

Low energy housing in Ticino

The „Vitali-Velti“ house

Ausgearbeitet durch

Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
Laboratorio Energia Ecologia ed Economia

e

Aldo Velti architetto

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

Febbraio 2003, rapporto finale

Committente:

Programma di ricerca uso razionale dell'energia negli edifici
Ufficio federale dell'energia

Contraente:

Laboratorio Energia Ecologia ed Economia, DCT, SUPSI
Aldo Velti architetto

Autori:

Daniel Pahud, SUPSI-DCT / LEEE-UREC, Trevano-Canobbio
Milton Generelli, SUPSI-DCT / LEEE-UREC, Trevano-Canobbio
Aldo Velti, architetto, Monte Carasso
Bruno Vitali, architetto, Monte Carasso

Gruppo di accompagnamento:

Arch. Mark Zimmermann, EMPA - ZEN
IEA Task 28, Solar Sustainable Housing

2003

Questo studio è stato eseguito nell'ambito del programma di ricerca „Uso razionale negli edifici“ dell'Ufficio federale dell'energia. Per il contenuto solo gli autori sono responsabili.

Ufficio Federale dell'Energia UFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Indirizzo postale: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Scaricamento del rapporto da internet: http://www.leeec.dct.supsi.ch/leeec-urec/Online_reports.htm

Ufficio Federale dell'Energia UFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Indirizzo postale: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Scaricamento del rapporto da internet: http://www.lee.dct.supsi.ch/lee-urec/Online_reports.htm

Riassunto

Nel cantone Ticino, sono state costruite poche case a basso consumo energetico rispetto alla Svizzera tedesca. La casa bifamiliare "Vitali-Velti" è un esempio di questo tipo d'abitazione ed è stata monitorata e documentata grazie a questo progetto di ricerca.

Il concetto della casa permette, grazie alle grandi finestre orientate verso sud-est e un involucro ben isolato (spessore dell'isolamento compreso tra 13 e 20 cm, tagli termici), di sfruttare al meglio i guadagni solari passivi e limitare al minimo le perdite per trasmissione. L'energia di riscaldamento necessaria è fornita da un caminetto chiuso e sporadicamente da un radiatore elettrico supplementare. La distribuzione di calore nella casa è assicurata dalla convezione naturale dell'aria, che può circolare attraverso aperture tra i piani. Un sistema di ventilazione automatico a doppio flusso con recupero di calore permette di garantire il ricambio d'aria (3 volumi al giorno). L'acqua calda è prodotta da uno scaldacqua solare ("kit" solare) in ogni casa (2 x 4 m² di collettore solare). L'energia ausiliare è elettrica. Le superfici di riferimento energetico delle case A e B sono rispettivamente di 260m² e 234 m².

Il bilancio energetico della casa è stabilito sulla base dei rilevamenti effettuati da luglio 2001 a luglio 2002. Il periodo di riscaldamento si limita a 4 – 4½ mesi l'anno (da novembre a febbraio – parzialmente marzo). Il fabbisogno d'energia per il riscaldamento rilevato è di 48 MJ/(m²a) per la casa A. Il sistema di ventilazione funziona solo quando la casa è riscaldata; quasi sempre con la velocità minima, portando da 60 a 70 m³/h d'aria fresca al suo interno. Questa portata è dimensionata per il numero di persone che abitano la casa e non in base al volume da ventilare. Questo è sufficiente per i quattro abitanti che non fumano, ma garantisce un tasso di ricambio d'aria di solo 0.1 h⁻¹. I rilievi hanno permesso di stimare l'efficienza dello scambiatore di calore nel sistema di ventilazione a 50 – 60 %. Il coefficiente di prestazione associato al recupero di calore, definito dal rapporto tra l'energia termica recuperata e l'energia elettrica consumata, è valutato a 4. Un valore più elevato sarebbe potuto essere raggiunto isolando maggiormente il condotto che collega la presa d'aria esterna allo scambiatore di calore.

Il basso consumo d'acqua calda e la frazione solare elevata raggiunta dallo scaldacqua solare hanno limitato l'indice energetico per l'acqua calda a circa 2 kWh/(m²a) per le due case. A causa del tempo di funzionamento ridotto del sistema di ventilazione, l'indice elettrico dei ventilatori ammonta a solo 0.2 kWh/(m²a). L'indice energetico per il riscaldamento della casa A è rilevato a circa 20 kWh/(m²a) (2.5 kWh/(m²a) per l'energia elettrica e meno di 18 kWh/(m²a) per la legna). L'indice elettrico della casa, dedotta l'energia elettrica per l'acqua calda, il sistema di ventilazione e il riscaldamento, è valutato a 9 – 10 kWh/(m²a) per la casa A e a 14 – 15 kWh/(m²a) per la casa B. Questi valori sono ben al di sotto di quelli raccomandati dalla norma SIA 380/1 (22 kWh/(m²a)). L'applicazione della norma SIA 380/1 (ed. 2001) permette di determinare il fabbisogno d'energia per il riscaldamento con 67 MJ/(m²a) per la casa A e 84 MJ/(m²a) per la casa B. Questi valori sono circa due volte più bassi dei valori mirati fissati dalla norma (casa A: 130 MJ/(m²a), casa B: 160 MJ/(m²a)).

Grazie ai guadagni solari passivi e alla grande capacità termica della casa, una potenza termica di circa 2 kW basta per riscaldare la casa durante i periodi i più freddi.

L'indice energetico Minergie è ampiamente rispettato. Si ottiene un valore di 34 kWh/(m²a) per le due case, ben inferiore al limite massimo di 42 kWh/(m²a), fissato dallo standard Minergie.

Lo standard "Passivhaus" potrebbe essere raggiunto dalla casa A solo migliorando l'efficienza dello scambiatore di calore nel sistema di ventilazione. È sufficiente un'efficienza media del recuperatore pari all'80%. Per la casa B, lo standard "Passivhaus" non può essere raggiunto senza migliorare l'involucro della casa dal punto di vista termico.

Il benessere termico è stato valutato durante alcuni giorni in inverno, primavera ed estate. I parametri che determinano il benessere sono generalmente largamente soddisfatti. La temperatura operativa (che rappresenta la temperatura percepita dalle persone), scende a volte sotto il valore minimo fissato per il benessere standard. Ciò è giustificabile dal fatto che è solo l'occupante a decidere quando riscaldare. Questo sottolinea anche l'aspetto soggettivo della sensazione di benessere.

La notevole massa della casa smorza in modo ottimale le variazioni di temperatura dovute ai guadagni solari o al calore fornito dal caminetto chiuso. Grazie alle protezioni solari e a volte alla ventilazione notturna, la casa non ha mai subito un surriscaldamento durante l'estate. La temperatura interna dell'aria ha sempre soddisfatto le esigenze di benessere.

È stata effettuata una valutazione ecologica della casa con il programma OGIP. La casa "Vitali-Velti" appare sempre migliore di una casa tradizionale in tutti gli aspetti considerati. Questo studio ha permesso di evidenziare i limiti della banca dati del programma per quanto riguarda gli elementi costruttivi e le installazioni tecniche delle case a basso consumo energetico tipo Minergie o Passivhaus. L'utente stesso deve definire gli elementi mancanti e quindi sono richieste conoscenze approfondite nei campi toccati da questo tipo di valutazione.

Dal punto di vista economico, la casa realizzata richiede un investimento inferiore a quello di una casa tradizionale. L'investimento supplementare per l'involucro della casa, lo scaldacqua solare e il sistema di ventilazione è ampiamente compensato dall'assenza di distribuzione di calore e del locale tecnico per il riscaldamento tradizionale. Tenendo conto dei costi d'esercizio, la casa realizzata permette un risparmio di circa 3'000 franchi all'anno per famiglia rispetto ad una casa tradizionale.

Résumé

Dans le canton du Tessin, peu de maisons à basse consommation d'énergie ont été construites relativement à la Suisse allemande. La maison bi familiale « Vitali-Velti » est l'un des quelques exemples. Elle a pu être monitorée et documentée dans cette étude.

Le concept de la maison permet, grâce à de grandes fenêtres orientées au sud-est et à une isolation soignée de son enveloppe (épaisseur de l'isolation variant entre 13 et 20 cm, ponts thermiques coupés), d'exploiter au mieux les gains solaires passifs. L'énergie de chauffage restante est couverte par une cheminée fermée et, parfois, par un radiateur électrique. La distribution de la chaleur se fait par convection naturelle de l'air dans la maison, grâce à des ouvertures entre les étages. Un système de ventilation douce à double flux avec récupération de chaleur permet d'assurer le renouvellement d'air (3 volumes par jour). L'eau chaude est préparée avec un chauffe eau solaire (« kit » solaire) dans chaque maison (2 x 4 m² de capteurs). L'énergie d'appoint est électrique. Les surfaces de référence énergétique des maisons A et B sont respectivement 260 m² et 234 m².

Un bilan énergétique de la maison est effectué sur la base des mesures réalisées de juillet 2001 à juillet 2002. La période de chauffage se limite à 4 – 4½ mois par année (de novembre à février – mi-mars). La demande d'énergie de chauffage est mesurée à 48 MJ/(m²a) pour la maison A. La ventilation douce n'est enclenchée que lorsque la maison est chauffée. Elle fonctionne pratiquement toujours au régime minimum, amenant 60 à 70 m³/h d'air frais. Ce débit est dimensionné pour le nombre de personnes habitant la maison et non le volume à ventiler. Il convient pour les 4 occupants non fumeurs, mais ne garantit qu'un taux de renouvellement d'air de 0.1 h⁻¹. Les mesures ont permis d'estimer l'efficacité de l'échangeur de chaleur du système de ventilation à 50 – 60%. Le coefficient de performance associé à la récupération de chaleur, défini par le rapport entre l'énergie thermique récupérée et l'énergie électrique consommée par les ventilateurs, est établi à 4. Une valeur plus élevée aurait pu être atteinte avec une isolation plus forte de la conduite qui connecte la prise d'air extérieur à l'échangeur de chaleur dans la maison.

La faible consommation d'eau chaude et la fraction solaire élevée atteinte par le chauffe eau solaire ont limité l'indice énergétique de l'eau chaude à environ 2 kWh/(m²a) pour les deux maisons. En raison du temps de marche annuel réduit du système de ventilation, l'indice électrique des ventilateurs ne vaut que 0.2 kWh/(m²a). L'indice énergétique de chauffage de la maison A est mesuré à environ 20 kWh/(m²a) (2.5 kWh/(m²a) pour l'énergie électrique et moins de 18 kWh/(m²a) pour le bois). L'indice électrique de la maison, déduction faite de l'énergie électrique pour l'eau chaude, le système de ventilation et le chauffage, est évalué à 9-10 kWh/(m²a) pour la maison A et 14 – 15 kWh/(m²a) pour la maison B. Ces valeurs sont bien en dessous de celle préconisée par la norme SIA 380/1 (22 kWh/(m²a)). L'application de la norme SIA 380/1 (ed. 2001) permet de calculer la demande d'énergie de chauffage à 67 MJ/(m²a) pour la maison A et à 84 MJ/(m²a) pour la maison B. Ces valeurs sont environ 2 fois plus basses que les valeurs cibles fixées par la norme (maison A : 130 MJ/(m²a), maison B : 160 MJ/(m²a)).

Grâce aux gains solaires passifs et la capacité de stockage importante de la maison, une puissance thermique d'environ 2 kW suffit pour chauffer une maison pendant les périodes les plus froides.

L'indice énergétique pondéré Minergie est également largement respecté. Il est globalement obtenu à 34 kWh/(m²a) pour les deux maisons, valeur qui est bien en dessous de la limite fixée à 42 kWh/(m²a).

Le standard « Passivhaus » pourrait être atteint avec la maison A si l'efficacité de l'échangeur de chaleur du système de ventilation permettait de récupérer 80% de l'énergie perdue par l'air expulsé. Pour la maison B, le standard « Passivhaus » ne peut pas être atteint sans devoir améliorer du point de vue thermique l'enveloppe de la maison.

Le confort thermique est évalué sur une courte période en hiver, durant l'entre saison et en été. Les paramètres de confort sont généralement bien respectés. La température opérative (qui peut être qualifiée comme la température ressentie par une personne), peut parfois descendre en dessous de l'intervalle qui caractérise le confort standard, simplement par le fait que c'est l'occupant qui décide quand il veut chauffer. Ceci souligne également l'aspect subjectif de la sensation de confort.

La masse importante de la maison atténue de façon optimale les variations de température induites par les gains solaires ou la chaleur dégagée par la cheminée. Grâce aux protections solaires extérieures et parfois à la ventilation nocturne, la maison n'a jamais surchauffé en été. La température intérieure de l'air a toujours satisfait les exigences de confort.

Une évaluation écologique de la maison a été effectuée avec le programme OGIP. La maison « Vitali-Velti » apparaît meilleure qu'une maison traditionnelle sous tous les aspects considérés. Cette étude a également permis de mettre en évidence les lacunes de la banque de données du programme en ce qui concerne le choix des éléments de construction relatifs aux bâtiments Minergie et Passivhaus, et également sur le choix de leurs installations techniques. C'est à l'utilisateur de définir lui-même les éléments qui lui manque, ce qui requiert des connaissances approfondies dans les domaines concernés.

Du point de vue économique la maison réalisée requiert un investissement inférieur à celui d'une maison traditionnelle. L'investissement supplémentaire relatif à l'enveloppe de la maison, le chauffe eau solaire et le système de ventilation est largement compensé par l'absence de distribution de chaleur et de local technique pour le chauffage traditionnel. En prenant en compte les coûts d'exercice, la maison réalisée permet une économie de l'ordre de 3'000 Fr./a par famille relativement à une maison conventionnelle.

Summary

In the Tessin county, few low energy houses have been constructed compared to the German part of Switzerland. The two-family house "Vitali-Velti" is one of the few examples. It has been monitored and is documented in this study.

Thanks to large windows in the south-east façade and a well insulated building envelope (insulation thickness of 13 – 20 cm and special attention given to reducing thermal bridges), the passive solar gains significantly contribute to heating. The remaining heating requirement is covered by a closed chimney and sometimes with an electric radiator. Heat is distributed by free convection inside the house, thanks to openings between the stairs. A double flux ventilation system with heat recovery ensures the air change (3 volumes per day). Each house has a solar hot water system (2 x 4 m² of solar collectors) with electric auxiliary energy. House A has a heating reference area of 260 m² and house B 234 m².

A house heat balance is performed on the basis of measurements executed from July 2001 to July 2002. The heating period is limited to 4 – 4½ months per year (from November to February – partially March). The space heating heat demand is measured to 48 MJ/(m²a) for house A. The ventilation system operates only when the house is heated. The lowest regime is in practice always selected, providing 60 to 70 m³/h of fresh air in the house. This air flow is sized in relation to the number of people living in the house and not to the volume to be ventilated. It is adequate for the four non-smoking inhabitants. However it only ensures an air change rate of 0.1 h⁻¹. The heat exchanger efficiency of the ventilation system is assessed with measurements to 50 – 60%. The heat recovery performance coefficient, defined by the ratio "heat recovered" over "electric energy" used by the fans, is established to 4. A higher value could have been reached if the channel connecting the outside air inlet to the heat exchanger had been insulated with a greater insulation thickness.

