67	1367,60
	pressione di vapore	1285,32	1259,21	1201,20	1186,69	1166,61	1165,80	1151,29
Ottobre	temperatura	19,54	18,74	12,34	11,90	11,26	11,25	10,81
	pressione di saturazione	2271,61	2161,11	1433,56	1392,18	1334,44	1334,39	1295,54
	pressione di vapore	1285,32	1247,18	1162,43	1141,24	1111,90	1110,72	1089,53
Novembre	temperatura	19,25	17,92	7,36	6,63	5,57	5,57	4,83
	pressione di saturazione	2229,99	2053,08	1026,30	975,88	907,10	907,03	861,82
	pressione di vapore	1285,32	1175,03	929,95	868,67	783,83	780,41	719,13
Dicembre	temperatura	19,11	17,56	5,15	4,29	3,04	3,04	2,18
	pressione di saturazione	2211,72	2006,64	880,86	829,30	759,74	759,67	714,44
	pressione di vapore	1285,32	1150,65	851,37	776,55	672,95	668,76	593,94



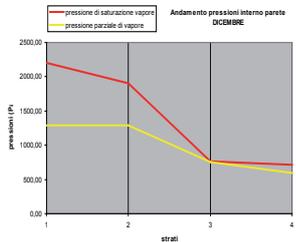
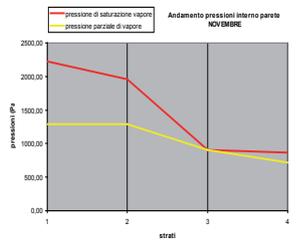
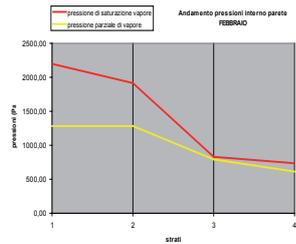
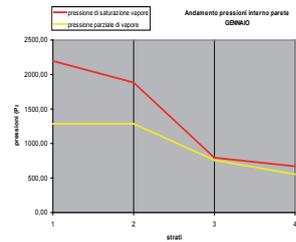
Chiusura 2_ parete in eurobrick							
stratigrafia		s	λ	c	ρ	μ	μ
(int-est)		(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))	
1	intonaco in calce	0,015	0,700	920,000	1600,000	18,000	11
2	blocco in argilla	0,120	0,590	750,000	1600,000	18,000	11
3	pannello in sughero	0,030	0,037	2050,000	130,000	6,700	29
4	blocco in argilla	0,200	0,590	750,000	1600,000	18,000	11
5	intonaco in calce	0,015	0,700	920,000	1600,000	18,000	11

Chiusura 1_ parete in legno						
		1	2	3	4	5
Gennaio	temperatura	18,29	18,03	15,59	5,88	1,82
	pressione di saturazione	2100,50	2066,90	1770,70	926,76	696,05
	pressione di vapore	1285,32	1259,93	1056,77	920,32	581,71
Febbraio	temperatura	18,41	18,17	15,90	6,86	3,08
	pressione di saturazione	2116,19	2084,70	1805,65	991,55	761,51
	pressione di vapore	1285,32	1261,85	1074,10	948,00	635,08
Marzo	temperatura	18,69	18,49	16,63	9,19	6,08
	pressione di saturazione	2154,04	2127,71	1891,52	1162,53	940,14
	pressione di vapore	1285,32	1267,15	1121,76	1024,11	781,80
Aprile	temperatura	19,15	19,02	17,80	12,95	10,93
	pressione di saturazione	2216,21	2198,58	2037,25	1492,44	1305,66
	pressione di vapore	1285,32	1278,12	1220,54	1181,86	1085,88
Maggio	temperatura	19,40	19,31	18,46	15,06	13,64
	pressione di saturazione	2251,72	2239,18	2123,10	1711,03	1560,73
	pressione di vapore	1285,32	1285,87	1290,23	1293,17	1300,44
Giugno	temperatura	19,83	19,80	19,55	18,56	18,15
	pressione di saturazione	2311,84	2308,09	2272,80	2136,74	2082,00
	pressione di vapore	1285,32	1301,86	1434,15	1523,01	1743,49
Luglio	temperatura	19,98	19,98	19,94	19,82	19,77
	pressione di saturazione	2333,83	2333,36	2328,93	2311,33	2304,00
	pressione di vapore	1285,32	1308,72	1495,93	1621,67	1933,69
Agosto	temperatura	19,99	19,99	19,98	19,95	19,93
	pressione di saturazione	2336,04	2335,90	2334,61	2329,45	2327,30
	pressione di vapore	1285,32	1309,45	1502,43	1632,05	1953,69
Settembre	temperatura	19,23	19,12	18,03	13,68	11,86
	pressione di saturazione	2228,41	2212,52	2066,52	1564,93	1389,20
	pressione di vapore	1285,32	1280,65	1243,30	1218,21	1155,96
Ottobre	temperatura	19,16	19,03	17,84	13,07	11,07
	pressione di saturazione	2218,08	2200,71	2041,70	1503,34	1318,16
	pressione di vapore	1285,32	1278,50	1223,94	1187,29	1096,35
Novembre	temperatura	18,61	18,40	16,43	8,56	5,26
	pressione di saturazione	2143,65	2115,89	1867,73	1113,46	888,04
	pressione di vapore	1285,32	1265,60	1107,81	1001,84	738,86
Dicembre	temperatura	18,37	18,13	15,80	6,55	2,69
	pressione di saturazione	2111,30	2079,15	1794,73	971,01	740,62
	pressione di vapore	1285,32	1261,24	1068,56	939,15	618,03



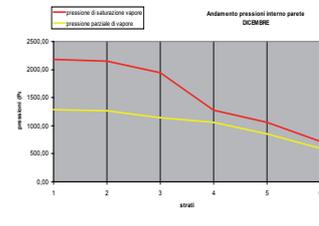
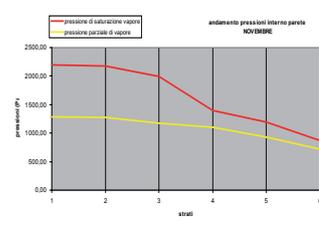
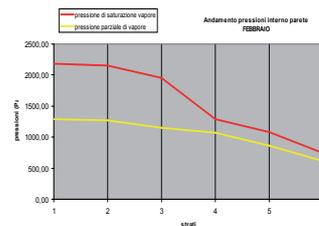
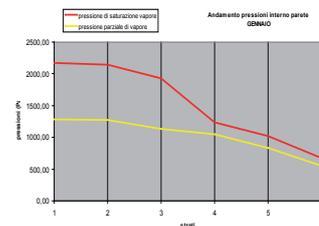
Chiusura 3_ parete esistente in granito							
stratigrafia	s	λ	c	ρ	μ	μ	
(int-est)	(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))		
1	mattoni pieni	0,780	2,300	900,000	2700,000	0,000	0
2	sughero in granuli	0,100	0,050	2050,000	300,000	6,433	30
3	granito	0,200	1,600	880,000	1600,000	27,000	7

Chiusura 1_ parete in legno					
		1	2	3	4
Gennaio	temperatura	18,98	16,55	2,21	1,32
	pressione di saturazione	2192,90	1881,64	791,60	671,61
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	758,96	556,32
Febbraio	temperatura	19,05	16,79	3,45	2,61
	pressione di saturazione	2202,63	1910,48	829,05	736,86
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	794,56	611,61
Marzo	temperatura	19,22	17,36	6,39	5,70
	pressione di saturazione	2226,00	1980,89	960,14	915,66
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	932,00	763,62
Aprile	temperatura	19,49	18,28	11,13	10,68
	pressione di saturazione	2264,08	2098,99	1323,01	1284,26
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	1145,37	1078,68
Maggio	temperatura	19,64	18,79	13,78	13,47
	pressione di saturazione	2285,65	2167,80	1574,93	1543,13
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	1295,93	1300,99
Giugno	temperatura	19,90	19,65	18,19	18,10
	pressione di saturazione	2321,91	2286,53	2087,31	2075,38
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	1606,82	1760,03
Luglio	temperatura	19,99	19,96	19,78	19,76
	pressione di saturazione	2335,09	2330,66	2304,72	2303,10
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	1740,28	1957,09
Agosto	temperatura	20,00	19,99	19,93	19,93
	pressione di saturazione	2336,41	2335,11	2327,51	2327,03
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	1754,32	1977,82
Settembre	temperatura	19,54	18,45	12,04	11,64
	pressione di saturazione	2271,50	2122,51	1405,62	1368,91
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	1194,55	1151,29
Ottobre	temperatura	19,50	18,30	11,27	10,83
	pressione di saturazione	2265,21	2102,57	1335,37	1296,91
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	1152,72	1089,53
Novembre	temperatura	19,17	17,20	5,59	4,86
	pressione di saturazione	2219,60	1961,45	908,19	863,40
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	901,87	719,13
Dicembre	temperatura	19,03	16,71	3,06	2,21
	pressione di saturazione	2199,61	1901,48	760,84	716,02
	pressione di vapore	1285,32	1285,32	755,01	593,94



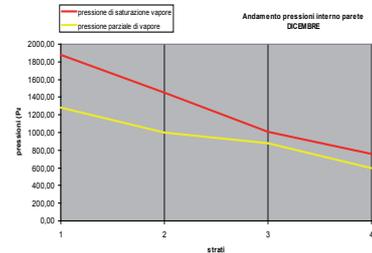
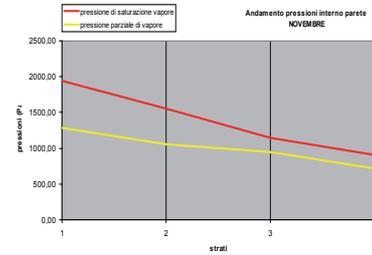
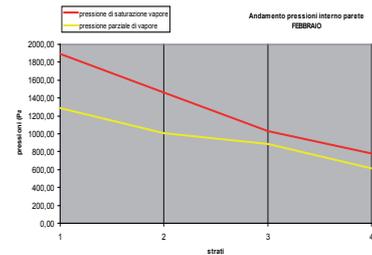
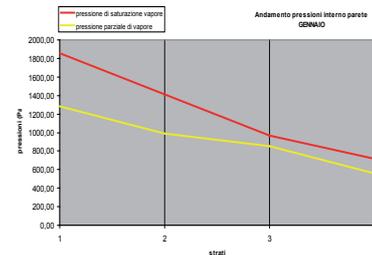
Chiusura 4_ parete controterra							
stratigrafia		s	λ	c	ρ	μ	μ
(int-est)		(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))	
1	intonaco in calce	0,015	0,700	920,000	1600,000	18,000	11
2	blocco in argilla	0,120	0,590	750,000	1600,000	18,000	11
3	pannello in sughero	0,030	0,037	2050,000	130,000	6,700	29
4	blocco in argilla	0,200	0,590	750,000	1600,000	18,000	11
5	calcestruzzo	0,250	0,360	1000,000	450,000	18,000	11
6	pignatte cotto	0,300	1,600	880,000	1600,000	27,000	7