The low hot water consumption and the large hot water solar fraction have limited the hot water energy index to only 2 kWh/(m²a) for both houses. Due to the short annual operation time of the ventilation system, the fan electric index is only 0.2 kWh/(m²a). The house A energy index for heating of is about 20 kWh/(m²a) (2.5 kWh/(m²a) for the electric energy and less than 18 kWh/(m²a) for the wood). The household electric energy index, without the electric energy for hot water, the ventilation system and space heating, amounts to 9 – 10 kWh/(m²a) for house A and 14 – 15 kWh/(m²a) for house B. These values are well below the standard one given by the Swiss SIA 380/1 norm (22 kWh/(m²a)). Using the method of the SIA 380/1 norm (ed. 2001), the space heating heat demand is calculated to 67 MJ/(m²a) for house A and 84 MJ/(m²a) for house B. These values are about two times smaller than the target values fixed by the norm (130 MJ/(m²a) for house A and 160 MJ/(m²a) for house B).

A heating power of about 2 kW, due to the passive solar gains and the large storage capacity of the house, is enough to heat one house during the coldest periods.

The Minergie index, assessed to 34 kWh/(m²a) for both houses together, is also well below the limit of 42 kWh/(m²a). The “Passivhaus” standard could be reached with house A by only improving the heat recovery fraction of the ventilation heat exchanger to 80%. With house B, the “Passivhaus” standard cannot be reached without improving the building envelope.

The thermal comfort is assessed during three short periods in winter, spring and summer. Comfort parameters remain within standard limits most of the time. Due to the choice of the inhabitant as to heat, the operative temperature may sometimes drop below the minimum limit that characterises the standard comfort. This highlights the subjective aspect of the comfort feeling.

The large mass of the house optimally dampens the temperature variations induced by passive solar gains or the released heat from the chimney. Thanks to the external solar protections and sometimes the nocturnal ventilation, the house has never overheated. The internal air temperature has always satisfied the comfort exigencies during summer.

An ecological assessment of the house has been carried out with the OGIP programme. The “Vitali-Velti” house always presents itself as better than a traditional house under all the aspects considered. This study also highlighted the limits of the programme data bank in relation to construction elements and technical systems of Minergie and Passivhaus buildings. The programme user has to define the lacking elements himself, thus requiring expert knowledge in the domains concerned.

From the economical point of view, the “Vitali-Velti” house investment is lower than that of a traditional house. The additional investment for the house envelope, the solar hot water system and the ventilation system is largely compensated by the absence of heat distribution and a technical locale for a traditional heating system. Taking into account the operating cost, a saving of about 3'000 CHF per year and per house is realised compared to a traditional house.

Sommario

Riassunto	1
Résumé	3
Summary	5
Sommario	7
1. Introduzione	9
2. Obiettivi	11
3. La casa “Vitali-Velti”	13
3.1. In generale	13
3.2. Caratteristiche dell'edificio	14
3.3. Installazioni tecniche	17
4. Bilancio energetico	21
4.1. Introduzione	21
4.2. Valori rilevati per il bilancio energetico	21
4.3. Dati meteorologici e temperature interne	22
4.4. Riscaldamento della casa A	24
4.5. Sistema di ventilazione della casa A	26
4.6. Acqua calda sanitaria	33
4.7. Bilancio energetico	36
4.8. Fabbisogno d'energia e paragone con il calcolo SIA 380/1	37
4.9. Verifica del fabbisogno energetico secondo la norma SIA 380/1	41
4.10. Verifica indice energetico secondo standard Minergie	43
4.11. Lo standard “Passivhaus”	45
5. Temperature interne e benessere	49
5.1. Temperature e umidità relativa dell'aria	49
5.2. Stratificazione della temperature dell'aria interna	51
5.3. Comportamento della casa durante il periodo estivo	54
5.4. Verifica puntuale del benessere	56
5.5. Qualità dell'aria con/senza ventilazione	57
6. Analisi ecologica con OGIP	59
6.1. Valutazione casa Vitali / Velti con il programma OGIP	59
6.2. Risultati del confronto tra il caso standard e il caso reale	60
6.3. Commenti dei risultati	61
6.4. Impiego del programma OGIP	62
7. Aspetti economici	63
8. Conclusione, considerazioni	65
9. Ringraziamenti	67
10. Fonti	67

Allegato 1: Piani della casa e dettagli dei tagli termici

Allegato 2: Benessere termico

Allegato 3: Analisi OGIP

Allegato 4: Analisi con ECONOCAL

Programma di ricerca Uso razionale dell'energia negli edifici	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Ufficio Federale dell' Energia UFE
--	---	---------------------------------------

1. Introduzione

I cambiamenti climatici e la pressione delle attività dell'uomo sull'ambiente sono oggi fatti inconfutabili. L'impatto negativo delle energie fossili sull'ambiente e la loro scarsità implicano che la loro utilizzazione dovrà progressivamente diminuire e che le energie rinnovabili dovranno giocare un ruolo sempre più determinante per il nostro futuro. Solo una strategia basata sulla promozione delle energie rinnovabili, sull'utilizzo parsimonioso ed ecologico dell'energia e sull'aumento dell'efficienza permetterà di invertire gradualmente questa tendenza.

Anche il settore degli edifici è chiamato in causa nelle riflessioni sullo sviluppo sostenibile se si pensa che in Svizzera più del 40% dell'energia primaria viene proprio consumata dalle costruzioni.

Nel cantone Ticino, sono state costruite poche case a basso consumo energetico in rapporto alla Svizzera di lingua tedesca, anche se le condizioni meteorologiche sono più favorevoli. La casa "Vitali-Velti" è uno dei pochi esempi di casa a basso consumo esistenti nel cantone. Il concetto energetico è molto interessante per la sua semplicità e la sua efficienza. La possibilità di eseguire una campagna di misure, grazie alla disponibilità di Aldo Velti e Bruno Vitali, progettisti, architetti e inquilini della casa, ha spronato l'avviamento di questo progetto di ricerca applicata.

Gli obiettivi dello studio sono presentati nel capitolo 2. Il capitolo 3 si compone di una descrizione completa della casa Vitali-Velti. Il bilancio energetico della casa, il fabbisogno di calore e la verifica dell'indice energetico secondo lo standard Minergie e Passivhaus sono descritti in modo dettagliato nel capitolo 4. L'andamento delle temperature nella casa, il benessere termico d'inverno e d'estate e la qualità dell'aria sono analizzati nel capitolo 5. Una valutazione ecologica della casa è l'obiettivo del capitolo 6. In conclusione, nel capitolo 7, sono presentati gli aspetti economici.

Programma di ricerca Uso razionale dell'energia negli edifici	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Ufficio Federale dell' Energia UFE
--	---	---------------------------------------

2. Obiettivi

I due obiettivi principali dello studio sono:

- analizzare e valutare l'edificio dal punto di vista energetico, ecologico ed economico;
- produrre materiale informativo e documentazione sulla casa, per promuovere questo tipo di soluzione.

La campagna di misure si è svolta nell'arco di un anno, da luglio 2001 al luglio 2002. Le misure sono servite a:

- determinare un bilancio energetico mensile della casa e controllare se la casa soddisfa la nuova norma SIA 380/1 (2001), lo standard Minergie ed eventualmente lo standard Passivhaus.
- valutare il benessere termico d'estate e d'inverno e controllare la qualità dell'aria.

Gli aspetti ecologici sono stati valutati con il programma OGIP così da poter paragonare la casa con una soluzione tradizionale.

Gli aspetti economici sono raffigurati e valutati in relazione alle differenze rispetto ad una casa tradizionale. Questi ultimi prendono in considerazione sia l'investimento iniziale che i costi di gestione (energia). Una delle intenzioni dei progettisti è stata, fin dall'inizio, quella di realizzare una casa a basso consumo energetico che non sarebbe costata di più rispetto ad una soluzione tradizionale. Dunque il risparmio energetico diventa un guadagno dall'inizio di vita della casa.

I risultati di questo progetto servono anche per la Task 28, dall'Agenzia Internazionale per l'Energia, Sustainable Solar Housing.

Programma di ricerca Uso razionale dell'energia negli edifici	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Ufficio Federale dell' Energia UFE
--	---	---------------------------------------

3. La casa “Vitali-Velti”

3.1. In generale

La casa delle famiglie degli architetti Aldo Velti e Bruno Vitali è situata nel paese di Monte Carasso, nelle vicinanze di Bellinzona, cittadina del sud della Svizzera. La casa è posizionata in una zona con forte densità di abitazioni, sul fondo del versante sud della valle (vedi figura 3.1). La casa si trova in posizione centrale al paese, Monte Carasso, in prossimità di negozi, uffici comunali, posta, banca ecc. La vicinanza di un parco giochi e del vecchio convento, oggi utilizzato quale edificio scolastico e per conferenze ed esposizioni, il cimitero, danno accesso ad un'ampia zona verde locale.

Fig. 3.1 Situazione della casa a Monte Carasso e vista della regione.



La progettazione della casa dimostra che case a basso consumo possono e devono prendere in considerazione limitazioni locali (forma, orientamento, ombre vicine e lontane, ecc.). Architettura, estetica, costi, durata e semplicità sono stati presi in considerazione nella progettazione. Il fondo di superficie limitata (485 m^2), la forma irregolare (nessun angolo retto) e l'idea di riuscire ad insediare due case unifamiliari solari passive ponevano una grossa sfida. Per fortuna, il piano regolatore del comune permette un'edificazione più razionale e parsimoniosa dell'utilizzo del suolo, grazie alla possibilità di costruire facciate a confine e in contiguità, con poche regole semplici e chiare. Le ombre vicine attuali e potenziali, come pure quelle lontane dovute all'orizzonte, sono tali da permettere di sfruttare al meglio i guadagni solari passivi. La facciata con più finestre è rivolta a sud-est (vedi figura 3.2). Il concetto di base è dunque di sfruttare al massimo i guadagni solari attraverso ampie finestre verso sud e limitare le perdite termiche grazie ad un buon isolamento termico dell'involucro. È così nato il progetto di due case d'abitazione contigue che si sviluppano in verticale su tre livelli.

Al momento della progettazione, nessuna altra casa di questo tipo era sul mercato ad un prezzo ragionevole. Le due motivazioni principali del progetto erano quelle di dimostrare che è possibile realizzare una casa con un fabbisogno energetico molto basso, tale da poter rinunciare alla classica centrale di riscaldamento, ed inoltre che la realizzazione è fattibile ad un prezzo complessivo (terreno e sistemazione esterna compresi) analogo o addirittura inferiore a quello usuale per questo tipo di costruzione, ma dotato di tecnica tradizionale.



Fig. 3.2 Facciate sud-est e nord-ovest della casa "Vitali-Velti".

3.2. Caratteristiche dell'edificio

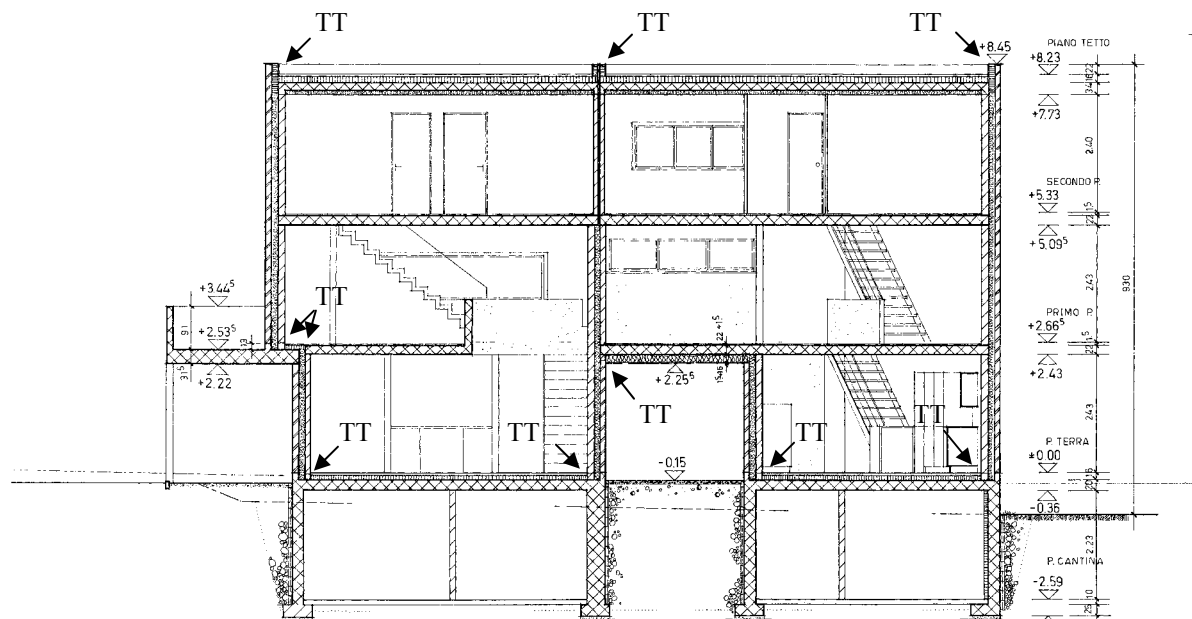
La casa "Vitali-Velti" è una casa bifamiliare costruita come due abitazioni indipendenti che hanno una parete in comune. Ogni abitazione ha 5 locali e mezzo. L'entrata principale è al piano terreno, dove abbiamo la cucina e la sala da pranzo. Quest'ultima ha un accesso diretto al giardino. Il primo piano è composto dal soggiorno e uno studio. Le tre camere da letto sono al secondo piano e formano una zona a sé. Ogni casa ha un piano interrato individuale non riscaldato, con la lavanderia, un locale multiuso e la cantina. L'accesso al piano interrato è possibile unicamente dall'interno della casa. I piani della casa sono visibili nell'allegato A1.

Ogni abitazione ha una superficie abitativa netta (dimensioni interne) di circa 200 m² (con le dimensioni esterne la superficie raggiunge circa 250 m²). L'involucro della casa è fortemente isolato. La muratura è doppia di cui quella esterna in mattoni paramano di calcestruzzo. Gli spessori dell'isolamento termico si situano tra i 13 cm per le pareti e i 20 cm per i pavimenti verso l'esterno, e sono in media di 22 cm per il tetto piano. Le finestre hanno un doppio vetro isolato con un riempimento di gas argon e un rivestimento "selettivo" che riduce le perdite per irraggiamento. Nella tabella 3.1 sono riportati i valori U degli elementi dell'involucro.