Chiusura 1_ parete in legno								
		1	2	3	4	5	6	7
Gennaio	temperatura	18,80	18,62	16,91	10,08	7,23	1,38	1,38
	pressione di saturazione	2168,56	2144,24	1925,02	1233,90	1017,02	674,65	674,65
	pressione di vapore	1285,32	1268,89	1137,46	1049,19	830,13	556,32	556,32
Febbraio	temperatura	18,88	18,71	17,12	10,77	8,11	2,67	2,67
	pressione di saturazione	2179,88	2157,13	1951,37	1291,89	1080,42	739,92	739,92
	pressione di vapore	1285,32	1270,14	1148,68	1067,10	864,66	611,61	611,61
Marzo	temperatura	19,08	18,94	17,63	12,41	10,23	5,75	5,75
	pressione di saturazione	2207,11	2188,19	2015,54	1440,05	1245,96	918,71	918,71
	pressione di vapore	1285,32	1273,57	1179,51	1116,34	959,58	763,62	763,62
Aprile	temperatura	19,40	19,31	18,46	15,05	13,63	10,71	10,71
	pressione di saturazione	2251,55	2238,98	2122,69	1709,94	1559,43	1286,93	1286,93
	pressione di vapore	1285,32	1280,67	1243,41	1218,39	1156,30	1078,68	1078,68
Maggio	temperatura	19,58	19,52	18,92	16,53	15,53	13,49	13,49
	pressione di saturazione	2276,79	2267,89	2184,86	1879,72	1763,66	1545,34	1545,34
	pressione di vapore	1285,32	1285,68	1288,50	1290,40	1295,11	1300,99	1300,99
Giugno	temperatura	19,88	19,86	19,68	18,99	18,70	18,10	18,10
	pressione di saturazione	2319,29	2316,65	2291,72	2194,68	2155,18	2076,21	2076,21
	pressione di vapore	1285,32	1296,02	1381,61	1439,09	1581,73	1760,03	1760,03
Luglio	temperatura	19,98	19,98	19,96	19,87	19,84	19,77	19,77
	pressione di saturazione	2334,76	2334,43	2331,31	2318,92	2313,76	2303,22	2303,22
	pressione di vapore	1285,32	1300,46	1421,57	1502,92	1704,77	1957,09	1957,09
Agosto	temperatura	20,00	19,99	19,99	19,96	19,95	19,93	19,93
	pressione di saturazione	2336,31	2336,22	2335,31	2331,68	2330,17	2327,07	2327,07
	pressione di vapore	1285,32	1300,93	1425,78	1509,63	1717,71	1977,82	1977,82
Settembre	temperatura	19,46	19,38	18,62	15,56	14,28	11,67	11,67
	pressione di saturazione	2260,24	2248,92	2143,97	1766,94	1627,43	1371,44	1371,44
	pressione di vapore	1285,32	1282,30	1258,14	1241,91	1201,63	1151,29	1151,29
Ottobre	temperatura	19,41	19,32	18,48	15,13	13,73	10,86	10,86
	pressione di saturazione	2252,88	2240,50	2125,93	1718,56	1569,67	1299,57	1299,57
	pressione di vapore	1285,32	1280,91	1245,61	1221,90	1163,07	1089,53	1089,53
Novembre	temperatura	19,03	18,88	17,49	11,96	9,65	4,91	4,91
	pressione di saturazione	2199,64	2179,67	1997,84	1398,19	1198,69	866,47	866,47
	pressione di vapore	1285,32	1272,56	1170,49	1101,93	931,80	719,13	719,13
Dicembre	temperatura	18,85	18,68	17,05	10,55	7,84	2,27	2,27
	pressione di saturazione	2176,36	2153,12	1943,16	1273,62	1060,36	719,07	719,07
	pressione di vapore	1285,32	1269,74	1145,09	1061,37	853,63	593,94	593,94



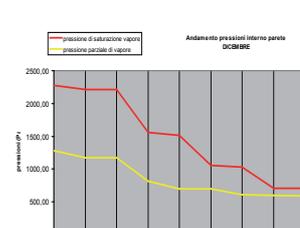
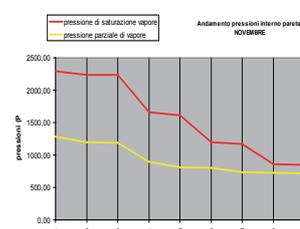
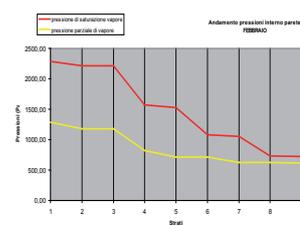
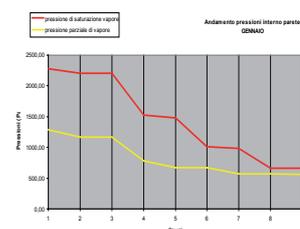
Chiusura 5_ tamponamento serra							
stratigrafia		s	λ	c	ρ	μ	μ
(int-est)		(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))	
1	assito in legno	0,030	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
2	terra cruda in mattoni	0,080	0,360	750,000	1200,000	27,000	7
3	assito in legno	0,030	0,180	1600,000	850,000	4,500	43

Chiusura 1_ parete in legno					
		1	2	3	4
Gennaio	temperatura	16,37	12,13	6,47	2,23
	pressione di saturazione	1860,16	1413,45	965,62	717,09
	pressione di vapore	1285,32	987,09	854,55	556,32
Febbraio	temperatura	16,62	12,67	7,41	3,46
	pressione di saturazione	1890,21	1465,09	1029,88	782,68
	pressione di vapore	1285,32	1009,72	887,22	611,61
Marzo	temperatura	17,22	13,97	9,65	6,40
	pressione di saturazione	1963,67	1595,06	1198,66	961,05
	pressione di vapore	1285,32	1071,90	977,05	763,62
Aprile	temperatura	18,19	16,07	13,25	11,13
	pressione di saturazione	2087,16	1825,54	1521,64	1323,80
	pressione di vapore	1285,32	1200,79	1163,22	1078,68
Maggio	temperatura	18,73	17,25	15,27	13,78
	pressione di saturazione	2159,26	1966,99	1734,05	1575,57
	pressione di vapore	1285,32	1291,73	1294,58	1300,99
Giugno	temperatura	19,63	19,20	18,62	18,19
	pressione di saturazione	2283,92	2223,38	2144,85	2087,55
	pressione di vapore	1285,32	1479,52	1565,83	1760,03
Luglio	temperatura	19,95	19,90	19,83	19,78
	pressione di saturazione	2330,33	2322,63	2312,40	2304,75
	pressione di vapore	1285,32	1560,14	1682,28	1957,09
Agosto	temperatura	19,99	19,97	19,95	19,93
	pressione di saturazione	2335,02	2332,77	2329,77	2327,52
	pressione di vapore	1285,32	1568,62	1694,52	1977,82
Settembre	temperatura	18,37	16,48	13,95	12,05
	pressione di saturazione	2111,80	1873,31	1592,20	1406,36
	pressione di vapore	1285,32	1230,49	1206,12	1151,29
Ottobre	temperatura	18,22	16,13	13,36	11,27
	pressione di saturazione	2090,92	1832,78	1532,26	1336,16
	pressione di vapore	1285,32	1205,23	1169,63	1089,53
Novembre	temperatura	17,05	13,62	9,04	5,60
	pressione di saturazione	1943,37	1558,61	1150,33	909,11
	pressione di vapore	1285,32	1053,70	950,76	719,13
Dicembre	temperatura	16,54	12,50	7,12	3,08
	pressione di saturazione	1880,83	1448,88	1009,53	761,76
	pressione di vapore	1285,32	1002,49	876,78	593,94



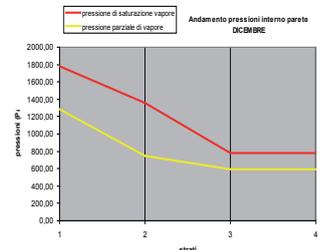
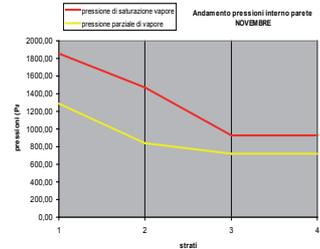
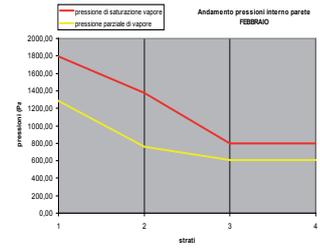
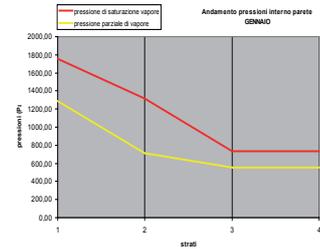
Chiusura 7_ copertura a falde inclinate							
stratigrafia		s	λ	c	ρ	μ	μ
(int-est)		(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))	
1	assito in legno	0,030	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
2	carta oleata	0,0002	1,000		0,160	0,643	300
3	segatura e calce	0,100	0,050	1600,000	200,000	4,500	43
4	assito in legno	0,030	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
5	aria per ventilazione	0,050	0,026		1,300	193,000	1
6	assito in legno	0,025	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
7	aria per ventilazione	0,050	0,026		1,300	193,000	1
8	tegole	0,020	0,700	900,000	1600,000	30,000	6

Chiusura 1_ parete in legno										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gennaio	temperatura	19,58	19,10	19,10	13,28	12,79	7,19	6,79	1,19	1,11
	pressione di saturazione	2277,46	2209,73	2209,65	1524,16	1476,56	1014,60	986,82	665,38	661,40
	pressione di vapore	1285,32	1171,26	1165,94	785,71	671,65	667,21	572,16	567,72	556,32
Febbraio	temperatura	19,61	19,16	19,16	13,74	13,29	8,08	7,70	2,49	2,42
	pressione di saturazione	2281,54	2218,35	2218,28	1571,16	1525,62	1078,04	1050,74	730,56	726,54
	pressione di vapore	1285,32	1179,91	1174,99	823,61	718,19	714,10	626,25	622,16	611,61
Marzo	temperatura	19,68	19,31	19,31	14,85	14,48	10,20	9,89	5,61	5,54
	pressione di saturazione	2291,31	2239,04	2238,98	1688,49	1648,50	1243,75	1218,24	909,38	905,37
	pressione di vapore	1285,32	1203,69	1199,89	927,79	846,16	842,98	774,96	771,79	763,62
Aprile	temperatura	19,79	19,55	19,55	16,64	16,40	13,61	13,41	10,61	10,57
	pressione di saturazione	2307,10	2272,70	2272,66	1893,50	1864,56	1557,68	1537,34	1278,74	1275,20
	pressione di vapore	1285,32	1252,99	1251,48	1143,71	1111,37	1110,12	1083,17	1081,92	1078,68
Maggio	temperatura	19,85	19,68	19,68	17,65	17,48	15,52	15,38	13,42	13,39
	pressione di saturazione	2315,99	2291,74	2291,71	2017,60	1996,12	1762,29	1746,37	1538,58	1535,67
	pressione di vapore	1285,32	1287,77	1287,89	1296,06	1298,51	1298,61	1300,65	1300,74	1300,99
Giugno	temperatura	19,96	19,91	19,91	19,31	19,27	18,69	18,65	18,08	18,07
	pressione di saturazione	2330,83	2323,70	2323,69	2239,66	2232,78	2154,71	2149,16	2073,66	2072,56
	pressione di vapore	1285,32	1359,60	1363,06	1610,66	1684,93	1687,82	1749,72	1752,60	1760,03
Luglio	temperatura	19,99	19,99	19,99	19,92	19,91	19,84	19,83	19,76	19,76
	pressione di saturazione	2336,19	2335,31	2335,31	2324,72	2323,84	2313,70	2312,97	2302,87	2302,72
	pressione di vapore	1285,32	1390,43	1395,34	1745,71	1850,82	1854,90	1942,49	1946,58	1957,09
Agosto	temperatura	20,00	20,00	20,00	19,98	19,97	19,95	19,95	19,93	19,93
	pressione di saturazione	2336,73	2336,47	2336,47	2333,38	2333,12	2330,15	2329,93	2326,97	2326,92
	pressione di vapore	1285,32	1393,68	1398,73	1759,91	1868,27	1872,48	1962,77	1966,98	1977,82
Settembre	temperatura	19,81	19,60	19,60	16,99	16,77	14,27	14,09	11,58	11,55
	pressione di saturazione	2310,16	2279,25	2279,22	1935,54	1909,07	1625,79	1606,84	1363,67	1360,31
	pressione di vapore	1285,32	1264,35	1263,37	1193,47	1172,50	1171,68	1154,20	1153,39	1151,29
Ottobre	temperatura	19,80	19,56	19,56	16,70	16,46	13,71	13,51	10,76	10,72
	pressione di saturazione	2307,57	2273,70	2273,66	1899,88	1871,31	1567,94	1547,80	1291,43	1287,92
	pressione di vapore	1285,32	1254,69	1253,26	1151,14	1120,50	1119,31	1093,78	1092,59	1089,53
Novembre	temperatura	19,66	19,27	19,27	14,55	14,16	9,62	9,29	4,76	4,69
	pressione di saturazione	2288,64	2233,38	2233,31	1655,72	1614,12	1196,43	1170,33	857,09	853,06
	pressione di vapore	1285,32	1196,73	1192,60	897,30	808,70	805,26	731,44	727,99	719,13
Dicembre	temperatura	19,60	19,14	19,14	13,60	13,14	7,80	7,42	2,09	2,01
	pressione di saturazione	2280,27	2215,67	2215,60	1556,43	1510,23	1057,97	1030,51	709,73	705,72
	pressione di vapore	1285,32	1177,14	1172,10	811,50	703,32	699,11	608,96	604,76	593,94



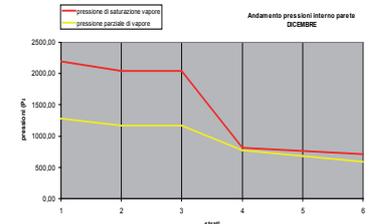
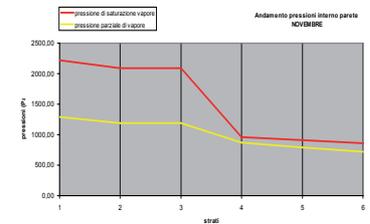
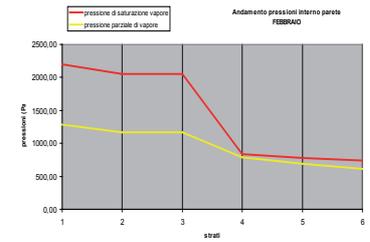
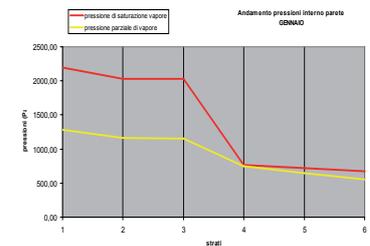
Chiusura 8_ giardino pensile							
stratigrafia	s	λ	c	ρ	μ	μ	
(int-est)	(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))		
1	assito in legno	0,025	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
2	materassino in sughero	0,0100	0,037	2050,000	130,000	6,433	30
3	lamiera in acciaio	0,003	60,000	500,000	7800,000	0,000	0

Chiusura 1_ parete in legno					
		1	2	3	4
Gennaio	temperatura	15,48	11,09	2,54	2,54
	pressione di saturazione	1758,04	1319,88	733,16	733,08
	pressione di vapore	1285,32	715,70	556,32	556,32
Febbraio	temperatura	15,80	11,71	3,75	3,75
	pressione di saturazione	1793,67	1375,01	798,83	798,75
	pressione di vapore	1285,32	758,90	611,61	611,61
Marzo	temperatura	16,54	13,18	6,64	6,64
	pressione di saturazione	1881,25	1514,85	976,94	976,85
	pressione di vapore	1285,32	877,68	763,62	763,62
Aprile	temperatura	17,75	15,55	11,29	11,29
	pressione di saturazione	2030,10	1766,19	1337,49	1337,42
	pressione di vapore	1285,32	1123,86	1078,68	1078,68
Maggio	temperatura	18,42	16,88	13,89	13,89
	pressione di saturazione	2117,90	1922,38	1586,74	1586,68
	pressione di vapore	1285,32	1297,56	1300,99	1300,99
Giugno	temperatura	19,54	19,09	18,22	18,22
	pressione di saturazione	2271,19	2208,81	2091,70	2091,68
	pressione di vapore	1285,32	1656,25	1760,03	1760,03
Luglio	temperatura	19,94	19,89	19,78	19,78
	pressione di saturazione	2328,73	2320,75	2305,31	2305,31
	pressione di vapore	1285,32	1810,23	1957,09	1957,09
Agosto	temperatura	19,98	19,97	19,94	19,94
	pressione di saturazione	2334,55	2332,22	2327,68	2327,68
	pressione di vapore	1285,32	1826,42	1977,82	1977,82
Settembre	temperatura	17,98	16,01	12,19	12,19
	pressione di saturazione	2060,03	1818,78	1419,30	1419,24
	pressione di vapore	1285,32	1180,59	1151,29	1151,29
Ottobre	temperatura	17,78	15,62	11,43	11,43
	pressione di saturazione	2034,65	1774,15	1349,74	1349,67
	pressione di vapore	1285,32	1132,33	1089,53	1089,53
Novembre	temperatura	16,34	12,78	5,85	5,85
	pressione di saturazione	1856,98	1475,48	925,14	925,06
	pressione di vapore	1285,32	842,92	719,13	719,13
Dicembre	temperatura	15,70	11,52	3,38	3,38
	pressione di saturazione	1782,54	1357,68	777,90	777,81
	pressione di vapore	1285,32	745,09	593,94	593,94



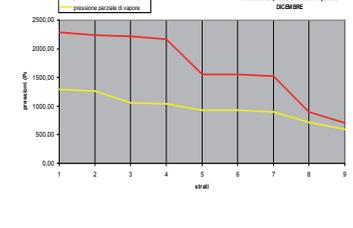
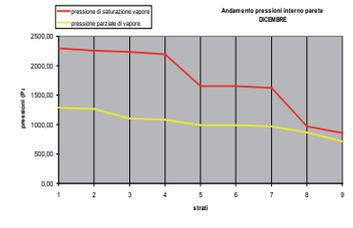
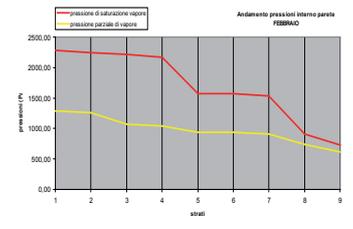
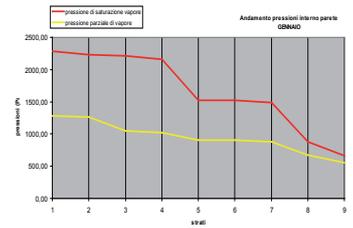
Chiusura 9_ solaio terrazza							
stratigrafia		s	λ	c	ρ	μ	μ
(int-est)		(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))	
1	assito in legno	0,030	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
2	carta oleata	0,0002	1,000		0,160	0,643	300
3	segatura e calce	0,100	0,050	1600,000	200,000	4,500	43
4	assito in legno	0,025	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
5	pavimento in larice	0,022	0,180	1600,000	850,000	4,500	43