Elementi dell'involucro	Valore U
Vetro doppio: isolante 2IV + IR + argon	1.1 W/(m ² K)
Telai finestre: in legno, scorrevoli s=150 mm, a battente 65 mm	1.3 W/(m ² K)
Tetto: solaio speciale composto da pignatte di polistirolo spess. min. 8 cm, mass. di 30 cm quale cassero perso e getto sul posto di travi e cappa in calcestruzzo armato. Isolamento superiore supplementare di vetro cellulare spess. 10 cm.	<0.15 W/(m ² K)
Parete esterne: composte da muro portante interno di blocchetti di cemento "BKS silenzio" spess. 15 cm, lastra isolante di polistirolo espanso PS 20, con una battuta sui 4 lati, di spess. 13 cm, foglio paravento e paracqua in fibra di polietilene, 1 cm di spazio tecnico, mattoni facciavista pieni, di cemento, colore grigio naturale di spess. 12 cm. Ancoraggi in carbonio, mensole per architravi in acciaio inox.	0.26 W/(m ² K)
Pavimenti sopra esterno: soletta di calcestruzzo armato 22 cm, isolante termico esterno compatto di lana di roccia spessore 20 cm con intonaco minerale.	0.15 W/(m ² K)
Pavimenti sopra cantina: composti da soletta in calcestruzzo armato 22 cm, letto di sabbia, lastre di vetro cellulare di 8 cm, sottofondo e lastre di gneiss spessore totale 8 cm.	0.40 W/(m ² K)

Tabella 3.1 Valori U degli elementi dell'involucro della casa "Vitali-Velti".

Un'attenzione particolare è stata prestata ai ponti termici per ridurli il più possibile, in maniera tale da garantire un involucro senza punti deboli per quanto riguarda l'aspetto termico. I ponti termici si limitano al piede di appoggio del muro portante sulla soletta in calcestruzzo armato, mitigato con dei blocchi isolanti di calcestruzzo cellulare, e alle mensole di sostegno degli architravi delle finestre, ridotti essendo le superfici di contatto molto piccole e puntiformi in acciaio inox. Nella figura 3.3, una sezione verticale della casa mostra come sono curati e ridotti i ponti termici.



TT: taglio termico

Fig. 3.3 Sezione verticale della casa "Vitali-Velti". L'isolamento della casa forma un involucro continuo, che riduce al minimo i ponti termici.

Le ampie finestre della facciata sud-est portano nella casa guadagni solari passivi importanti. Questi vengono immagazzinati nella massa della casa all'interno dell'involucro isolato. La massa termica interna è stata accentuata impiegando delle solette in calcestruzzo armato a vista e per le pareti portanti dei mattoni di calcestruzzo fonoisolanti (BKS silenzio), intonacati a calce. Il pavimento del piano terreno, in pietra scura della valle Calanca, permette di assorbire in maniera ottimale i guadagni solari. Nella figura 3.4 è visibile l'interno della casa al primo piano.

Fig. 3.4 Interno della casa Velti. L'importante quantità di massa termica interna è in contatto diretto con l'aria della casa, e assorbe in modo ottimale i guadagni solari passivi.



I mattoni di densità elevata scelti hanno un contenuto basso d'energia grigia, soprattutto se messo in relazione alla loro durata di vita. Inoltre sono fabbricati ad un paio di chilometri dal cantiere, perciò l'impatto ambientale dovuto al trasporto è insignificante.

Le dimensioni geometriche della casa sono riportate nella tabella 3.2.

Superficie	riferimento energetico (dim. esterne)	260 (A) e 234 (B) m ²
	netta riscaldata (dim. interne)	205 (A) e 177 (B) m ²
Volume	netto riscaldato	590 (A) e 530 (B) m ³
Facciata sud-est	superficie totale facciata	134 m ²
	superficie aperture finestre	62 m ² (telaio incluso)
Facciata sud-ovest	superficie totale facciata	130 m ²
	superficie aperture finestre	35 m ² (telaio incluso)
Facciata nord-ovest	superficie totale facciata	116 m ²
	superficie aperture finestre	- m ² (telaio incluso)
Facciata nord-est	superficie totale facciata	103 m ²
	superficie aperture finestre	15 m ² (telaio incluso)
Tetto	superficie totale	173 m ²
Pavimento	superficie totale	134 m ²

(A): casa A (famiglia Aldo Velti)

(B): casa B (famiglia Bruno Vitali)

Tabella 3.2 Dimensioni geometriche della casa "Vitali-Velti".

3.3. Installazioni tecniche

Grazie ai guadagni solari passivi importanti, la grande massa di stoccaggio della casa e le perdite termiche molto basse, il fabbisogno di riscaldamento ancora necessario è minimo e si limita principalmente ai tre mesi più freddi dell'anno (da dicembre a febbraio). Ogni abitazione è equipaggiata con un **caminetto chiuso** (potenza ca. 7 kW) per questo scopo, riscaldando direttamente l'aria interna. Nella casa B, il fumo attraversa una serie di condotte inserite in una parete a ridosso del caminetto, per recuperare e stoccare l'energia termica presente nei fumi di combustione (murocaust). Aperture nelle solette del primo e secondo piano, completamente integrate nell'architettura della casa, permettono di distribuire il calore in modo naturale (vedere allegato A1, piani del primo e secondo piano). Nella figura 3.5 è visibile il caminetto della casa A e la legna utilizzata.



Fig. 3.5 Caminetto chiuso della casa A e legna utilizzata.

Al secondo piano, nella zona notte, gli apporti solari sono minori, la temperatura interna richiesta è inferiore e la necessità di ricambiare l'aria maggiore. Con queste premesse, la strategia per questo piano è stata quella di prevedere un **sistema di ventilazione meccanica** a doppio flusso con recupero di calore, per ogni abitazione. I due flussi sono composti dall'aria esterna immessa nella casa e l'aria interna aspirata dai bagni. Uno scambiatore di calore permette il recupero dell'energia contenuta nell'aria aspirata, incrociando i due flussi (vedi figura 3.6). L'aria interna aspirata è raffreddata dall'aria esterna che si preriscalda prima di essere immessa nella casa (nelle camere al secondo piano e nel soggiorno al primo piano).



Fig. 3.6 Sinistra: sistema di ventilazione a doppio flusso con recupero di calore. Destra: immissione d'aria fresca tramite bocchetta in una camera.

L'aria esterna è prelevata in facciata mentre l'aria interna è espulsa via tetto. Un ulteriore riscaldamento dell'aria fresca è reso possibile, dopo lo scambiatore di calore, con una resistenza elettrica di 900 W controllata da un termostato. Il sistema di ventilazione funziona con una portata d'aria costante nei due canali d'immissione e d'aspirazione. La semplicità del sistema e la sua capacità di garantire una buona qualità dell'aria in qualsiasi condizione ne hanno giustificato l'impiego.

L'acqua calda sanitaria è riscaldata grazie ad un **sistema solare compatto** per ogni abitazione, comunemente chiamato "kit solare" (vedi figura 3.7). Una superficie di 4 m² di collettori solari, 1 m² per persona, orientati verso sud e inclinati a 45°, combinata ad un accumulatore di 450 litri, permette di coprire il 70 – 80% del fabbisogno d'energia per l'acqua calda. L'energia rimanente è coperta da una resistenza elettrica di 3.8 kW inserita nella parte superiore dell'accumulatore. La distribuzione dell'acqua calda non è munita di una condotta di circolazione.



Fig. 3.7 Sistema solare compatto per l'acqua calda. Sinistra: collettori solari termici sul tetto. Destra: accumulatore per lo stoccaggio d'acqua calda in lavanderia.

Gli apparecchi elettrodomestici sono stati scelti in funzione del loro marchio di qualità e del basso consumo energetico. Questa scelta riguarda soprattutto la lavastoviglie, il refrigeratore, il congelatore, la lavatrice e l'asciugatrice. Questo fattore è importante per mantenere il consumo di elettricità domestico più basso possibile. La lavatrice è collegata all'acqua calda perché vicina all'accumulatore (acqua riscaldata con il sole, anziché elettricamente). Non è il caso della lavastoviglie, collegata all'acqua fredda, poiché troppo distante. Circa la metà dell'illuminazione della casa è effettuata con lampade a basso consumo. Peraltro la casa sfrutta molto bene la luce naturale.

Programma di ricerca Uso razionale dell'energia negli edifici	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Ufficio Federale dell' Energia UFE
--	---	---------------------------------------

4. Bilancio energetico

4.1. Introduzione

Il bilancio energetico della casa è determinato sulla base dei rilievi effettuati per dimostrare in pratica il ridotto fabbisogno energetico per il riscaldamento. Le misurazioni e i rilievi dei consumi permettono di effettuare un bilancio energetico mensile della casa A (famiglia Velti) e annuale della casa B (famiglia Vitali), durante la stagione di riscaldamento 2001 - 2002.

Il bilancio energetico, determinato in base ai rilievi, permette di calibrare i parametri necessari per il calcolo del fabbisogno di riscaldamento secondo la nuova norma SIA 380/1 (2001), nelle condizioni riscontrate durante il periodo di monitoraggio (meteorologia, temperatura interna della casa, guadagni interni, ecc.). La norma SIA 380/1 è, in seguito, di nuovo impiegata per calcolare il fabbisogno energetico secondo i criteri standard fissati da quest'ultima (opzione "sistema di verifica"). Questo calcolo permette di paragonare i risultati ottenuti con i valori fissati della norma (valori limite o mirati del fabbisogno di calore), e di effettuare un confronto con gli standard Minergie e Passivhaus. Infine, vengono analizzate alcune possibilità di miglioramento della casa per vedere con quali condizioni lo standard Passivhaus può essere raggiunto.

4.2. Valori rilevati per il bilancio energetico

L'energia finale spesa per il riscaldamento della casa A proviene dalla legna bruciata nel caminetto, dall'elettricità utilizzata per il post-riscaldamento dell'aria fresca nel sistema di ventilazione e, per i giorni più freddi, dall'elettricità consumata da un piccolo radiatore elettrico (max. 2000 W). Quest'ultimo è utilizzato di notte quale piccola ulteriore fonte di calore al piano terreno in modo tale da mantenere il clima dell'ambiente costante. Da considerare che non viene utilizzata alcuna elettricità per la distribuzione del calore, salvo che per due piccoli ventilatori nel sistema di ventilazione (2 x 10W).

Per il riscaldamento, i rilevamenti effettuati nella casa A permettono di:

- conoscere la massa di legna bruciata ogni giorno (rilievi giornalieri);
- rilevare ogni ora la durata di funzionamento della resistenza elettrica nel sistema di ventilazione e dei due ventilatori (datalogger);
- rilevare le temperature orarie dei due flussi d'aria all'entrata e all'uscita dello scambiatore di calore del sistema di ventilazione (temperatura dell'aria esterna, dell'immissione, dell'aspirazione e dell'espulsione con un datalogger). Queste misure, combinate ai rilievi della portata dell'aria nei due canali permettono di stimare l'energia termica recuperata dallo scambiatore;
- conoscere la durata di funzionamento giornaliero del radiatore elettrico (rilievi giornalieri).

Nella casa B, è conosciuto solo il consumo totale di legna (rilevato per unità di volume) per tutta la stagione di riscaldamento. Il sistema di ventilazione di questa casa non è stato monitorato.

L'energia finale per produrre l'acqua calda sanitaria corrisponde all'elettricità per la resistenza inserita nell'accumulatore e l'elettricità per azionare la pompa di circolazione e la regolazione del sistema solare compatto.

Un contatore elettrico è stato installato in ogni casa nell'ambito del progetto per determinare la quantità di elettricità usata dal sistema di produzione d'acqua calda. Nella casa A, un orologio esistente rileva anche il tempo di funzionamento della resistenza. Sono stati rilevati anche i dati dei contatori elettrici generali delle due case. I rilievi effettuati permettono di:

- conoscere il consumo elettrico mensile del sistema per la produzione d'acqua calda delle case A e B (rilievi mensili);
- conoscere il tempo di funzionamento della resistenza elettrica del sistema per la produzione d'acqua calda della casa A (rilievi mensili);
- conoscere il consumo elettrico totale mensile delle case A e B (rilievi mensili).

Le temperature dell'aria interna nel piano terreno e al secondo piano sono rilevate ogni 20 minuti in entrambe le case, assieme con l'umidità relativa. La stessa cosa vale per la temperatura e l'umidità relativa dell'aria esterna, misurate in un posto ombreggiato del giardino. I valori giornalieri dell'irraggiamento solare (globale orizzontale) sono rilevati dalla stazione meteorologica di Magadino, a 15 km da Monte Carasso, e utilizzati per calcolare il bilancio energetico mensile.

4.3. Dati meteorologici e temperature interne

Nella tabella 4.1, sono elencati valori mensili dell'irraggiamento solare e della temperatura esterna rilevati.

Dati meteorologici		Irraggiamento globale orizzontale	Temperatura aria esterna	Temperatura aria esterna
		Stazione meteo di Magadino / kWh/m²	Stazione meteo di Magadino / °C	Rilevamenti a Monte Carasso / °C
Luglio	2001	173	21.0	22.4
Agosto	2001	161	21.6	23.2
Settembre	2001	112	14.5	15.8
Ottobre	2001	79	13.6	14.6
Novembre	2001	53	5.5	6.3
Dicembre	2001	47	0.1	0.9
Gennaio	2002	50	-1.6	-0.5
Febbraio	2002	66	4.2	5.4
Marzo	2002	111	9.4	11.0
Aprile	2002	122	12.2	13.8
Maggio	2002	131	15.0	16.2
Giugno	2002	180	21.5	23.3
Anno		1285	11.4	12.7

Tabella 4.1 Dati meteorologici mensili rilevati.

È interessante osservare che la temperatura esterna rilevata a Monte Carasso è più alta di quella della stazione di Magadino. I due luoghi hanno praticamente la stessa altitudine sopra il livello del mare (200 - 230 m s. l. m.). La ragione principale è da attribuire al tipo di luogo: zona urbana per Monte Carasso e campagna per Magadino. Spesso si osservano temperature più elevate nelle zone urbane.

Nella tabella 4.2 sono riportate le temperature medie mensili dell'aria interna nelle case.

Temperature interne / °C		Casa A		Casa B	
		Piano terreno	Secondo piano	Piano terreno	Secondo piano
Luglio	2001	22.1	23.3	24.1	24.0
Agosto	2001	23.2	24.4	24.0	24.0
Settembre	2001	21.5	21.7	22.7	22.1
Ottobre	2001	22.5	22.8	22.8	22.1
Novembre	2001	20.6	21.1	21.1	19.6
Dicembre	2001	20.0	20.4	20.9	18.1
Gennaio	2002	20.0	20.3	20.4	17.6
Febbraio	2002	20.5	21.0	20.4	18.6
Marzo	2002	20.8	21.3	21.0	20.2
Aprile	2002	21.1	21.7	21.7	21.0
Maggio	2002	21.2	21.8	22.1	21.7
Giugno	2002	23.5	24.7	23.9	24.0
Anno		21.4	22.0	22.1	21.1

Tabella 4.2 Temperature dell'aria interna rilevate.

Nella casa A, la differenza di temperatura tra il secondo piano e il piano terreno rimane inferiore a 0.5K durante il periodo di riscaldamento. La temperatura al secondo piano è mediamente sempre più alta che quella del piano terreno, principalmente dovuto al fatto che una parte di guadagni solari importanti arrivano dalla grande finestra della facciata sud-ovest. Non è invece il caso della casa B, dove la temperatura al secondo piano è sempre più bassa che al piano terreno, e si abbassa in gennaio sotto i 18°C. Questa differenza è dovuta all'uso diverso del post-riscaldamento del sistema di ventilazione. Nella casa A, il termostato di questo riscaldamento è regolato in maniera da impedire temperature troppo basse dell'aria fresca, mentre nella casa B, questo è regolato al minimo possibile (16 - 17°C).

Nel paragrafo seguente, si determina il bilancio energetico della casa A. I gradi-giorno (GG) 20/12°C corrispondono a 2'480 K·d/a¹ per il periodo di riscaldamento rilevato (inverno 2001 – 2002). Quelli della stazione di riferimento per il calcolo del bilancio energetico, secondo la raccomandazione SIA 380/1 (edizione 1988), sono leggermente più alti (2'640 K·d/a per Lugano, SIA 381/3 ed. 1982).

4.4. Riscaldamento della casa A

La difficoltà maggiore nella determinazione dell'energia di riscaldamento proviene dal fatto che il potere calorifico della legna non è conosciuto con precisione, come pure l'efficienza stessa del caminetto. Dunque la precisione dei risultati dipende dalla stima di questi due parametri. Per la casa A, alcuni pezzi di legno sono stati fatti asciugare in un forno a 100°C durante alcuni mesi. La quantità d'acqua evaporata ammontava al 10 – 15% del peso iniziale della legna; si presume che la legna sia asciugata completamente. Per una legna densa (come quella bruciata) e secca (umidità nella legna di circa 15%), il potere calorifico è dato a circa 15 MJ/kg (Energie Suisse, 2001). L'efficienza nominale del caminetto della casa A è data a 67% dal fabbricante. L'efficienza media annuale sarà dunque inferiore, si presume un valore attorno al 60%. Questi due parametri sono riportati nella tabella 4.3.

Parametri stimati per il riscaldamento a legna	Valore
Potere calorifico della legna bruciata (legna densa e secca)	15 MJ/kg
Efficienza media del caminetto	60%

Tabella 4.3 Valori presupposti per la determinazione dell'energia di riscaldamento proveniente dalla legna per la casa A.

L'energia elettrica utilizzata per il riscaldamento dell'aria fresca dopo il recupero nell'impianto di ventilazione e per il radiatore elettrico è determinata in base alla durata di funzionamento e della potenza nominale della resistenza per la ventilazione e della potenza media rilevata per il radiatore. Le rispettive potenze sono elencate nella tabella 4.4.

¹ I gradi giorno (GG) sono la somma della differenza di temperature tra la media esterna giornaliera e la temperatura interna (in questo caso 20°C), considerata per ogni giorno dell'anno, quando la temperatura media esterna è inferiore o uguale a 12°C. L'unità quindi è K·d/a (K= Kelvin, d= day, a= anno).

Parametri per il riscaldamento elettrico	Valore
Potenza nominale della resistenza nella ventilazione	900 W
Potenza media del radiatore	
posizione minima 1 e posizione media 1	70 W
posizione minima 2 e posizione media 2	330 W
posizione minima 3 e posizione media 3	520 W
posizione minima 4, 5 e 6	900 W
posizione media 4, 5 e 6	1'000 W

Tabella 4.4 Potenze elettriche per la determinazione dell'energia elettrica per il riscaldamento della casa A. Potenze medie del radiatore rilevate in condizioni costanti.

La figura 4.1 mostra l'energia termica impiegata per il riscaldamento, dunque per coprire il fabbisogno di calore supplementare della casa A. L'apporto della legna rimane il più grande nella misura dell'80%. Il contributo elettrico copre il restante 20%, dove il 12% va per il radiatore elettrico e i 8% per il riscaldamento dell'aria fresca del sistema di ventilazione dopo il recupero.

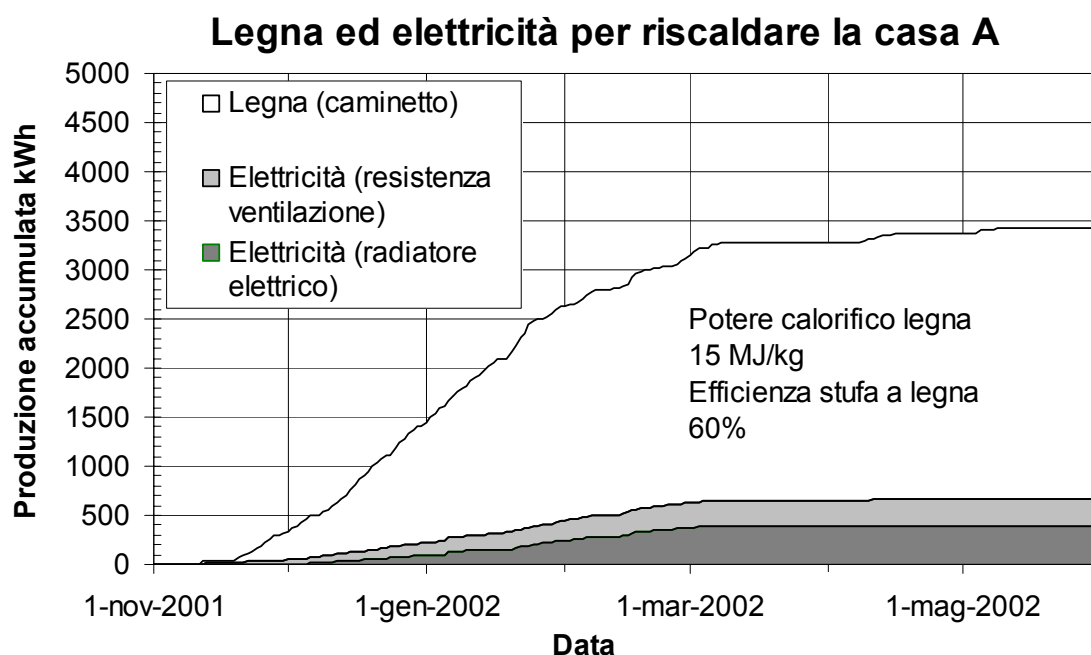


Fig. 4.1 Produzione d'energia termica accumulata netta necessaria per coprire il fabbisogno di riscaldamento della casa A. Il caminetto copre i 80% del fabbisogno annuale. Esempio di lettura: il 1-gen-2002 il cumulo totale vale 1'500 kWh; significa che dall'inizio del periodo di riscaldamento (metà novembre 2001) fino al 1 gennaio 2002, la produzione totale d'energia ammontava a 1500 kWh.

Nella figura 4.1, si può notare che il periodo di riscaldamento si limita principalmente a 3 - 3.5 mesi per anno, da metà-novembre a fine febbraio. Il fabbisogno annuale d'energia per il riscaldamento, rapportato alla superficie di riferimento energetico (SRE), determinata secondo la norma SIA 380/1 (2001), ammonta a 48 MJ/(m²a) (13 kWh/(m²a)), per la stagione di riscaldamento 2001 – 2002. Nella tabella 4.5 sono calcolati anche i valori per la superficie di riferimento energetico netta, come richiesto dallo standard Passivhaus.

Fabbisogno d'energia di riscaldamento rilevato, anno 2001 - 2002	Coperto dalla legna	Coperto dall'elettricità	Totale
Secondo superficie di riferimento energetico (SRE) lorda (SIA 380/1), 260 m ²	39 MJ/(m ² a) 11 kWh/(m ² a)	9 MJ/(m ² a) (2 kWh/m ² a)	48 MJ/(m ² a) 13 kWh/(m ² a)
Secondo superficie di riferimento energetico interna netta (Passivhaus), 205 m ²	48 MJ/(m ² a) 14 kWh/(m ² a)	12 MJ/(m ² a) 3 kWh/(m ² a)	60 MJ/(m ² a) 17 kWh/(m ² a)

Tabella 4.5 Fabbisogno d'energia di riscaldamento rilevato nella casa A in funzione della superficie di riferimento energetico lorda (secondo la norma SIA 380/1) e netta (secondo lo standard Passivhaus).

La quantità di legna bruciata durante la stagione di riscaldamento 2001-2002 ammonta a 1'100 kg e corrisponde a 2 steri. Per la casa B, la quantità di legna bruciata è di 3.2 steri, corrispondente a circa 1'600 kg. Malgrado l'efficienza attendibile del caminetto, più elevata che quella della casa A (70% invece del 60%), la qualità della legna è peggiore (più umidità e minor densità). Questo potrebbe comportare un poter calorifico della legna inferiore pari a circa 12 - 13 MJ/kg. Se poi si considera un fabbisogno di calore leggermente più elevato che la casa A (meno guadagni solari e perdite per trasmissione più elevate), si spiega la quantità maggiore di legna bruciata per la casa B.

4.5. Sistema di ventilazione della casa A

Come accennato al paragrafo 4.2, un datalogger rileva costantemente le temperature dei flussi d'aria e i tempi di funzionamento dei ventilatori e della resistenza elettrica per il riscaldamento dell'aria fresca dopo il recupero. La figura 4.2 mostra il datalogger e il piccolo monoblocco di ventilazione, che comprende lo scambiatore di calore, i due ventilatori e la resistenza elettrica.

Fig. 4.2 Datalogger usato per rilevare con passo orario le temperature dei flussi d'aria, i tempi di funzionamento dei ventilatori e della resistenza elettrica per il riscaldamento dell'aria fresca.



Le caratteristiche principali dell'impianto di ventilazione sono elencate nella tabella 4.6.

Impianto di ventilazione	
Tipo	Helios - KWL 200 EH
Potenza resistenza elettrica per il riscaldamento	900 W
Potenza ventilatori alla velocità 1	2x10 W
Scambiatore di calore	flusso incrociato
Efficienza scambiatore di calore	60 – 70%

Tabella 4.6 Principali caratteristiche dell'impianto di ventilazione.

Sono a disposizione dell'utente tre velocità del ventilatore. In pratica però l'impianto è sempre posizionato sulla velocità 1. Le velocità 2 o 3 vengono selezionate solo in caso di "emergenza", per esempio, quando un forte odore nella casa (cucina, ecc.) richiede un ricambio d'aria momentaneo più elevato.

Nella figura 4.3, l'andamento del sistema di ventilazione è rappresentato con l'evoluzione del tasso di funzionamento giornaliero. Un tasso del 100% significa che la ventilazione ha funzionato tutto il giorno, mentre un tasso dello 0% indica che l'impianto è rimasto spento tutto il giorno.

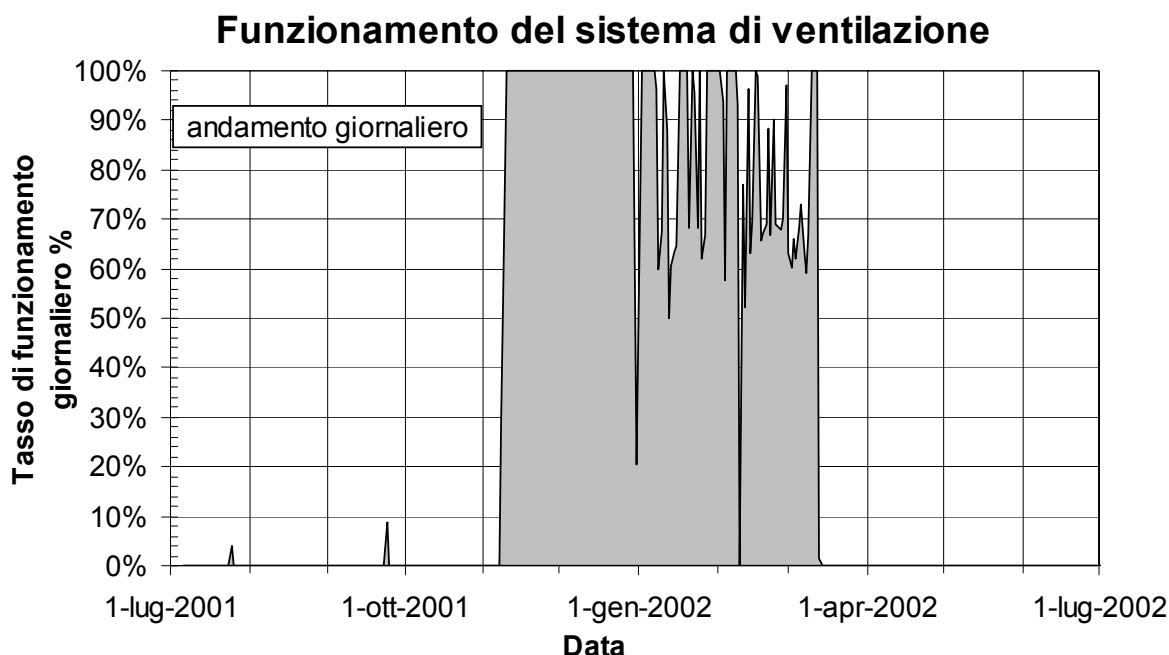


Fig. 4.3 Tasso di funzionamento giornaliero del sistema di ventilazione della casa A

Il sistema di ventilazione è in funzione solo quando la casa è riscaldata. Il tempo di funzionamento cumulativo ammonta a 3 – 4 mesi per anno. L'energia elettrica risultante corrisponde a circa 50 kWh/a, che è molto poco se rapportato alla superficie di riferimento energetico (0.19 kWh/(m²a) con 260 m² (SIA 380/1); 0.24 kWh/(m²a) con 205 m² (Passivhaus)).

La portata dell'aria è stata rilevata durante il periodo di riscaldamento. Lo strumento utilizzato per i rilievi permette di misurare la velocità dell'aria puntualmente all'interno della sezione. Si delinea un profilo radiale della velocità nel condotto d'aria. Con la velocità 1 selezionata, l'interpretazione dei rilievi da:

- portata d'aria immessa (aria esterna) 50 – 55 m³/h (velocità 1)
- portata d'aria aspirata (aria interna) 65 – 70 m³/h (velocità 1)

La selezione della velocità 2 e 3 permette di aumentare la portata dell'aria aspirata a rispettivamente 90 e 110 m³/h. Il sistema di ventilazione non è equilibrato, nel senso che la portata dell'aria aspirata non è uguale a quella d'immissione. La portata d'aspirazione è sempre maggiore e ciò è dovuto alle perdite di carico diverse nei condotti. Di conseguenza, la casa è sempre leggermente in sottopressione quando il sistema di ventilazione funziona.

Il volume netto della casa A è di 590 m³. Il ricambio d'aria dovuto al sistema di ventilazione in velocità 1 è solo di 0.1 h⁻¹, dunque 3 volte più basso del valore minimo fissato dalla norma SIA 380/1. Però questo ricambio d'aria basta per garantire qualità dell'aria e igiene sufficienti per 4 persone che non fumano. La norma SIA 180 (1999) fissa questo tasso minimo di ricambio d'aria a circa 15 m³ per persona all'ora. Il tasso di ricambio medio della ventilazione rispetta questo valore (16 – 17 m³/h per persona;

4 persone). I rilievi della concentrazione di CO₂ nella camera matrimoniale confermano che la concentrazione rimane sotto i 1500 ppm fissati come limite superiore dalla norma SIA 180 (1999) (vedere più avanti capitolo 5, paragrafo 5.5).