Chiusura 1_ parete in legno							
		1	2	3	4	5	6
Gennaio	temperatura	18,96	17,75	17,75	3,22	2,21	1,32
	pressione di saturazione	2190,97	2030,80	2030,62	769,30	716,02	671,85
	pressione di vapore	1285,32	1162,73	1157,02	748,38	646,22	556,32
Febbraio	temperatura	19,03	17,91	17,91	4,38	3,44	2,62
	pressione di saturazione	2200,83	2050,83	2050,66	835,05	781,61	737,10
	pressione di vapore	1285,32	1172,03	1166,75	789,11	694,70	611,61
Marzo	temperatura	19,21	18,28	18,28	7,16	6,39	5,71
	pressione di saturazione	2224,51	2099,33	2099,18	1012,36	959,99	915,90
	pressione di vapore	1285,32	1197,59	1193,50	901,07	827,96	763,62
Aprile	temperatura	19,48	18,88	18,88	11,63	11,12	10,68
	pressione di saturazione	2263,09	2179,50	2179,40	1367,77	1322,89	1284,47
	pressione di vapore	1285,32	1250,57	1248,95	1133,12	1104,17	1078,68
Maggio	temperatura	19,64	19,21	19,21	14,13	13,78	13,47
	pressione di saturazione	2284,95	2225,56	2225,49	1611,32	1574,82	1543,31
	pressione di vapore	1285,32	1287,96	1288,08	1296,86	1299,06	1300,99
Giugno	temperatura	19,64	19,21	19,21	14,13	13,78	13,47
	pressione di saturazione	2321,70	2304,01	2303,99	2100,78	2087,27	2075,45
	pressione di vapore	1285,32	1365,15	1368,87	1634,97	1701,49	1760,03
Luglio	temperatura	19,99	19,97	19,97	19,79	19,78	19,76
	pressione di saturazione	2335,06	2332,85	2332,85	2306,53	2304,71	2303,11
	pressione di vapore	1285,32	1398,29	1403,56	1780,11	1874,25	1957,09
Agosto	temperatura	20,00	19,99	19,99	19,94	19,93	19,93
	pressione di saturazione	2336,40	2335,76	2335,75	2328,04	2327,51	2327,04
	pressione di vapore	1285,32	1401,77	1407,21	1795,38	1892,42	1977,82
Settembre	temperatura	19,54	18,99	18,99	12,49	12,04	11,64
	pressione di saturazione	2270,61	2195,30	2195,21	1447,88	1405,50	1369,11
	pressione di vapore	1285,32	1262,78	1261,73	1186,60	1167,82	1151,29
Ottobre	temperatura	19,49	18,90	18,90	11,76	11,26	10,83
	pressione di saturazione	2264,24	2181,91	2181,81	1379,77	1335,25	1297,12
	pressione di vapore	1285,32	1252,40	1250,86	1141,11	1113,67	1089,53
Novembre	temperatura	19,16	18,18	18,18	6,40	5,58	4,86
	pressione di saturazione	2218,02	2085,99	2085,84	960,94	908,05	863,65
	pressione di vapore	1285,32	1190,11	1185,67	868,30	788,96	719,13
Dicembre	temperatura	19,01	17,86	17,86	4,02	3,06	2,22
	pressione di saturazione	2197,76	2044,59	2044,41	814,12	760,69	716,26
	pressione di vapore	1285,32	1169,06	1163,64	776,09	679,20	593,94



Chiusura 11_ solaio controterra							
stratigrafia		s	λ	c	ρ	μ	μ
(int-est)		(m)	(W/ mq °C)	(J/kg °C)	(kg/mc)	(Kg/m2Pa (10-12))	
1	pavimento in larice	0,022	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
2	calcestruzzo	0,1000	1,600	880,000	1600,000	2,400	80
3	assito in legno	0,025	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
4	segatura e calce	0,100	0,050	1600,000	200,000	4,500	43
5	carta oleata	0,0002	1,000		0,160	0,643	300
6	assito in legno	0,025	0,180	1600,000	850,000	4,500	43
7	aria per ventilazione	0,110	0,026		1,300	193,000	1
8	calcestruzzo	0,150	1,600	880,000	2400,000	2,400	80

Chiusura 1_ parete in legno										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gennaio	temperatura	19,61	19,28	19,11	18,73	13,27	13,27	12,89	1,35	1,10
	pressione di saturazione	2281,17	2234,38	2210,78	2159,11	1523,81	1523,75	1486,48	874,34	660,96
	pressione di vapore	1285,32	1260,45	1048,43	1020,16	907,09	905,51	877,24	673,25	556,32
Febbraio	temperatura	19,64	19,33	19,17	18,82	13,74	13,74	13,39	2,64	2,41
	pressione di saturazione	2285,00	2241,36	2219,33	2171,04	1570,82	1570,77	1535,11	905,51	726,09
	pressione di vapore	1285,32	1262,33	1066,40	1040,28	935,78	934,32	908,19	738,51	611,61
Marzo	temperatura	19,70	19,45	19,32	19,03	14,85	14,85	14,56	5,73	5,53
	pressione di saturazione	2294,16	2258,10	2239,85	2199,76	1688,19	1688,14	1656,86	991,21	904,92
	pressione di vapore	1285,32	1267,52	1115,80	1095,57	1014,65	1013,52	993,29	917,30	763,62
Aprile	temperatura	19,81	19,64	19,55	19,37	16,64	16,64	16,45	10,70	10,57
	pressione di saturazione	2308,97	2285,27	2273,23	2246,68	1893,28	1893,25	1870,62	1285,70	1274,81
	pressione di vapore	1285,32	1278,27	1218,18	1210,16	1178,11	1177,66	1169,65	1168,83	1078,68
Maggio	temperatura	19,86	19,75	19,69	19,55	17,65	17,65	17,51	13,48	13,39
	pressione di saturazione	2317,31	2300,61	2292,12	2273,34	2017,44	2017,42	2000,62	1544,32	1535,35
	pressione di vapore	1285,32	1285,86	1290,41	1291,02	1293,45	1293,49	1294,09	1294,16	1300,99
Giugno	temperatura	19,96	19,93	19,91	19,87	19,31	19,31	19,28	18,10	18,07
	pressione di saturazione	2331,21	2326,31	2323,81	2318,26	2239,61	2239,60	2234,23	2075,83	2072,43
	pressione di vapore	1285,32	1301,52	1439,58	1457,99	1531,62	1532,65	1551,06	1552,94	1760,03
Luglio	temperatura	20,00	19,99	19,99	19,98	19,92	19,92	19,91	19,76	19,76
	pressione di saturazione	2336,24	2335,63	2335,32	2334,63	2324,71	2324,71	2324,02	2303,16	2302,70
	pressione di vapore	1285,32	1308,25	1503,61	1529,66	1633,86	1635,32	1661,37	1664,04	1957,09
Agosto	temperatura	20,00	20,00	20,00	20,00	19,98	19,98	19,97	19,93	19,93
	pressione di saturazione	2336,74	2336,57	2336,48	2336,27	2333,38	2333,38	2333,17	2327,05	2326,92
	pressione di vapore	1285,32	1308,95	1510,35	1537,20	1644,61	1646,12	1672,97	1675,72	1977,82
Settembre	temperatura	19,83	19,68	19,60	19,43	16,99	16,99	16,82	11,66	11,54
	pressione di saturazione	2311,85	2290,55	2279,73	2255,85	1935,35	1935,32	1914,62	1370,28	1359,94
	pressione di vapore	1285,32	1280,75	1241,77	1236,57	1215,78	1215,49	1210,30	1209,76	1151,29
Ottobre	temperatura	19,81	19,64	19,56	19,38	16,70	16,70	16,51	10,84	10,72
	pressione di saturazione	2309,41	2286,08	2274,22	2248,08	1899,67	1899,63	1877,30	1298,34	1287,53
	pressione di vapore	1285,32	1278,64	1221,70	1214,11	1183,74	1183,31	1175,72	1174,94	1089,53
Novembre	temperatura	19,68	19,41	19,28	18,97	14,55	14,55	14,24	4,89	4,68
	pressione di saturazione	2291,66	2253,52	2234,23	2191,89	1655,41	1655,36	1622,81	966,13	852,61
	pressione di vapore	1285,32	1266,00	1101,34	1079,38	991,56	990,34	968,38	865,06	719,13
Dicembre	temperatura	19,63	19,31	19,15	18,79	13,59	13,59	13,23	2,24	2,00
	pressione di saturazione	2283,81	2239,19	2216,67	2167,33	1556,08	1556,03	1519,86	895,55	705,28
	pressione di vapore	1285,32	1261,73	1060,66	1033,85	926,61	925,11	898,30	717,67	593,94



REQUISITO 1.9. ENERGIA INGLOBATA

Esigenza: diminuire il contenuto di energia primaria inglobata nei materiali da costruzione.

Indicatore di prestazione: energia incorporata normalizzata per il ciclo di vita dell'edificio (anni).

Unità di misura: MJ/mq anno

Riferimenti legislativi: inventario dei materiali da costruzione, valutazione dell'energia inglobata complessiva nell'edificio, calcolo del rapporto tra l'energia inglobata e la superficie utile dell'edificio. Il risultato del rapporto deve essere normalizzato per la durata della vita dell'edificio. Il contenuto di energia primaria indica la quantità di energia impiegata per la produzione, la lavorazione ed i relativi trasporti di un materiale, inclusa quella necessaria all'estrazione delle materie prime. Valori contenute in tabelle, da letteratura.

L'energia incorporata è definita come l'energia consumata e quindi "accumulata" nei prodotti che costituiscono l'edificio, considerando le fasi di: estrazione delle materie prime, produzione di materiali, prodotti e componenti edilizi, trasporto, cantiere; inoltre i valori che si possono reperire in letteratura contengono anche una quota per l'energia consumata per processi manutentivi di sostituzione e di ripristino, durante la fase d'uso dell'edificio, relativa alle quantità di materiali e prodotti necessari agli interventi periodici.

Il valore dell'energia incorporata in ogni pacchetto tecnologico, viene moltiplicato per l'estensione totale del pacchetto in mq; questo valore viene poi normalizzato in base alla superficie dell'edificio e al valore di vita utile dell'edificio assunto pari a 50 anni (in assenza di consistenti ristrutturazioni, e, di conseguenza, ulteriori consumi di energia in fase d'esercizio).

I dati sono fortemente influenzati dalle specificità locali: caratteristiche del mercato e disponibilità di materie prime e prodotti, regole d'arte tradizionali e abitudini della manodopera.

Totale EE dell'involucro	[MJ*mq]	4265572,038
Superficie utile interna dell'edificio	[mq]	790,000
Anni di vita dell'edificio	[anni]	50,000
EE involucro/mq anno	[MJ/mq a]	107,989

Tab 33_Valori energia incorporata nell'involucro senza considerare i materiali recuperati

Totale EE dell'involucro	[MJ*mq]	514938,666
Superficie utile interna dell'edificio	[mq]	790,000
Anni di vita dell'edificio	[anni]	50,000
EE involucro/mq anno	[MJ/mq a]	13,036

Tab 34_Valori energia incorporata nell'involucro tenendo in considerazione i materiali recuperati

Mj/mq anno	Punti
>92 Mj/mq anno	-2
90<Mj/mq anno<92	-1
88<Mj/mq anno<90	0
86<Mj/mq anno<88	1
84<Mj/mq anno<86	2
82<Mj/mq anno<84	3
80<Mj/mq anno<82	4
< 80 Mj/mq anno	5
peso del criterio	-

Si può notare come l'energia incorporata nell'involucro diminuisca drasticamente se non si tengono in considerazione i materiali recuperati dall'edificio preesistente.

L'elemento che incide maggiormente è la parete in granito che ha un'energia inglobata molto alta dovuta all'impatto dell'estrazione della materia prima e alla limitatezza di essa. Il fatto che venga quindi lasciata inalterata la parete nord in granito (anche per la sua notevole estensione), permette di ridurre notevolmente il valore finale dell'energia incorporata.