L'energia termica recuperata dallo scambiatore di calore è calcolata con i rilevamenti orari. L'energia ceduta dall'aria aspirata deve essere uguale a quella guadagnata dall'aria esterna immessa nella casa. Il diagramma (figura 4.4) mostra l'energia recuperata, calcolata due volte; una volta come energia ceduta (con i valori del flusso d'aria aspirata), e la seconda volta come energia guadagnata (con i valori del flusso d'aria immessa). Per far corrispondere in media l'energia ceduta con l'energia guadagnata, la portata dell'aria immessa è fissata a 52 m³/h e quella dell'aria aspirata a 70 m³/h.

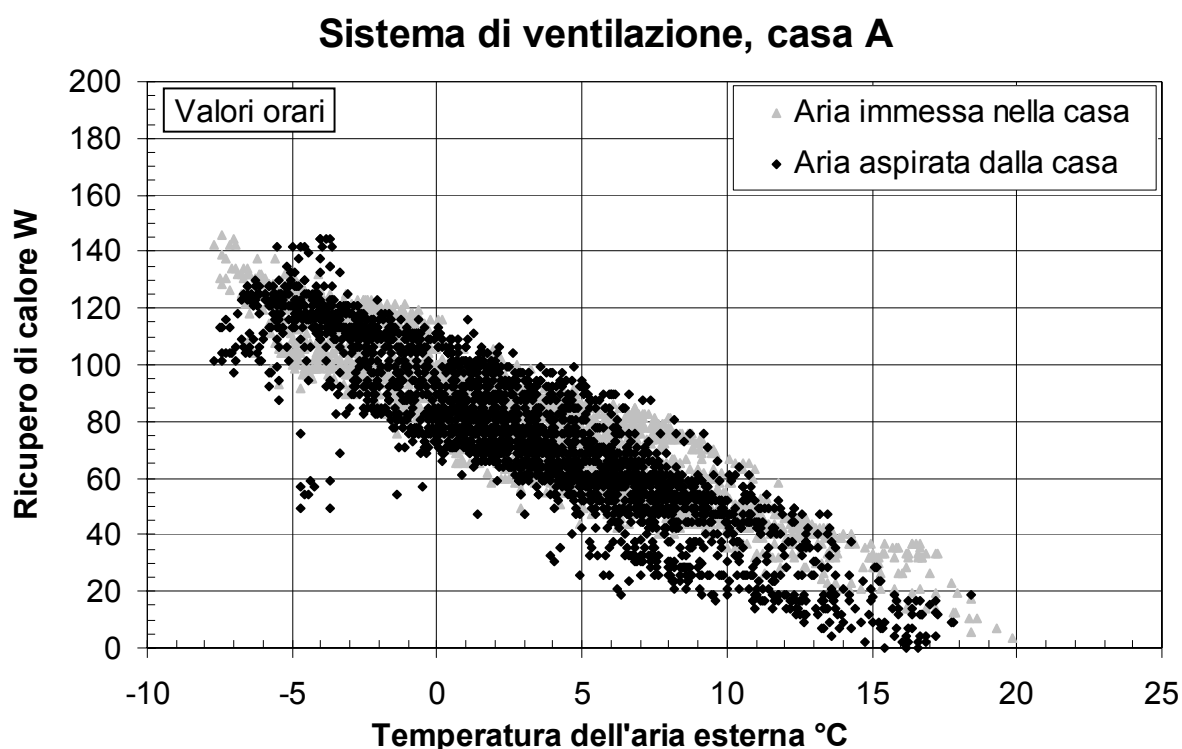


Fig. 4.4 Valori orari del recupero di calore in funzione della temperatura esterna.

L'energia totale recuperata durante la stagione di riscaldamento 2001 – 2002 ammonta a circa 200 kWh. Corrisponde a un coefficiente di prestazione (COP) di 4. È il rapporto fra l'energia termica recuperata e l'energia elettrica necessaria per il funzionamento del sistema di ventilazione (ventilatori).

Purtroppo la resistenza elettrica funziona sempre, seppure parzialmente, anche se la temperatura dell'aria esterna è sopra i 15 °C. La figura 4.5 mostra la potenza elettrica media oraria della resistenza in funzione della temperatura esterna. Durante la stagione di riscaldamento, l'energia elettrica consumata dalla resistenza elettrica è più grande che l'energia termica recuperata e ammonta a 270 kWh.

Sistema di ventilazione, casa A

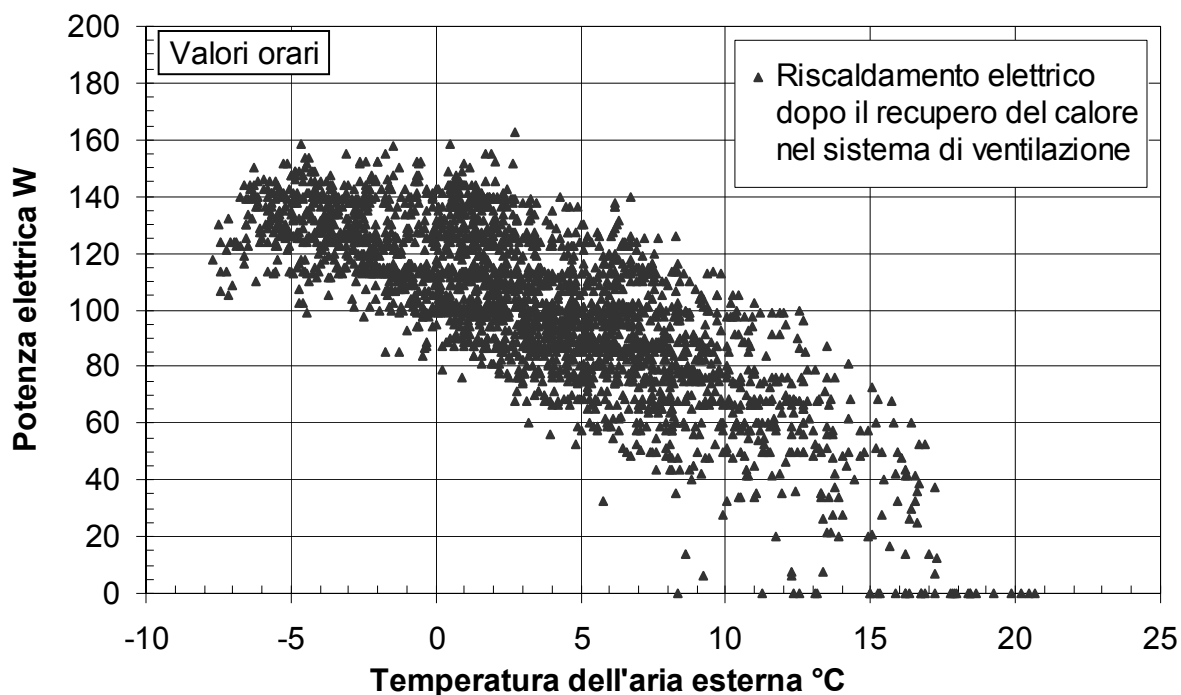


Fig. 4.5 Valori orari della potenza media elettrica consumata dalla resistenza elettrica del sistema di ventilazione in funzione della temperatura esterna.

Le temperature dell'aria esterna (prima dello scambiatore), d'immissione, d'aspirazione e d'espulsione sono riportate nel grafico nella figura 4.6 in funzione della temperatura dell'aria esterna (rilevata nel giardino). Le temperature dell'aria aspirata, prima dello scambiatore di calore, sono i punti in alto al grafico (T_{aspirazione}), mentre le temperature dell'aria esterna, prima dello scambiatore di calore, sono i punti in basso (T_{aria esterna in}). La temperatura dell'aria d'espulsione (T_{espulsione}) non è inferiore alla temperatura dell'aria d'immissione, dopo lo scambiatore di calore (T_{immissione}). Questo è anche dovuto al tipo di scambiatore di calore, a flussi incrociati, che non permette di raggiungere un'efficienza così elevata come uno scambiatore a flussi contrari. L'efficienza rilevata dello scambiatore di calore è pari al 50 – 60 %.

Sistema di ventilazione, casa A

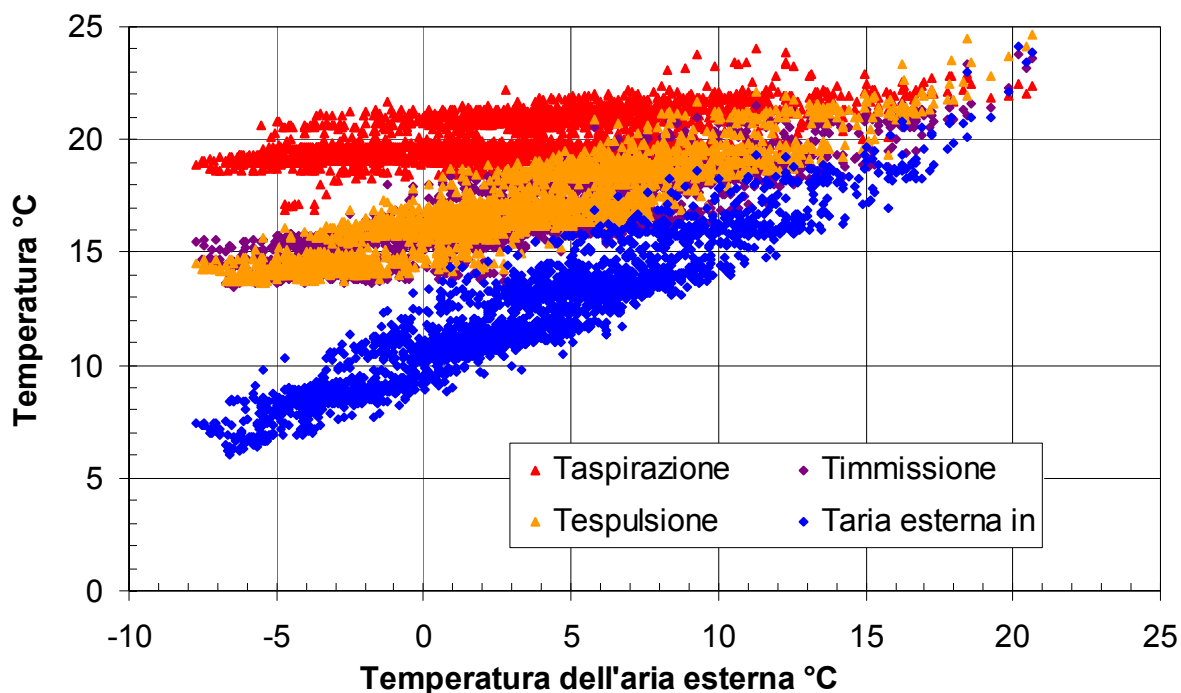


Fig. 4.6 Valori orari delle temperature nell'impianto di ventilazione. "Taria esterna in" è la temperatura dell'aria esterna prima dello scambiatore di calore. Le temperature sono riportate in funzione della temperatura dell'aria esterna rilevata nel giardino.

Nel grafico (figura 4.6) si può notare che quando la temperatura dell'aria esterna è di 0°C, la temperatura dell'aria all'entrata dello scambiatore di calore è di 10°C anziché essere vicina agli 0 °C. Questa situazione dimezza la quantità d'energia che lo scambiatore di calore può recuperare (il COP potrebbe essere di 8). Due ragioni possono spiegare il preriscaldamento dell'aria esterna:

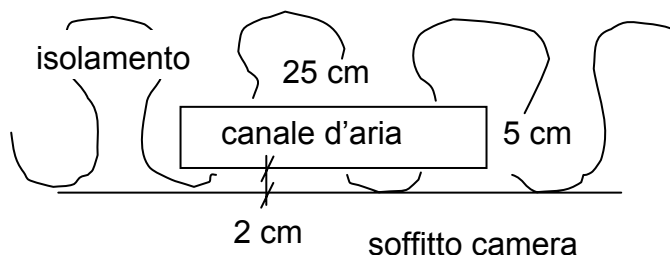
- infiltrazione dell'aria interna nei condotti dell'aria esterna, prima dello scambiatore di calore;
- riscaldamento dell'aria nei condotti dalla presa dell'aria esterna, nella facciata sud ovest, allo scambiatore di calore, dovuto alle perdite termiche per trasmissione della casa.

I rilievi sulla concentrazione di CO₂ dell'aria esterna, dell'aria all'interno della casa e dell'aria immessa in una camera dimostrano che l'infiltrazione dell'aria interna nell'aria d'immissione si situa attorno al 10% massimo, quindi può spiegare al massimo un 20% del preriscaldamento dell'aria.

L'altra possibilità si basa su una stima mediante un calcolo semplificato delle perdite termiche della casa attraverso i condotti di ventilazione. Dalla presa d'aria nella facciata sud-ovest allo scambiatore di calore, ci sono 7.5 m di canale. I canali, di sezione rettangolare, sono inseriti nell'isolamento del soffitto delle camere al secondo piano. Uno spessore di 2 cm d'isolamento separa la parte inferiore del

canale dall'aria interna delle camere. La figura 4.7 mostra la sezione verticale del canale e la sua posizione nell'isolamento.

Fig. 4.7 Sezione verticale del canale d'aria nell'isolamento termico.



Con un calcolo il preriscaldamento dell'aria esterna è dimostrabile se lo spessore equivalente dell'isolamento è di 1 cm. L'incidenza dei ponti termici dimezza in realtà lo spessore dell'isolamento termico. Dunque è molto importante isolare con cura i condotti dalla presa d'aria allo scambiatore di calore, se attraversano spazi riscaldati. Lo stesso vale per i condotti che portano l'aria interna allo scambiatore di calore, se questi attraversano spazi non riscaldati. Sono raccomandati in pratica spessori di isolamento dei condotti di 5 – 10 cm. Inoltre l'ermeticità dei condotti è pure importante per la qualità stessa dell'aria immessa nei locali.

I principali risultati ottenuti durante l'analisi del sistema di ventilazione sono sintetizzati nella tabella 4.7.

Riassunto risultati sistema di ventilazione	
Funzionamento	3 – 4 mesi all'anno
Energia elettrica per i ventilatori	50 kWh/a 0.19 kWh/(m ² a) ⁽¹⁾ 0.24 kWh/(m ² a) ⁽²⁾
Ricambio d'aria con velocità 1	0.1 h ⁻¹
Portata d'aria con velocità 1 (posizione velocità prevalente)	65 – 70 m ³ /h 16 – 17 m ³ /h/persona
Energia termica recuperata	200 kWh/a
Coefficiente di prestazione (COP)	4 -
Energia elettrica resistenza post-riscaldamento	267 kWh/a
Efficienza media misurata dello scambiatore di calore	50 – 60 %
Riscaldamento inaspettato dell'aria esterna prima dello scambiatore di calore, dovuto principalmente alle perdite termiche della casa	dimezza l'energia termica recuperata e di conseguenza il COP

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 260 m² (secondo norma SIA 380/1)

⁽²⁾ con superficie di riferimento energetico di 205 m² (secondo standard Passivhaus)

Tabella 4.7 Principali risultati ottenuti dal monitoraggio del sistema di ventilazione durante la stagione di riscaldamento 2001 – 2002.

4.6. Acqua calda sanitaria

L'energia ausiliare del sistema per l'acqua calda è l'elettricità, rilevata con un contatore elettrico. Questo basta per determinare l'indice energetico del sistema per la produzione d'acqua calda. Questo è, come citato nel capitolo precedente, un sistema solare compatto. Le sue caratteristiche principali sono elencate nella tabella 4.8.

Caratteristiche del sistema solare compatto		
Tipo		Agna – Kitsol LFi
Collettori solari	tipo	coll. piano, Azur 20
	superficie	4 m ² (1 m ² /persona)
	orientamento	sud
	inclinazione	45°
	orizzonte	libero
Pompa e regolazione		portata variabile, "low flow", stratificazione nell'accumulatore
Volume accumulatore		450 litri
Energia ausiliare		elettricità
Potenza resistenza elettrica		3.8 kW

Tabella 4.8 Principali caratteristiche del sistema solare compatto per l'acqua calda.

La figura 4.8 mostra l'energia elettrica utilizzata dal sistema per la produzione d'acqua calda della casa A. L'energia elettrica della resistenza è data dal tempo di funzionamento della stessa e dalla sua potenza nominale di 3.8 kW. L'energia elettrica dovuta all'uso della resistenza ammonta a 360 kWh/a e quella della pompa e regolazione a 90 kWh/a.

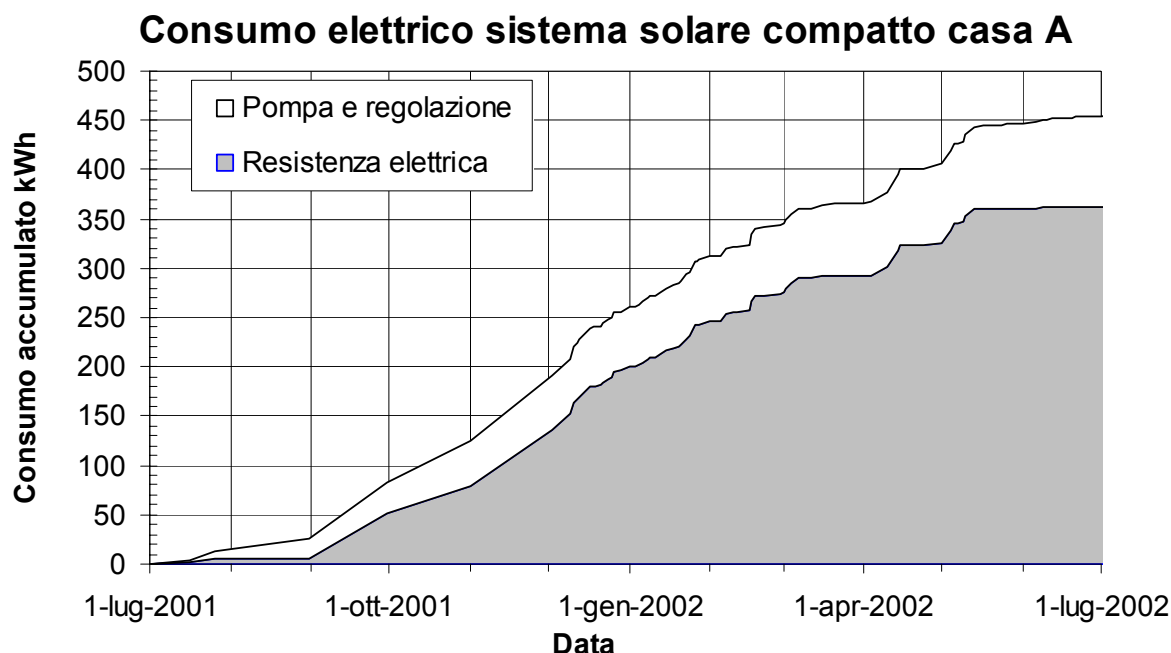


Fig. 4.8 Energia elettrica accumulata per il sistema solare compatto per la produzione d'acqua calda della casa A.

L'energia elettrica per la pompa e la regolazione ammonta in media a 0.25 kWh per giorno. L'indice elettrico corrispondente è di circa **0.4 kWh/m²a** (0.36 kWh/(m²a) con superficie di 260 m² secondo SIA 380/1, e 0.45 kWh/(m²a) con superficie di 205 m² secondo standard Passivhaus). **L'indice energetico per la produzione d'acqua calda della casa A** è di circa **2 kWh/(m²a)**, valore molto basso (1.8 kWh/(m²a) secondo SIA 380/1 e di 2.2 kWh/(m²a) secondo standard Passivhaus).

Il contatore elettrico della casa B dà un consumo annuale per il sistema solare compatto dell'acqua calda superiore di circa un 10%, pari a 515 kWh. **L'indice energetico per la produzione d'acqua calda della casa B** è anch'esso molto basso con **2 - 3 kWh/(m²a)** (2.2 kWh/(m²a) secondo SIA 380/1 (234 m²) e di 2.9 kWh/(m²a) secondo standard Passivhaus (177 m²)).

Per ottenere un bilancio energetico globale del sistema, la difficoltà maggiore è quella di stimare l'apporto solare globale e la quantità d'acqua calda utilizzata. La stima del bilancio energetico si basa sulla frazione solare annuale realistica e le perdite termiche dell'accumulatore solare, stimate sulla base di un calcolo. Questi valori sono riportati nella tabella 4.9.

Parametro stimato per il sistema d'acqua calda	
Frazione solare annuale	80 %
Perdite termiche dell'accumulatore	300 kWh/a

Tabella 4.9 Valori presupposti per la determinazione del bilancio energetico del sistema per la produzione d'acqua calda per la casa A.

Con i valori della tabella 4.9 e considerando che l'energia per l'acqua calda effettivamente utilizzata nella casa è di 1'510 kWh (dunque solo 380 kWh/persona all'anno), l'energia termica inserita nell'accumulatore ammonta a 1'810 kWh durante l'anno di monitoraggio, di cui 1'450 kWh provenienti dai collettori solari, ossia 360 kWh/(m²_{collettore}a). Questo valore è inferiore alla metà del consumo medio fissato dalla norma SIA 380/1 (830 kWh/persona/a per una casa unifamiliare). Corrisponde ad un uso giornaliero di 20 litri per persona a 55°C.

Una frazione solare di 70% abbassa ancora di più il consumo d'acqua calda a valori che non sono plausibili (230 kWh/persona all'anno, 12 litri per persona e per giorno a 55°C, produzione annuale dei collettori solari a 210 kWh/(m²a)). Dunque una frazione solare dell'80% sembra essere la più realistica per un consumo così basso.

Le prestazioni del sistema solare compatto per la produzione dell'acqua calda sono elencate nella tabella 4.10.

Sintesi dei risultati ottenuti con il sistema solare	
Energia totale per l'acqua calda, pompa e regolazione inclusa (stima)	1'900 kWh/a 7.3 kWh/(m ² a) ⁽¹⁾ 9.3 kWh/(m ² a) ⁽²⁾
Energia elettrica per l'acqua calda, pompa e regolazione inclusa (rilievi)	450 kWh/a 1.7 kWh/(m ² a) ⁽¹⁾ 2.2 kWh/(m ² a) ⁽²⁾
Energia elettrica inserita nell'accumulatore (rilievi)	360 kWh/a
Energia solare termica inserita nell'accumulatore (stima)	1'450 kWh/a 360 kWh/(m ² _{collettore} a)
Perdite termiche dell'accumulatore (stima)	300 kWh/a
Energia termica per l'acqua calda distribuita (stima)	1'500 kWh/a 380 kWh/persona/a

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 260 m² (secondo norma SIA 380/1)

⁽²⁾ con superficie di riferimento energetico di 205 m² (secondo standard Passivhaus)

Tabella 4.10 Sintesi del bilancio energetico del sistema solare compatto per la produzione d'acqua calda durante l'anno di monitoraggio (luglio 2001 a giugno 2002).

4.7. Bilancio energetico

I risultati presentati nel paragrafo precedente permettono di eseguire un bilancio energetico della casa A. Nella figura 4.9, il bilancio termico della casa A è stabilito per il riscaldamento, il sistema di ventilazione e la produzione d'acqua calda. I valori sono dati in kWh/(m²a), una volta usando la superficie di riferimento energetico determinata secondo la norma SIA 380/1 e una seconda volta (valori tra parentesi), usando la superficie di riferimento energetico determinata secondo lo standard Passivhaus. I valori in grassetto sono dati rilevati, mentre gli altri sono stimati.

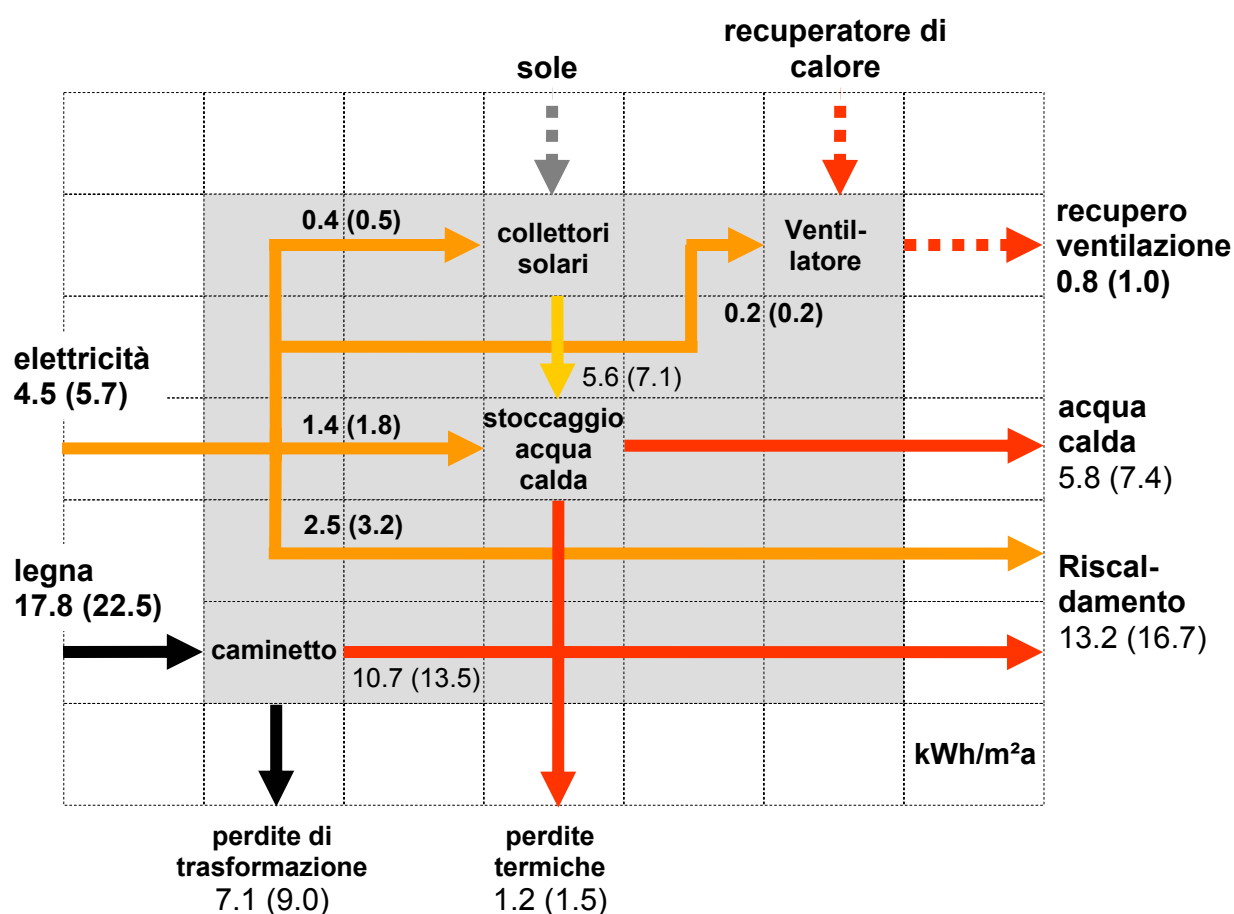


Fig. 4.9 Bilancio energetico della casa A per il riscaldamento, la produzione d'acqua calda solare ed il sistema di ventilazione. Periodo di monitoraggio da luglio 2001 a giugno 2002.

L'energia elettrica totale consumata nella casa A ammonta a 3'610 kWh/a, inclusi 1'170 kWh/a per il riscaldamento, la produzione d'acqua calda ed il sistema di ventilazione. L'indice elettrico totale è di 13.9 kWh/(m²a) (17.6 kWh/(m²a) con superficie Passivhaus), e, per gli apparecchi domestici e la luce, di 9.4 kWh/(m²a) (11.9 kWh/(m²a) con superficie Passivhaus). Questo valore è molto basso se

paragonato ai 22 kWh/(m²a) della norma SIA 380/1 o ai 16.7 kWh/(m²a) mirati dello standard Minergie.

L'energia elettrica totale consumata nella **casa B** è di 4'000 kWh/a. L'indice elettrico totale è di 17.1 kWh/(m²a), e, una volta dedotta l'energia elettrica per il riscaldamento, la produzione d'acqua calda e la ventilazione, raggiungiamo facilmente l'indice elettrico Minergie per l'uso domestico.

4.8. Fabbisogno d'energia e paragone con il calcolo SIA 380/1

I valori medi giornalieri della potenza di riscaldamento, rapportati in funzione della temperatura esterna media, permettono di osservare l'aumento della potenza a dipendenza della temperatura esterna. Nella figura 4.10, la potenza riportata è la potenza calcolata in base al vettore energetico (legna ed elettricità), dunque precedente la trasformazione dell'energia in calore.

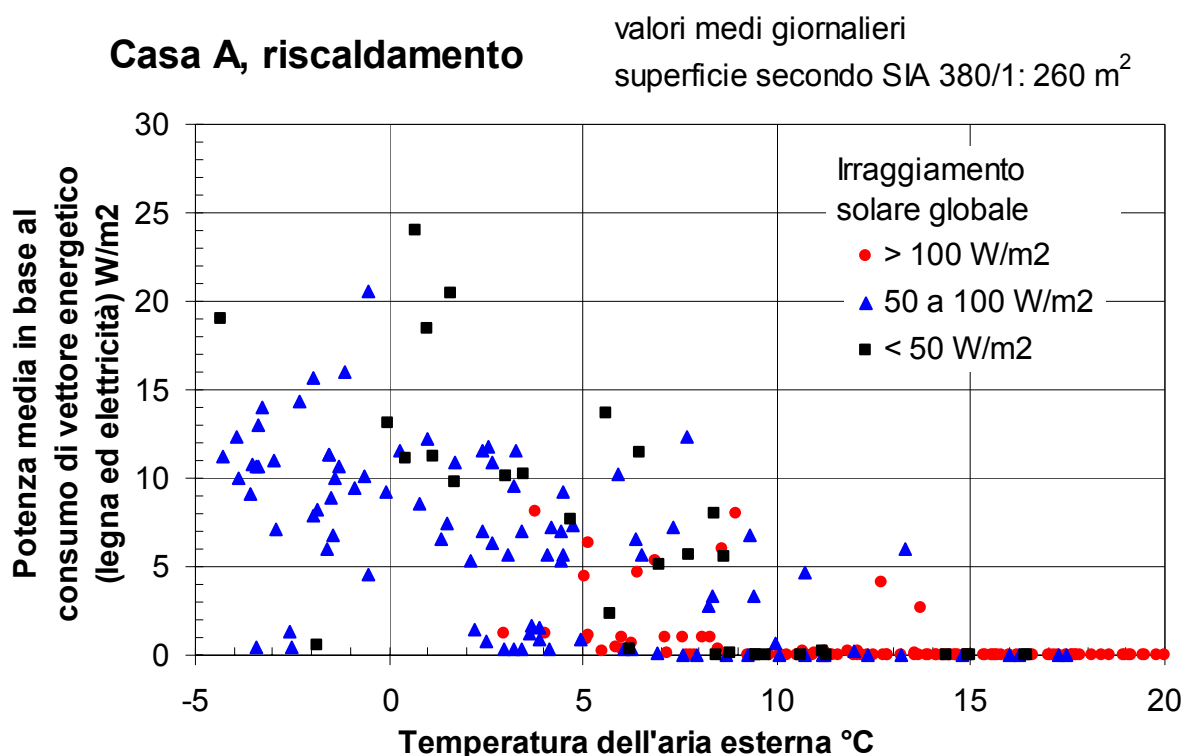


Fig. 4.10 Potenza giornaliera in base al consumo di vettore energetico, dunque prima della trasformazione dell'energia in calore, per metro quadrato di superficie di riferimento energetico (secondo SIA 380/1).