Inoltre anche i materiali isolanti utilizzati sono in prevalenza ricavati dal trattamento di materiali recuperati quali il legno e il sughero. Questo fatto implica la possibilità di non ricorrere all'utilizzo di nuova materia prima e quindi di ridurre il valore finale dell'energia incorporata.

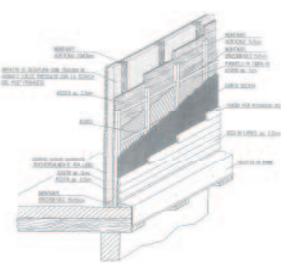
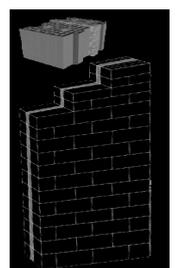
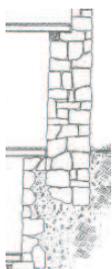
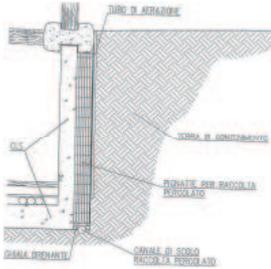
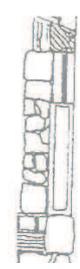
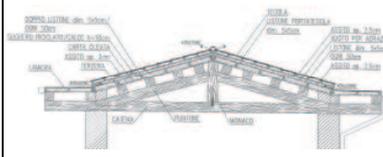
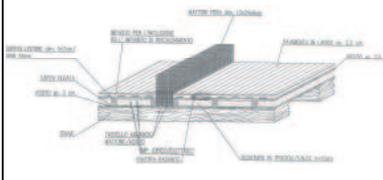
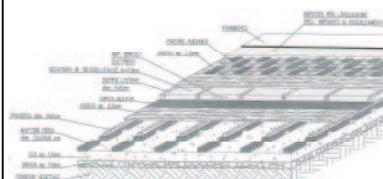
Si è ritenuto opportuno inserire la valutazione dell'energia inglobata, anche se questo requisito non è compreso nel Protocollo di Itaca sintetico, al fine di mettere in evidenza come un intervento di recupero possa essere ambientalmente vantaggioso in termini di impatto ambientale, anche solo per la quantità di materie prime risparmiate attraverso l'utilizzo di componenti di recupero.

Il criterio non viene comunque inserito nella valutazione finale, rispettando l'impostazione del Protocollo di Itaca sintetico.

Di seguito si riportano le tabelle contenenti il calcolo dell'energia inglobata nell'involucro, il confronto fra le diverse chiusure verticali e orizzontali utilizzate nel progetto, e il confronto fra alcune tipologie di chiusure verticali utilizzate nell'edilizia corrente.

		ABACO DELLE CHIUSURE_ indicazione in pianta	
CHIUSURE VERTICALI	Chiusura 1_ PARETE IN LEGNO		Chiusura 1_ PARETE IN LEGNO
	Chiusura 2_ PARETE IN EUROBRICK		Chiusura 2_ PARETE IN EUROBRICK
	Chiusura 3_ PARETE ESISTENTE IN GRANITO		Chiusura 3_ PARETE ESISTENTE IN GRANITO
	Chiusura 3_ PARETE ESISTENTE IN GRANITO		Chiusura 3_ PARETE ESISTENTE IN GRANITO
	Chiusura 4_ PARETE CONTROTERRA		Chiusura 5_ TAMPONAMENTO SERRA
CHIUSURE ORIZZONTALI	Chiusura 7_ COPERTURA A FALDE INCLINATE		Chiusura 8_ GIARDINO PENSILE
	Chiusura 9_ SOLAIO TERRAZZA		Chiusura 10_ COPERTURA SERRA
	Chiusura 11_ SOLAIO CONTROTERRA		

Tab 35_ abaco delle chiusure_ indicazione in pianta

ABACO DELLE CHIUSURE_ particolari costruttivi		
CHIUSURE VERTICALI	<p style="text-align: center;">Chiusura 1_ PARETE IN LEGNO</p> 	<p style="text-align: center;">Chiusura 2_ PARETE IN EUROBRICK</p> 
	<p style="text-align: center;">Chiusura 3_ PARETE ESISTENTE IN GRANITO</p> 	<p style="text-align: center;">Chiusura 4_ PARETE CONTROTERRA</p> 
	<p style="text-align: center;">Chiusura 5_ TAMPONAMENTO SERRA</p> 	<p style="text-align: center;">Chiusura 6_ FINESTRATURE</p> 
	<p style="text-align: center;">Chiusura 7_ COPERTURA A FALDE INCLINATE</p> 	<p style="text-align: center;">Chiusura 8_ GIARDINO PENNILE</p> 
CHIUSURE ORIZZONTALI	<p style="text-align: center;">Chiusura 9_ SOLAIO TERRAZZA</p> 	<p style="text-align: center;">Chiusura 10_ COPERTURA SERRA</p> 
	<p style="text-align: center;">Chiusura 11_ SOLAIO CONTROTERRA</p> 	

Tab 36_ abaco delle chiusure_ particolari costruttivi

		Chiusura 1_PARETE IN LEGNO	Chiusura 2_PARETE IN EURO-BRICK	Chiusura 3_PARETE ESISTENTE IN GRANITO	Chiusura 4_PARETE CONTRO-TERRA	Chiusura 5_TAMPONAMENTO SERRA	Chiusura 6_FINESTRATURE	Chiusura 7_COPERTURA A FALDE INCLINATE	Chiusura 8_GIARDINO PENSILE	Chiusura 9_SOLAIO TERRAZZA	Chiusura 10_COPERTURA SERRA	Chiusura 11_SOLAIO CONTRO-TERRA		
		orientamento SUD-EST	orientamento SUD-EST, NORD-EST, SUD-OVEST	orientamento NORD-OVEST, NORD-EST, SUD-OVEST	orientamento SUD-EST	orientamento SUD-EST, SUD-OVEST, NORD-OVEST								
		Materiale	Unità di Misura											
Strati decrescenti dall'interno verso l'esterno	strato 1	Descrizione strato		assilo	intonaco a base di calce	paramento in granito	pignolle	assi legno abete	vetro camera (6-9-6 mm)	assilo	assilo	assilo	vetro camera (6-9-6 mm)	ghiaia
		spessore	[m]	0,020	0,015	0,780	0,180	0,030	0,012	0,030	0,025	0,030	0,012	0,100
		densità	[Kg/mc]	850,000	1600	2700,000	450,000	850,000	2500,000	850,000	850,000	850,000	2500,000	1300,000
		unità funzionale	[Kg]	17,000	24	2106,000	81,000	25,500	30,000	25,500	21,250	25,500	30,000	130,000
		energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	1,5	5,900	2,500	0,300	15,900	0,300	0,300	0,300	15,900	0,300
	energia incorporata strato	[MJ]	5,100	36	12425,400	202,500	7,650	477,000	7,650	6,375	7,650	477,000	39,000	
	strato 2	Descrizione strato		assilo	blocco in argilla (tavolato)	malta di calce e cemento	cls pozzolanico	terra cruda in mattoni	serramento legno larice	carta oleata	materassino in sughero per isolamento	carta oleata	serramento legno larice	cls
		spessore	[m]	0,025	0,120	0,03	0,300	0,080	0,0002	0,0002	0,01	0,0002	0,003	0,150
		densità	[Kg/mc]	850,000	1600,000	1800	1600,000	1200,000	450,000	0,160	130,000	0,160	450,000	2400,000
		unità funzionale	[Kg]	21,250	192,000	54	480,000	96,000	0,0003	13	0,0003	1,125	360,000	
		energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	3,000	2	1,500	0,070	0,500	12,600	7,050	12,600	0,500	1,300
	energia incorporata strato	[MJ]	6,375	576,000	108	720,000	6,720	0,000	0,0004	91,65	0,0004	0,563	468,000	
strato 3	Descrizione strato		montante orizzontale e verticali in legno ogni 50 cm	isolante in sughero (pannelli)	mattoni pieni		montante verticale in legno ogni 50 cm	sughero riciclato e calce idraulica	pietra in acciaio riciclato trattata con vernici senza piombo	segatura in trucioli e calce		mattoni pieni		
	spessore	[m]	0,020	0,030	0,016	/	0,0128	/	0,100	0,003	0,100	/	0,016	
	densità	[Kg/mc]	600,000	130,000	1600,000	/	600,000	/	300,000	7800,000	200,000	/	1600,000	
	unità funzionale	[Kg]	12,000	3,900	24,883	/	7,68	/	30,000	23,400	20,000	/	24,883	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	7,050	3,000	/	0,300	/	2,160	9,000	7,400	/	3,000	
energia incorporata strato	[MJ]	3,600	27,495	74,650	/	2,304	/	64,800	210,600	148,000	/	74,650		
strato 4	Descrizione strato		segatura in trucioli e calce idraulica	blocco in argilla (strutturale)	malta di calce e sabbia		assi legno abete		doppio listone ogni 50 cm	ghiaia	doppio listone ogni 50 cm		malta di calce e sabbia	
	spessore	[m]	0,100	0,200	0,02	/	0,030	/	0,005	0,050	0,007	/	0,02	
	densità	[Kg/mc]	200,000	1600,000	1700	/	850,000	/	850,000	1300,000	850,000	/	1700	
	unità funzionale	[Kg]	20,000	320,000	34	/	25,500	/	4,250	65,000	5,950	/	34	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	7,400	3,000	2	/	0,300	/	0,300	0,100	0,300	/	2	
energia incorporata strato	[MJ]	148,000	960,000	68	/	7,650	/	1,275	6,500	1,785	/	68		
strato 5	Descrizione strato		assilo	malta di calce e sabbia	sughero in granuli				assilo	sabbia	assilo		traversi	
	spessore	[m]	0,025	0,02	0,100	/	/	/	0,030	0,050	0,025	/	0,008	
	densità	[Kg/mc]	850,000	1700	300,000	/	/	/	850,000	1200,000	850,000	/	850,000	
	unità funzionale	[Kg]	21,250	34	30,000	/	/	/	25,500	60,000	21,250	/	6,375	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	2	2,160	/	/	/	0,300	0,300	0,300	/	0,300	
energia incorporata strato	[MJ]	6,375	68	44,800	/	/	/	7,650	0,000	6,375	/	1,913		
strato 6	Descrizione strato		montante orizzontale e verticali in legno ogni 50 cm	intonaco a base di calce					assilo	terra vegetale	pavimento in larice		assilo	
	spessore	[m]	0,005	0,015	/	/	/	/	0,025	0,300	0,022	/	0,025	
	densità	[Kg/mc]	600,000	1600	/	/	/	/	850,000	1700,000	850,000	/	850,000	
	unità funzionale	[Kg]	3,000	24	/	/	/	/	21,250	510,000	18,700	/	21,250	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	1,5	/	/	/	/	0,300	0,450	0,300	/	0,300	
energia incorporata strato	[MJ]	0,900	36	/	/	/	/	6,375	229,500	5,610	/	6,375		
strato 7	Descrizione strato		pannelli in fibra di legno						doppio listone ogni 50 cm				carta oleata	
	spessore	[m]	0,040	/	/	/	/	/	0,005	/	/	/	0,0002	
	densità	[Kg/mc]	600,000	/	/	/	/	/	850,000	/	/	/	0,160	
	unità funzionale	[Kg]	24,000	/	/	/	/	/	4,250	/	/	/	0,0003	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	20,000	/	/	/	/	/	0,300	/	/	/	12,600	
energia incorporata strato	[MJ]	480,000	/	/	/	/	/	1,275	/	/	/	0,0004		
strato 8	Descrizione strato		carta oleata						assilo				doppio listone	
	spessore	[m]	0,0002	/	/	/	/	/	0,025	/	/	/	0,008	
	densità	[Kg/mc]	0,160	/	/	/	/	/	850,000	/	/	/	850,000	
	unità funzionale	[Kg]	0,00003	/	/	/	/	/	21,250	/	/	/	6,375	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	12,600	/	/	/	/	/	0,300	/	/	/	0,300	
energia incorporata strato	[MJ]	0,0004	/	/	/	/	/	6,375	/	/	/	1,913		
strato 9	Descrizione strato		scandole in larice						listone porta legola ogni 50 cm				segatura in trucioli e calce	
	spessore	[m]	0,0250	/	/	/	/	/	0,008	/	/	/	0,100	
	densità	[Kg/mc]	600,000	/	/	/	/	/	850,000	/	/	/	200,000	
	unità funzionale	[Kg]	15,00000	/	/	/	/	/	6,375	/	/	/	20,000	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	/	/	/	/	/	0,300	/	/	/	7,400	
energia incorporata strato	[MJ]	4,5000	/	/	/	/	/	1,913	/	/	/	148,000		
strato 10	Descrizione strato								legola marsigliese in cotto				assilo	
	spessore	[m]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,025	
	densità	[Kg/mc]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	850,000	
	unità funzionale	[Kg]	/	/	/	/	/	/	42,000	/	/	/	21,250	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	/	/	/	/	/	/	7,200	/	/	/	0,300	
energia incorporata strato	[MJ]	/	/	/	/	/	/	302,400	/	/	/	6,375		
strato 11	Descrizione strato												cls per inclusione impianto riscaldamento	
	spessore	[m]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,100	
	densità	[Kg/mc]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1600,000	
	unità funzionale	[Kg]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	160,000	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,700	
energia incorporata strato	[MJ]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	112,000		
strato 12	Descrizione strato												pavimento in larice	
	spessore	[m]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,022	
	densità	[Kg/mc]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	850,000	
	unità funzionale	[Kg]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	18,700	
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,300	
energia incorporata strato	[MJ]	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5,610		
Totale energia inglobata per un mq		[MJ]	651,250	1703,495	12740,850	922,900	14,370	477,000	399,713	462,140	149,420	477,563	863,835	
Area totale di ogni pacchetto		[mq]	60,100	80,800	293,060	106,900	18,800	84,65	124,000	18,000	20,000	47,610	152,400	
Totale energia inglobata		[MJ*mq]	39140,149	137642,396	373833,384	98615,250	258,660	40378,050	49564,400	8318,520	3388,408	22736,751	131648,454	
Totale EE dell'involucro		[MJ*mq]						426572,038						
Superficie utile interna dell'edificio		[mq]						790,000						
Anni di vita dell'edificio		[anni]						50,000						
EE involucro/mq anno		[MJ/mq a]						107,989						