I punti nel grafico della figura 4.10 sono classi in relazione all'intensità dell'irraggiamento solare globale orizzontale. Fanno vedere la sensibilità della casa ai guadagni solari (meno sole, potenza termica di riscaldamento più elevata). Potenze giornaliere di 20 – 25 W/m² corrispondono a circa 5 – 6 kW.

La casa ha una costante di tempo più lunga di un 1 giorno (che è dato dalla sua massa importante e dalle perdite termiche basse). Dunque il riscaldamento durante tutta una giornata può anche servire per il giorno seguente. Per non dipendere da questi effetti, sono necessari i valori medi su un periodo di tempo più lungo della costante di tempo della casa. In questo modo è possibile effettuare una firma energetica della casa per il riscaldamento, con valori medi su 10 giorni (vedi figura 4.11). La potenza media in base al vettore energetico è riportata in funzione della temperatura media dell'aria esterna. Una relazione lineare tra la potenza e la temperatura dell'aria esterna si vede più chiaramente, e permette di effettuare una regressione lineare. Partendo dal presupposto che le perdite di trasformazione sono poco sensibili alla temperatura dell'aria esterna, la pendenza della regressione lineare dà una stima diretta delle perdite specifiche totali della casa (perdite specifiche per trasmissione e per ventilazione).

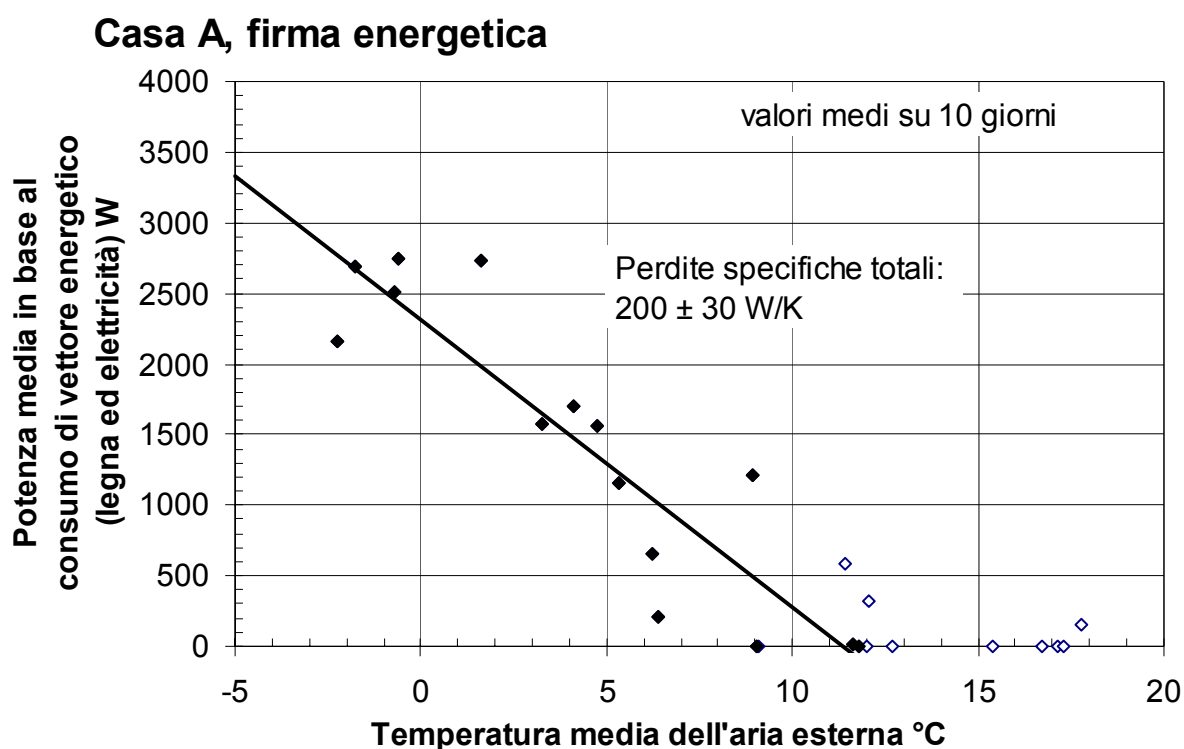


Fig. 4.11 Firma energetica della casa A, con valori medi della potenza di riscaldamento su 10 giorni.

La firma energetica conferma che, in media, la potenza di riscaldamento necessaria per la casa è più bassa dei valori giornalieri rilevati. Per una temperatura di dimensionamento di -3°C , è necessaria una potenza di combustibile di 3 kW, che corrisponderebbe ad una potenza termica di riscaldamento di circa 2 kW. Si può inoltre notare l'importanza dei guadagni solari passivi ed interni, perché le perdite specifiche totali della casa, stimate a 200 W/K con il grafico della firma energetica, danno, per una temperatura esterna di -3°C , una potenza per le sole perdite termiche di circa 4.6 kW.

L'energia termica per il riscaldamento della casa, inclusa l'energia termica recuperata dal sistema di ventilazione, ammonta a 14 kWh/(m²a) o 50 MJ/(m²a), relativa alla superficie di riferimento energetico in base alla norma SIA 380/1. Questa energia corrisponde al fabbisogno d'energia di riscaldamento, e può essere determinato usando il metodo dato dalla norma SIA 380/1 del 2001. Per questo scopo è stato utilizzato il programma Kelvin (2002). I valori meteorologici mensili, delle temperature interne e dei guadagni interni sono quelli che corrispondono ai rilievi effettuati durante il periodo di riscaldamento. I valori di progettazione per l'involucro e la ventilazione conducono ad un fabbisogno d'energia di riscaldamento due volte più elevato, pari a 104 MJ/(m²a). La ragione principale di questa differenza è dovuta alle perdite specifiche totali troppo elevate, utilizzate nel calcolo, che ammontano a 280 W/K (vedi tabella 4.8).

Confronto rilevamenti – calcoli (casa A)	Rilevamenti	Calcolo SIA 380/1
Fabbisogno stagione di riscaldamento 2001 - 2002	50 MJ/(m ² a) ⁽¹⁾	104 MJ/(m ² a) ⁽¹⁾
Perdite specifiche totali	200 W/K	280 W/K
Perdite specifiche per trasmissione		220 W/K
Frazione delle perdite attraverso le finestre		50 %
Perdite specifiche per ventilazione	20 W/K	60 W/K
Tasso di ricambio d'aria	0.1 h ⁻¹	0.3 h ⁻¹

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 260 m² (secondo norma SIA 380/1)

Tabella 4.8 Paragone tra rilevamenti e calcolo SIA 380/1, con perdite specifiche determinate con i valori di progettazione (casa A).

Il ricambio reale dell'aria, tre volte più basso di quello fissato dalla norma SIA 380/1, crea delle perdite più deboli. Però spiega solo la metà della differenza tra le perdite specifiche determinate con i rilievi e quelle determinate nella fase di progettazione. Le perdite attraverso il pavimento del piano terreno sono sicuramente valutate in modo pessimistico con il metodo della norma SIA 380/1. Altro punto discutibile è il valore U delle finestre, che è valutato con ponti termici per il collegamento tra il vetro e il telaio. Questo conduce probabilmente ad una valutazione pessimistica, soprattutto dato che in realtà, le tapparelle esterne e le tende interne sono sempre abbassate durante la notte, aiutando così a limitare le perdite termiche.

Le perdite specifiche per trasmissione sono ridotte di 40 W/K se riduciamo il valore U delle finestre da 1.35 a 1.1 W/(m²K) per le finestre grandi, da 1.41 a 1.2 W/(m²K) per le finestre piccole, e se non si considerano i ponti termici delle aperture delle finestre. Un nuovo calcolo con perdite specifiche totale di 200 W/K da un fabbisogno termico della casa di 56 MJ/(m²a) (vedi tabella 4.9), abbastanza vicino al valore proveniente dai rilievi e dunque soddisfacente. Questo risultato dimostra anche che l'esecuzione della casa è stata curata molto bene dal punto di vista termico. Mostra inoltre l'elevata incidenza delle perdite sul fabbisogno di calore. Una

riduzione del 30% delle perdite, permette di dimezzare praticamente il fabbisogno di riscaldamento.

Confronto rilevamenti – calcoli (casa A)	Rilevamenti	Calcolo SIA 380/1
Fabbisogno stagione di riscaldamento 2001 - 2002	50 MJ/(m ² a) ⁽¹⁾	56 MJ/(m ² a) ⁽¹⁾
Perdite specifiche totali	200 W/K	200 W/K
Perdite specifiche per trasmissione		180 W/K
Perdite specifiche per ventilazione	20 W/K	20 W/K
Tasso di ricambio d'aria	0.1 h ⁻¹	0.1 h ⁻¹

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 260 m² (secondo norma SIA 380/1)

Tabella 4.9 Paragone tra i rilievi e il calcolo SIA 380/1, con perdite specifiche uguali in entrambi i casi (casa A).

Nella tabella 4.10, sono riportati i valori mensili del calcolo con i valori mensili rilevati per il riscaldamento. Il confronto mensile lascia presupporre che le perdite effettive della casa sono ancora più basse di quelle fissate nel calcolo.

Energia MJ/m ²	Perdite termiche			Apporti termici			Grado sfrutt. η_g	Guadagni utilizzati Q_g	Fabbisogno edificio	
	transmis. Q_T	ventil. Q_V	totale Q_t	solari Q_s	elettrici Q_i	persone Q_{ip}			calcolo Q_h	misure
gennaio	39	4	43	18	2	2	0.97	21	22	18
febbraio	25	2	28	22	2	1	0.85	21	6	7
marzo	17	2	19	31	2	2	0.53	19	0	2
aprile	11	1	13	29	2	2	0.38	12	0	1
maggio	7	1	8	28	2	2	0.25	8	0	1
giugno	0	0	0	36	2	2	0.00	0	0	0
luglio	0	0	0	36	2	2	0.00	0	0	0
agosto	0	0	0	37	2	2	0.00	0	0	0
settembre	8	1	8	29	2	2	0.26	8	0	0
ottobre	10	1	11	24	2	2	0.40	11	0	0
novembre	25	2	28	18	2	2	0.91	19	8	5
dicembre	36	3	40	17	2	2	0.97	20	20	16
anno	180	17	197	325	25	18	0.38	140	56	50

Tabella 4.10 Valori mensili del calcolo e del fabbisogno energetico rilevato per la casa A.

Per la casa B, i rilievi non permettono di determinare le perdite specifiche totali della casa e di paragonarle alle perdite calcolate. Inoltre la determinazione del fabbisogno di calore della casa secondo i rilevamenti è approssimativo, perché si basa sull'efficienza media ipotizzata del caminetto (circa 70%) e sul potere calorifico stimato della legna (12-13 MJ/kg), di cui sappiamo solo che la qualità è peggiore di quella della legna della casa A (più umida e minor densità). Il consumo di elettricità

per il riscaldamento, non rilevato, è marginale e possiamo trascurarlo. Il calcolo del fabbisogno di calore è eseguito con il metodo SIA 380/1, usando le stesse correzioni di quelle utilizzate per la casa A. La temperatura interna media durante la stagione di riscaldamento è fissata, secondo i rilievi, a 21 °C per il piano terreno e il primo piano, e a 19 °C per il secondo piano. La tabella 4.11 mette a confronto il fabbisogno di calore ottenuto con i rilievi e quello calcolato.

Confronto rilevamenti – calcoli (casa B)	Rilevamenti	Calcolo SIA 380/1
Fabbisogno stagione di riscaldamento 2001 – 2002	72 MJ/(m ² a) ⁽¹⁾ (approssimazione)	66 MJ/m ² a ⁽¹⁾

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 234 m² (secondo norma SIA 380/1)

Tabella 4.9 Confronto tra i rilevamenti (stima) ed il calcolo SIA 380/1 del fabbisogno di calore della casa B.

Si può notare che il caminetto della casa B, grazie allo stoccaggio di calore nelle pareti attraversate dalle condotte dei fumi di combustione, permette di trattenere una parte del calore di un fuoco fatto in serata, per poi restituirlo durante la notte. Dunque non c'è bisogno di utilizzare un radiatore elettrico per mantenere la casa in temperatura fino al giorno seguente.

4.9. Verifica del fabbisogno energetico secondo la norma SIA 380/1

In questo paragrafo, il calcolo è eseguito applicando la norma SIA 380/1 con i valori standard. Dunque i dati meteo, il ricambio d'aria minimo ed i guadagni interni sono modificati per soddisfare i valori fissati dalla norma. In altre parole, questo calcolo permette la verifica della conformità della casa secondo i criteri fissati dalla norma SIA 380/1. In particolare, secondo le disposizioni cantonali, la stazione meteorologica per la verifica è quella di Lugano. La tabella 4.12 mostra come cambia il fabbisogno di calore tra il calcolo effettuato con i valori rilevati e il calcolo di verifica, con i valori elencati precedentemente.

Fabbisogno di calore della casa A ⁽¹⁾		
Calcolo	dati dell'anno di rilievi (2001 - 2002)	56 MJ/(m ² a)
	stazione meteo di Lugano per verifica SIA 380/1	50 MJ/(m ² a)
	ricambio d'aria secondo SIA 380/1	78 MJ/(m ² a)
	guadagni interni secondo SIA 380/1	67 MJ/(m ² a)
Verifica secondo la norma SIA 380/1		67 MJ/(m²a)

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 260 m² (secondo norma SIA 380/1)

Tabella 4.12 Variazione del fabbisogno di calore della casa A, dal calcolo effettuato con i valori rilevati e il calcolo di verifica previsto dalla norma.

La norma SIA 380/1 fissa per il fabbisogno di riscaldamento di questa casa un valore limite di 210 MJ/(m²a) e un valore mirato di 130 MJ/(m²a). Il valore calcolato è due volte inferiore al valore mirato. Per la **casa B**, la verifica secondo la norma SIA 380/1 dà un fabbisogno di calore di **84 MJ/(m²a)**, ugualmente molto più basso del valore mirato (160 MJ/(m²a)).