voci di inventario da escludere perchè si tratta di materiali recuperati

Tab 37_ energia incorporata nell'involucro senza considerare i materiali recuperati

		Chiusura 1 PARETE IN LEGNO	Chiusura 2 PARETE IN EUROBRICK	Chiusura 3 PARETE ESISTENTE IN GRANITO	Chiusura 4 PARETE CONTROTERRA	Chiusura 5 TAMPONAMENTO SERRA	Chiusura 6 FINESTRATURE	
		orientamento EST	orientamento SUD-EST, SUD-OVEST	orientamento NORD-OVEST, NORD-EST, SUD-OVEST	orientamento SUD-EST	orientamento SUD-EST, SUD-OVEST, NORD-OVEST		
Materiale	Unità di Misura							
strato 1	Descrizione strato	assito	intonaco a base di calce	paramento in granito	pignolle	assi legno abete	vetro camera (6-9-6 mm)	
	spessore [m]	0,020	0,015	0,780	0,180	0,030	0,012	
	densità [Kg/mc]	850,000	1600	2700,000	450,000	850,000	2500,000	
	unità funzionale [Kg]	17,000	24	2106,000	81,000	25,500	30,000	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	0,300	1,5	5,900	2,500	0,300	15,900	
energia incorporata strato [MJ]	5,100	36	12425,400	202,500	7,650	477,000		
strato 2	Descrizione strato	assito	blocco in argilla (tavolato)	malta di calce e cemento	cil pozzolanico	terra cruda in mattoni	serramento larice	
	spessore [m]	0,025	0,120	0,03	0,300	0,080	0,003	
	densità [Kg/mc]	850,000	1600,000	1800	1600,000	1200,000	450,000	
	unità funzionale [Kg]	21,250	192,000	54	480,000	96,000	1,125	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	0,300	3,000	2	1,500	0,070	0,500	
energia incorporata strato [MJ]	6,375	576,000	108	720,000	6,720	0,563		
strato 3	Descrizione strato	montante orizzontale e verticale in legno ogni 50 cm	isolante in sughero (pannelli)	mattoni pieni		montante verticale in legno ogni 50 cm		
	spessore [m]	0,020	0,030	0,016	/	0,0128	/	
	densità [Kg/mc]	600,000	130,000	1600,000	/	600,000	/	
	unità funzionale [Kg]	12,000	3,900	24,883	/	7,68	/	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	0,300	7,050	3,000	/	0,300	/	
energia incorporata strato [MJ]	3,600	27,495	74,650	/	2,304	/		
strato 4	Descrizione strato	segatura in trucioli e calce idraulica	blocco in argilla (strutturale)	malta di calce e sabbia		assi legno abete		
	spessore [m]	0,100	0,200	0,02	/	0,030	/	
	densità [Kg/mc]	200,000	1600,000	1700	/	850,000	/	
	unità funzionale [Kg]	20,000	320,000	34	/	25,500	/	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	7,400	3,000	2	/	0,300	/	
energia incorporata strato [MJ]	148,000	960,000	68	/	7,650	/		
strato 5	Descrizione strato	assito	malta di calce e sabbia	sughero in granuli				
	spessore [m]	0,025	0,02	0,100	/	/	/	
	densità [Kg/mc]	850,000	1700	300,000	/	/	/	
	unità funzionale [Kg]	21,250	34	30,000	/	/	/	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	0,300	2	2,160	/	/	/	
energia incorporata strato [MJ]	6,375	68	64,800	/	/	/		
strato 6	Descrizione strato	montante orizzontale e verticale in legno ogni 50 cm	intonaco a base di calce					
	spessore [m]	0,005	0,015	/	/	/	/	
	densità [Kg/mc]	600,000	1600	/	/	/	/	
	unità funzionale [Kg]	3,000	24	/	/	/	/	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	0,300	1,5	/	/	/	/	
energia incorporata strato [MJ]	0,900	36	/	/	/	/		
strato 7	Descrizione strato	pannelli in fibra di legno						
	spessore [m]	0,040	/	/	/	/	/	
	densità [Kg/mc]	600,000	/	/	/	/	/	
	unità funzionale [Kg]	24,000	/	/	/	/	/	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	20,000	/	/	/	/	/	
energia incorporata strato [MJ]	480,000	/	/	/	/	/		
strato 8	Descrizione strato	carta oleata						
	spessore [m]	0,0002	/	/	/	/	/	
	densità [Kg/mc]	0,160	/	/	/	/	/	
	unità funzionale [Kg]	0,00003	/	/	/	/	/	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	12,600	/	/	/	/	/	
energia incorporata strato [MJ]	0,0004	/	/	/	/	/		
strato 9	Descrizione strato	scandole in larice						
	spessore [m]	0,0250	/	/	/	/	/	
	densità [Kg/mc]	600,000	/	/	/	/	/	
	unità funzionale [Kg]	15,00000	/	/	/	/	/	
	energia incorporata materiale [MJ/Kg]	0,300	/	/	/	/	/	
energia incorporata strato [MJ]	4,5000	/	/	/	/	/		
Totale energia inglobata per un mq		[MJ]	651,250	1703,495	12740,850	922,500	14,370	477,563
Area totale di ogni pacchetto		[mq]	60,100	80,800	293,060	106,900	18,000	84,65
Totale energia inglobata		[MJ*mq]	39140,149	137442,396	3733833,384	98615,250	258,660	40378,050

Strati decrescenti dall'interno verso l'esterno

Tab 38_ confronto fra l'energia incorporata nelle diverse chiusure verticali

		Chiusura 7. COPERTURA A FALDE INCLINATE	Chiusura 8. GIARDINO PENSILE	Chiusura 9. SOLAIO TERRAZZA	Chiusura 10. COPERTURA SERRA	Chiusura 11. SOLAIO CONTROTERRA	
Materiale	Unità di Misura						
strato 1	Descrizione strato	assilo	assilo	assilo	vello camera (4-9-6 mm)	ghiaia	
	spessore	[m]	0,030	0,025	0,030	0,012	0,100
	densità	[Kg/mc]	850,000	850,000	850,000	2500,000	1300,000
	unità funzionale	[Kg]	25,300	21,250	25,300	30,000	130,000
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	0,300	0,300	15,900	0,300
energia incorporata strato	[MJ]	7,650	6,375	7,650	477,000	39,000	
strato 2	Descrizione strato	carta oleata	materassino in sughero per isolamento	carta oleata	serramento legno latices	cts	
	spessore	[m]	0,0002	0,01	0,0002	0,003	0,150
	densità	[Kg/mc]	0,160	130,000	0,160	450,000	2400,000
	unità funzionale	[Kg]	0,00003	1,3	0,00003	1,125	360,000
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	12,600	7,050	12,600	0,500	1,300
energia incorporata strato	[MJ]	0,0004	9,165	0,0004	0,563	468,000	
strato 3	Descrizione strato	sughero riciclato e calce idraulica	pietra in acciaio riciclato trattata con vernici senza piombo	segatura in trucioli e calce		mattoni pieni	
	spessore	[m]	0,100	0,003	0,100	/	0,016
	densità	[Kg/mc]	300,000	7800,000	200,000	/	1600,000
	unità funzionale	[Kg]	30,000	23,400	20,000	/	24,883
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,160	9,000	7,400	/	3,000
energia incorporata strato	[MJ]	64,800	210,600	148,000	/	74,450	
strato 4	Descrizione strato	doppio listone ogni 50 cm	ghiaia	doppio listone ogni 50 cm		malta di calce e sabbia	
	spessore	[m]	0,005	0,050	0,007	/	0,02
	densità	[Kg/mc]	850,000	1300,000	850,000	/	1700
	unità funzionale	[Kg]	4,250	45,000	5,950	/	34
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	0,100	0,300	/	2
energia incorporata strato	[MJ]	1,275	6,500	1,785	/	68	
strato 5	Descrizione strato	assilo	sabbia	assilo		traversi	
	spessore	[m]	0,030	0,050	0,025	/	0,008
	densità	[Kg/mc]	850,000	1200,000	850,000	/	850,000
	unità funzionale	[Kg]	25,300	60,000	21,250	/	6,375
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300		0,300	/	0,300
energia incorporata strato	[MJ]	7,650	0,000	6,375	/	1,913	
strato 6	Descrizione strato	assilo	terra vegetale	pavimento in latices		assilo	
	spessore	[m]	0,025	0,300	0,022	/	0,025
	densità	[Kg/mc]	850,000	1700,000	850,000	/	850,000
	unità funzionale	[Kg]	21,250	510,000	18,700	/	21,250
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	0,450	0,300	/	0,300
energia incorporata strato	[MJ]	6,375	229,500	5,610	/	6,375	
strato 7	Descrizione strato	doppio listone ogni 50 cm				carta oleata	
	spessore	[m]	0,005	/	/	/	0,0002
	densità	[Kg/mc]	850,000	/	/	/	0,160
	unità funzionale	[Kg]	4,250	/	/	/	0,00003
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	/	/	/	12,600
energia incorporata strato	[MJ]	1,275	/	/	/	0,00034	
strato 8	Descrizione strato	assilo				doppio listone	
	spessore	[m]	0,025	/	/	/	0,008
	densità	[Kg/mc]	850,000	/	/	/	850,000
	unità funzionale	[Kg]	21,250	/	/	/	6,375
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	/	/	/	0,300
energia incorporata strato	[MJ]	6,375	/	/	/	1,913	
strato 9	Descrizione strato	listone porta legola ogni 50 cm				segatura in trucioli e calce	
	spessore	[m]	0,008	/	/	/	0,100
	densità	[Kg/mc]	850,000	/	/	/	200,000
	unità funzionale	[Kg]	6,375	/	/	/	20,000
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	/	/	/	7,400
energia incorporata strato	[MJ]	1,913	/	/	/	148,000	
strato 10	Descrizione strato	legola marsigliese in calce				assilo	
	spessore	[m]	/	/	/	/	0,025
	densità	[Kg/mc]	/	/	/	/	850,000
	unità funzionale	[Kg]	42,000	/	/	/	21,250
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	7,200	/	/	/	0,300
energia incorporata strato	[MJ]	302,400	/	/	/	6,375	
strato 11	Descrizione strato					cts per inclusione impianto riscaldamento	
	spessore	[m]	/	/	/	/	0,100
	densità	[Kg/mc]	/	/	/	/	1600,000
	unità funzionale	[Kg]	/	/	/	/	160,000
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	/	/	/	/	0,700
energia incorporata strato	[MJ]	/	/	/	/	112,000	
strato 12	Descrizione strato					pavimento in latices	
	spessore	[m]	/	/	/	/	0,022
	densità	[Kg/mc]	/	/	/	/	850,000
	unità funzionale	[Kg]	/	/	/	/	18,700
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	/	/	/	/	0,300
energia incorporata strato	[MJ]	/	/	/	/	5,610	
Totale energia inglobata per un mq		[MJ]	399,713	462,140	169,420	477,563	863,835
Area totale di ogni pacchetto		[mq]	124,000	18,000	20,000	47,610	152,400
Totale energia inglobata		[MJ/mq]	49564,400	8318,520	3388,408	22736,751	131648,454

Strati descritti dall'interno verso l'esterno

Tab 39_ confronto fra l'energia incorporata nelle diverse chiusure orizzontali

		Chiusura 1_PARETE LEGNO IN	Chiusura 2_PARETE IN BUROBRICK	Chiusura 3_PARETE IN INTERCAPEDINE E SUGHERO	Chiusura 2_MATTONI IN LATERIZIO E LANA DI ROCCIA	Chiusura 3_MATTONI IN LATERIZIO E FERRA DI LEGNO	Chiusura 4_MATTONI IN LATERIZIO E SUGHERO	Chiusura 3_PARETE DOPIO PARAMENTO IN GRANITO	Chiusura 6_PARETE IN TERRA CRUDA PSE E LEGNO	Chiusura 7_PARETE PAGLIA IN	
Materiale											
Unità di Misura											
strato 1	Trasmittanza termica	[W/mqK]	0,345	0,343	0,343	0,364	0,356	0,338	1,268	0,349	0,177
	Spessore	[m]	0,24	0,43	0,44	0,39	0,39	0,39	0,2	0,60	0,56
	Descrizione strato		assilo	intonaco a base di calce	intonaco in gesso	intonaco in gesso	intonaco in gesso	intonaco in gesso	paramento in granito	assilo	intonaco in calce
	spessore	[m]	0,020	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,200	0,030	0,040
	densità	[Kg/mc]	850,000	1600	1200,000	1200,000	1200,000	1200,000	2700,000	850,000	1600
	unità funzionale	[Kg]	17,000	24	12,000	12,000	12,000	12,000	540,000	25,500	64
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	1,5	4,500	4,500	4,500	4,500	5,900	0,300	1,5
	energia incorporata strato	[MJ]	5,100	36	54,000	54,000	54,000	54,000	3186,000	7,650	96
	Descrizione strato		assilo	blocco in argilla (tevatolo)	blocchi in laterizio oleovalci	mattoni semipieni laterizio	mattoni semipieni laterizio	mattoni semipieni laterizio	assilo	blocchi in terra cruda	blocchi in paglia
	spessore	[m]	0,025	0,130	0,250	0,250	0,250	0,250	0,020	0,500	0,480
densità	[Kg/mc]	850,000	1600,000	800,000	1600,000	1600,000	1600,000	850,000	1200,000	340,000	
unità funzionale	[Kg]	21,250	192,000	200,000	400,000	400,000	400,000	17,000	600,000	163,200	
energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	3,000	2,500	3,000	3,000	3,000	0,300	0,070	1,380	
energia incorporata strato	[MJ]	6,375	576,000	500,000	1200,000	1200,000	1200,000	5,100	42,000	225,216	
strato 3	Descrizione strato		montante orizzontale e verticale in legno ogni 50 cm	isolante in sughero	isolante in sughero	malta in calce e cemento	malta in calce e cemento	sottostuttura in legno	terra cruda in mattoni	sottostuttura in legno	intonaco in calce
	spessore	[m]	0,020	0,030	0,060	0,020	0,020	0,007	0,080	0,003	0,040
	densità	[Kg/mc]	600,000	130,000	130,000	1500,000	1500,000	600,000	1200,000	600,000	1600
	unità funzionale	[Kg]	12,000	3,900	7,800	30,000	30,000	4,320	96,000	1,920	64
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	7,050	7,050	1,500	1,500	0,300	0,070	0,300	1,5
	energia incorporata strato	[MJ]	3,600	27,495	54,990	45,000	45,000	1,296	6,720	0,576	96
	Descrizione strato		segatura in trucioli e calce idraulica	blocco in argilla (strufande)	mattoni faccia a vista	isolante in lana di roccia	isolante in fibra di legno	isolante in sughero	assilo	isolante in sughero	/
	spessore	[m]	0,100	0,200	0,120	0,090	0,090	0,090	0,020	0,040	/
	densità	[Kg/mc]	200,000	1600,000	1600,000	80,000	45,000	130,000	850,000	130,000	/
	unità funzionale	[Kg]	20,000	320,000	192,000	7,200	4,050	11,700	17,000	5,200	/
energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	7,400	3,000	3,000	32,120	17,000	7,000	7,000	7,000	/	
energia incorporata strato	[MJ]	148,000	960,000	576,000	159,264	68,850	82,485	5,100	36,660	/	
strato 5	Descrizione strato		assilo	malta di calce e sabbia	/	intonaco in calce e cemento	intonaco in calce e cemento	carta oleata	paramento in granito	assilo	/
	spessore	[m]	0,025	0,02	/	0,020	0,020	0,0002	0,200	0,030	/
	densità	[Kg/mc]	850,000	1700	/	1800,000	1800,000	0,140	2700,000	850,000	/
	unità funzionale	[Kg]	21,250	34	/	36,000	36,000	0,00003	540,000	25,500	/
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	2	/	2,000	2,000	12,600	5,900	0,300	/
	energia incorporata strato	[MJ]	6,375	68	/	72,000	72,000	0,0004	3186,000	7,650	/
	Descrizione strato		montante orizzontale e verticale in legno ogni 50 cm	isolante in (pannelli) sughero	/	/	/	sottostuttura in legno	/	/	/
	spessore	[m]	0,020	0,050	/	/	/	0,002	/	/	/
	densità	[Kg/mc]	600,000	130,000	/	/	/	600,000	/	/	/
	unità funzionale	[Kg]	3,000	6,500	/	/	/	1,080	/	/	/
energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	7,050	/	/	/	0,300	/	/	/	
energia incorporata strato	[MJ]	0,900	45,825	/	/	/	0,324	/	/	/	
strato 7	Descrizione strato		pannelli in fibra di legno	intonaco a base di calce	/	/	/	rivestimento in legno	/	/	/
	spessore	[m]	0,020	0,015	/	/	/	0,0300	/	/	/
	densità	[Kg/mc]	600,000	1600	/	/	/	600,000	/	/	/
	unità funzionale	[Kg]	12,000	24	/	/	/	18,000,000	/	/	/
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	20,000	1,5	/	/	/	0,300	/	/	/
	energia incorporata strato	[MJ]	240,000	36	/	/	/	5,4000	/	/	/
	Descrizione strato		carta oleata	/	/	/	/	/	/	/	/
	spessore	[m]	0,0002	/	/	/	/	/	/	/	/
	densità	[Kg/mc]	0,140	/	/	/	/	/	/	/	/
	unità funzionale	[Kg]	0,00003	/	/	/	/	/	/	/	/
energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	12,600	/	/	/	/	/	/	/	/	
energia incorporata strato	[MJ]	0,0004	/	/	/	/	/	/	/	/	
strato 9	Descrizione strato		scandole in torice	/	/	/	/	/	/	/	/
	spessore	[m]	0,0250	/	/	/	/	/	/	/	/
	densità	[Kg/mc]	600,000	/	/	/	/	/	/	/	/
	unità funzionale	[Kg]	12,000,000	/	/	/	/	/	/	/	/
	energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,300	/	/	/	/	/	/	/	/
	energia incorporata strato	[MJ]	4,5000	/	/	/	/	/	/	/	/
	Totale energia inglobata per un mq	[MJ]	411,250	1703,495	1184,990	1330,264	1439,830	1337,781	6386,920	94,036	417,216

Tab 40_ confronto fra l'energia incorporata in alcune soluzioni di chiusura a parità di trasmittanza

2.1_EMISSIONE DI GAS SERRA
2.2_PRODUZIONE DI RIFIUTI SOLIDI
2.3_PRODUZIONE DI RIFIUTI LIQUIDI
2.4_PERMEABILITA' DELLE AREE ESTERNE

2_CARICHI AMBIENTALI

REQUISITO 2.1. EMISSIONE DI GAS SERRA

Esigenza: minimizzare le emissioni di gas serra in atmosfera

Indicatore di prestazione: rapporto tra le emissioni di CO₂ dell'edificio (in base al fabbisogno di energia primaria e al combustibile impiegato) e quelle relative al fabbisogno di energia primaria limite (impiegando come combustibile il metano)

Unità di misura: % (kg/mq anno / kg/mq anno)

Per la verifica del criterio si è moltiplicato il valore del fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale dell'edificio per metro quadrato di superficie utile, per il coefficiente di conversione in emissioni di CO₂ (kg/mq anno) rapportandolo alle emissioni relative al fabbisogno di energia primaria limite impiegando come combustibile il metano.

Il progetto prevede un impianto termico funzionante prevalentemente ad irraggiamento sia diretto che indotto, a pavimento e a parete con circolazione di acqua a bassa temperatura in serpentina. I generatori di calore sono due stufe, una in muratura ad irraggiamento e accumulo di calore posizionata al centro della casa e funzionante a metano (integrante il sistema solare di riscaldamento dell'acqua calda sanitaria) e una in ghisa per il riscaldamento della cucina, sempre a metano.

Fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale = 32,71 kWh/mq anno

Fabbisogno di energia coperta dall'impianto solare = 2,8 kWh/mq anno

Fabbisogno coperto dalla caldaia metano = 29,91 kWh/mq anno

Emissioni di progetto = 8,28 kg CO₂/mq anno

Valore del fabbisogno limite al 2008 = 37 kWh/mq anno

Emissioni di progetto = 10,25 kg CO₂/mq anno

% (kg mq anno/ kg mq anno) = 80,78

Coefficienti di emissione di CO ₂	
Combustibile	Emissioni di CO ₂ (kgCO ₂ /kWh)
Olio combustibile	0,330
Gas/GPL	0,277
Antracite	0,394
Lignite	0,433
Carbone generico	0,467
Fonti rinnovabili	0
Elettricità da idroelettrico	0,007
Elettricità da carbone	1,340
Mix elettrico	0,200

Tab 41_ coefficienti di conversione in emissioni di CO₂

% (kg mq anno/ kg mq anno)	Punti
>100	-1
100	0
80	1
60	2
40	3
20	4
0	5
peso del criterio	40%

Esigenza: favorire, attraverso una corretta differenziazione, il riutilizzo dei rifiuti solidi organici e non

Indicatore di prestazione: presenza di strategie per la raccolta differenziata dei rifiuti solidi organici e non

Unità di misura: indicatore qualitativo

Riferimenti legislativi: DPR 27/04/99 n.158 "Regolamento recante norme per l'elaborazione del metodo normalizzato per definire la tariffa del servizio di gestione dei rifiuti urbani".

Trattandosi di un edificio singolo abitato da una sola famiglia, non si può parlare di strategie per la raccolta centralizzata di rifiuti organici e non. In questo caso però gli utenti della casa praticano la raccolta differenziata dei rifiuti e il compostaggio domestico. Il compost prodotto viene utilizzato come fertilizzante per le aree verdi pertinenziali della casa e per le vasche di terreno collocate all'interno della serra-cucina.

	Punti
	-1
Assenza di strategie per la raccolta differenziata di rifiuti organici e non	0
	1
	2
Presenza di strategie per la raccolta centralizzata di rifiuti organici e non	3
	4
	5
peso del criterio	20%

REQUISITO 2.3.

PRODUZIONE RIFIUTI LIQUIDI

Esigenza: minimizzare la quantità di effluenti scaricati in fognatura

Indicatore di prestazione: volume di rifiuti liquidi generati per persona al giorno e immessi in fognatura

Unità di misura: litri/persona giorno

Per la verifica del criterio si è calcolata la quantità di effluenti recuperati, depurati e riutilizzabili per usi indoor e/o per irrigazione e il volume giornaliero di effluenti che vengono scaricati in fognatura. Il progetto non prevede sistemi di raccolta e depurazione delle acque grigie; l'impianto di evacuazione delle acque bianche, grigie e nere è composto da una fossa biologica imhoff. Sono utilizzati sistemi per la riduzione dei consumi di acqua quali gli aeratori per i rubinetti e le cassette di cacciata a doppio tasto.

Produzione di effluenti = 120 litri/persona giorno

Riduzione per aeratori rubinetti = 13%

Riduzione per cassetta a doppio tasto = 23%

Produzione di effluenti = 77 litri/ persona giorno

litri/persona giorno	Punti
138	-1
120	0
102	1
84	2
66	3
48	4
30	5
peso del criterio	20%

REQUISITO 2.4.

PERMEABILITA' DELLE AREE ESTERNE

Esigenza: minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua

Indicatore di prestazione: rapporto tra l'area delle superfici esterne permeabili e l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio

Unità di misura: % (mq / mq)

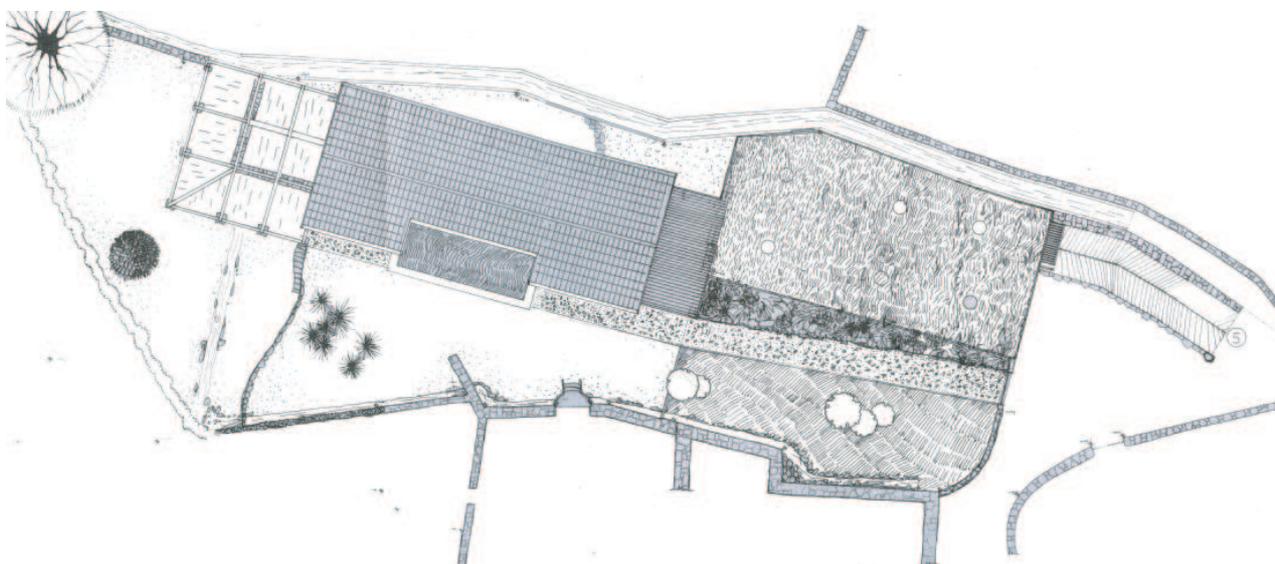


Fig 23_ planimetria con indicazione delle sistemazioni esterne del lotto

Per la verifica del criterio si è calcolata l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio e l'area delle superfici permeabili.

Per superfici permeabili si intendono le superfici sgombre da costruzioni sopra o sotto il suolo che garantiscono l'assorbimento di acque meteoriche. Si sono conteggiate tutte le aree prive di pavimentazione, mantenute a prato e piantumate con arbusti e/o piante ad alto fusto.

Superficie pertinenze edificio = $224+26+63+20+111+24+54 = 520$ mq

Superfici permeabili = $224+26+20+63 = 333$ mq

% superficie permeabile = 64

%	Punti
40	-1
50	0
60	1
70	2
80	3
90	4
100	5
peso del criterio	20%

		A	B	C	D	E	F	G	H	I			
		sottocriteri			sottocriteri			Aree di valutazione					
		Pun- teggio	Peso %	Pun- teggio pesato	Pun- teggio	Peso %	Pun- teggio pesato	Pun- teggio	Peso %	Pun- teggio pesato			
1.1 contenimento consumi energetici invernali	1.1.1 energia primaria per la climatizzazione invernale	5	70	3,5	4,4	30	1,32						
	1.1.2 trasmittanza termica involucro edilizio	3	30	0,9									
1.2 acqua calda sanitaria				5	5	0,25							
1.3 contenimento consumi energetici estivi	1.3.1 controllo della radiazione solare	3	50	1,5	3,5	20	0,7						
	1.3.2 inerzia termica	4	50	2									
1.4 illuminazione naturale				5	5	0,25							
1.5 energia elettrica da fonti rinnovabili				5	10	0,5							
1.6 materiali eco-compatibili	1.6.1 uso di materiali da fonti rinnovabili	2	60	1,2	3,2	15	0,48						
	1.6.2 uso di materiali riciclati / di recupero	5	40	2									
1.7 acqua potabile	1.7.1 consumo di acqua potabile per irrigazione	5	60	3	5	10	0,5						
	1.7.2 consumo di acqua potabile per usi indoor	5	40	2									
1.8 mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio				3	5	0,15							
											70	2,905	
2.1 emissioni di gas serra				1	40	0,4							
2.2 rifiuti solidi				3	20	0,6							
2.3 rifiuti liquidi				3	20	0,6							
2.4 permeabilità aree esterne				2	20	0,4							
											2	30	0,6
											3,505		