Abbiamo visto in precedenza che le perdite termiche hanno una grande influenza sul fabbisogno di calore. Nella tabella 4.13 è illustrata l'influenza di alcuni parametri.

Parametro di calcolo	variazione	Calcolo SIA 380/1 ⁽¹⁾
Dati secondo calcolo norma (verifica SIA 380/1)	-	67 MJ/(m ² a)
Perdite specifiche totali (trasm. + vent.)	-10%	52 MJ/(m ² a) (-22%)
Guadagni solari	+10%	61 MJ/(m ² a) (-9%)
Temperatura aria interna	- 1K	57 MJ/(m ² a) (-15%)
Superficie delle finestre sud-est	-10%	69 MJ/(m ² a) (+3%)

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 260 m² (secondo norma SIA 380/1)

Tabella 4.13 Sensibilità del fabbisogno di calore in funzione dei principali parametri variati singolarmente, calcolo secondo la norma SIA 380/1 (casa A).

Le perdite termiche hanno l'influenza maggiore sul fabbisogno. Una riduzione delle finestre della facciata sud-est diminuisce i guadagni solari, ma riduce anche le perdite termiche, essendo quest'ultime più piccole attraverso la muratura che attraverso le finestre. L'influenza complessiva di una riduzione delle finestre a sud-est è comunque leggermente negativa, perché l'effetto sulle perdite specifiche totali è modesto (circa -1%). Questo conferma che le grandi superfici vetrate a sud contribuiscono, tramite i guadagni solari importanti, a ridurre il fabbisogno di riscaldamento della casa.

4.10. Verifica indice energetico secondo standard Minergie

L'indice energetico Minergie è determinato per l'anno di rilevamenti e la verifica è effettuata con i valori standard. Lo standard Minergie fissa un fattore di ponderazione di 2 per l'elettricità usata per riscaldare, per produrre l'acqua calda sanitaria e per garantire il funzionamento del sistema di ventilazione. L'efficienza di conversione dell'energia elettrica in calore è del 100%. Per la legna sono fissati un fattore di ponderazione di 0.6 e un'efficienza media di conversione del 75%. Il fabbisogno di calore per riscaldare la casa A, è di 72 MJ/(m²a) invece di 67 MJ/(m²a), aumento dovuto al fatto che il consumo elettrico domestico è fissato da Minergie (2002) a 60 MJ/(m²a) invece di 80 MJ/(m²a), come nella norma SIA 380/1. Abbiamo dunque di conseguenza meno guadagni interni. Per la verifica, Minergie esige che il sistema di ventilazione funzioni tutto l'anno. Per garantire un ricambio d'aria di 0.3 h⁻¹, va garantito un flusso d'aria di 180 m³/h per la ventilazione, dunque tre volte più elevato di quello installato in realtà. La potenza totale dei ventilatori è stimata a 70 W, ovvero 610 kWh all'anno.

I valori della tabella 4.14 mettono a confronto gli indici rilevati e risultanti dalla verifica Minergie per la casa A. Essi sono stati determinati con le seguenti considerazioni:

	monitoraggio	valori per verifica Minergie
fabbisogno di calore	dati rilevati	calcolo SIA 380/1 con guadagni interni ridotti
energia legna	dato rilevato	energia termica riscaldamento ponderata ed efficienza del 75%
energia elettrica	dato rilevato	energia termica riscaldamento ponderata ed efficienza del 100%
recupero sistema ventilazione	dato rilevato	efficienza media del 50%
energia elettrica per la produzione d'acqua calda	dato rilevato	energia termica per la produzione d'acqua calda ponderata e frazione solare del 50%

Energia in MJ/(m ² a) ⁽¹⁾	Monitoraggio 2001-2002	Valori per verifica Minergie
Fabbisogno di calore per riscaldare la casa	50	72
Recupero di calore sistema di ventilazione	3	19
Energia termica dalla legna (80% del fabbisogno di calore rimanente)	38	42
Energia termica dall'elettricità (20% del fabbisogno di calore rimanente)	9	11
Riscaldamento		
indice energetico legna ⁽²⁾	(38/0.6)x0.6 = 38	(42/0.75)x0.6 = 34
indice energetico elettricità	9 x 2 = 18	11 x 2 = 22
totale riscaldamento	56	56
Ventilazione		
indice energetico elettricità ventilatore	0.7 x 2 = 1.4	8.5 x 2 = 17
Acqua calda		
indice energetico elettricità "kit solare"	6.5 x 2 = 13	(0.5x50)x2 = 50
Indice Minergie complessivo (< 150)	70	123
Indice elettrico per l'uso domestico	34	60

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 260 m² (secondo norma SIA 380/1)

⁽²⁾ l'indice energetico della legna è dato dall'energia di calore fornita diviso il rendimento del produttore di calore per un fattore di ponderazione di Minergie (0.6).

Tabella 4.14 Indice Minergie della casa A determinati secondo i dati rilevati e la verifica standard.

Le esigenze Minergie sono facilmente raggiunte per la **casa A** (vedi tabella 4.14). L'indice Minergie è di 70 MJ/(m²a) (ossia 19 kWh/(m²a)) per l'anno di monitoraggio, e **123 MJ/(m²a)** (ossia 34 kWh/(m²a)) secondo la verifica standard. L'indice Minergie è raggiunto se paragoniamo questi valori al valore massimo tollerato di 150 MJ/(m²a) (ossia 42 kWh/(m²a)).

Per la **casa B**, il fabbisogno di calore per riscaldare la casa è di 89 MJ/(m²a). Il recupero sulla ventilazione abbassa il valore a 68 MJ/(m²a). L'indice energetico Minergie per il riscaldamento (100% copertura con la legna), è di 54 MJ/(m²a). L'indice Minergie completo, ventilazione e acqua calda inclusa (come per la casa A), è di **121 MJ/(m²a)** e anch'esso soddisfa facilmente il valore massimo fissato dallo standard Minergie. L'indice Minergie della casa B è leggermente inferiore a quello della casa A, malgrado il fabbisogno di calore sia maggiore. Questo è dovuto all'uso del caminetto che copre quasi la totalità del fabbisogno di calore, mentre, nella casa A, 20% del fabbisogno è coperto dall'elettricità. Con questa ripartizione del

riscaldamento per la casa B, l'indice Minergie salirebbe a 138 MJ/(m²a), sempre al di sotto del valore massimo.

4.11. Lo standard "Passivhaus"

Una Passivhaus è una casa che permette di raggiungere un ambiente interno confortevole senza dover utilizzare un sistema attivo di riscaldamento e di raffreddamento. In Europa, una tale casa non deve avere un fabbisogno di riscaldamento superiore ai 15 kWh/(m²a) (la superficie di riferimento energetico è la superficie riscaldata determinata con le dimensioni interne). Inoltre, questo fabbisogno non deve essere raggiunto grazie ad un incremento del consumo d'energia usato per altri scopi (per esempio uso importante di elettricità che aumenta di conseguenza i tradizionali guadagni interni). Un'ulteriore condizione è il consumo complessivo di energia primaria (riscaldamento, produzione d'acqua calda e uso domestico), che non deve superare i 120 kWh/(m²a). Di conseguenza, considerando la SRE lorda della **casa A**, questi due limiti sono ridotti a **43 MJ/(m²a)** per il riscaldamento e a **340 MJ/(m²a)** per l'energia primaria. L'energia primaria è ponderata con un fattore 2.97 per l'elettricità e 1.01 per la legna.

Per una casa al nord delle alpi, le pareti hanno un valore U di 0.15 W/(m²K) al massimo, le finestre (vetro e telaio) di 0.8 W/(m²K), e la casa utilizza al meglio i guadagni solari. I ponti termici sono ridotti al minimo, la casa è molto ermetica ed ha un sistema di ventilazione automatico. I valori U delle pareti e delle finestre della casa Vitali-Velti sono più elevati. Però, considerando la verifica Minergie, è sufficiente alzare l'efficienza media del recupero di calore nel sistema di ventilazione da 50% a 80%, per far sì che la casa A raggiunga il fabbisogno di riscaldamento richiesto dallo standard Passivhaus (vedi tabella 4.15). Questa efficienza è oggi raggiungibile con le ultime generazioni di apparecchi di ventilazione ed una progettazione del sistema ottimizzata.

Energia in MJ/(m ² a) ⁽¹⁾	Valori per verifica Passivhaus
Fabbisogno di calore per riscaldare la casa (senza recupero)	72
Recupero di calore sistema di ventilazione (efficienza 80%)	29
Fabbisogno di calore per riscaldare la casa (con recupero)	72 - 29 =
(valore limite da rispettare: 43 MJ/m²a ⁽²⁾)	43
Riscaldamento	
energia finale "legna" (80% del fabbisogno di calore ed efficienza media del caminetto chiuso di 60%)	(43 x 0.8)/0.6 = 57
energia finale "elettricità" (20% del fabbisogno di calore ed efficienza del radiatore elettrico di 100%)	(43 x 0.2)/1 = 9
Ventilazione	
energia elettrica per i ventilatore	9
Acqua calda ⁽³⁾	
energia elettrica per l'acqua calda (frazione solare del 50%)	15
Uso domestico	
energia elettrica per l'uso domestico	60
Totale	
energia finale "legna"	57
energia finale "elettricità"	93
Energia primaria	57x1.01+ 93x2.97 =
(valore limite da rispettare: 340 MJ/m²a ⁽²⁾)	334

⁽¹⁾ con superficie di riferimento energetico di 260 m² (secondo norma SIA 380/1).

⁽²⁾ valore corretto per la superficie di riferimento energetico invece della superficie netta interna.

⁽³⁾ il fabbisogno di acqua calda è stimato basandosi sulle prescrizione di una Passivhaus: utilizzo di 25 litri di acqua calda a 60 °C per giorno e persona. Il fabbisogno annuale per la casa A è quindi valutato pari a 29 MJ/m²a.

Tabella 4.15 Verifica "Passivhaus" della **casa A**. I valori da rispettare sono 43 MJ/(m²a) per il fabbisogno di riscaldamento e di 340 MJ/(m²a) per l'energia primaria.

Il concetto della casa permette di raggiungere lo standard Passivhaus se ha un sistema di ventilazione con un elevato recupero di calore (efficienza media del recuperatore dell'80%). L'energia primaria rimane anch'essa nel valore limite, anche se è stimata con una frazione solare molto pessimistica del 50% per la produzione d'acqua calda. I rilievi e la stima del bilancio energetico del sistema per la produzione di acqua calda fanno pensare che la frazione solare sia attorno al 70 – 80%.

Per la **casa B**, i criteri da rispettare sono **41 MJ/(m²a)** per il fabbisogno di calore e **327 MJ/(m²a)** per l'energia primaria.

Un sistema di ventilazione, con un recupero di calore dell'80%, abbassa il fabbisogno di calore a 55 MJ/(m²a) e non è sufficiente. Per raggiungere 41 MJ/(m²a), è necessario uno spessore supplementare d'isolamento termico di almeno 8 cm per la parete esterna ed il tetto.

Un'altra possibilità è quella di sostituire tutte le finestre con un triplo vetro (valore U finestre di 0.8 W/(m²K)), ma questa misura da sola non è sufficiente. Uno spessore d'isolamento supplementare di 5 cm per le pareti esterne e di 3 cm per il tetto è indispensabile.

Dunque la casa B, che riceve meno guadagni solari della casa A, non può soddisfare lo standard Passivhaus senza un isolamento più forte dell'involucro.

Programma di ricerca Uso razionale dell'energia negli edifici	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Ufficio Federale dell' Energia UFE
--	---	---------------------------------------

5. Temperature interne e benessere

5.1. Temperature e umidità relativa dell'aria

Come già accennato nel paragrafo 4.2 del capitolo precedente, la temperatura e l'umidità relativa dell'aria sono state rilevate in due differenti ubicazioni all'interno di ogni casa (piano terreno e secondo piano), ed in un punto nel giardino.

Per meglio interpretare i grafici delle figure 5.2 e 5.3, che mostrano l'andamento delle temperature interne e dell'umidità relativa nelle due case, nel grafico della figura 5.1 sono raffigurati i valori giornalieri dell'aria esterna. I valori con umidità relativa bassa corrispondono generalmente a giorni con condizioni di favonio, vento da nord che soffia aria secca e spesso più calda.

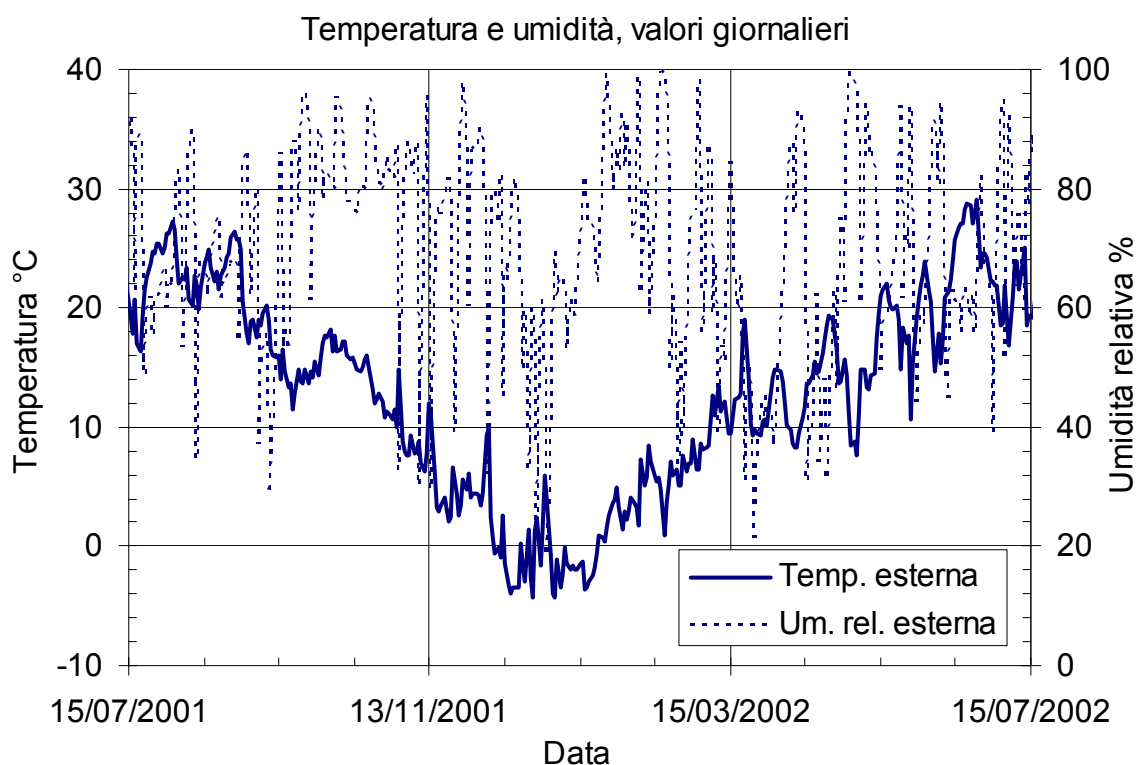


Fig. 5.1 Valori giornalieri della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria esterna.

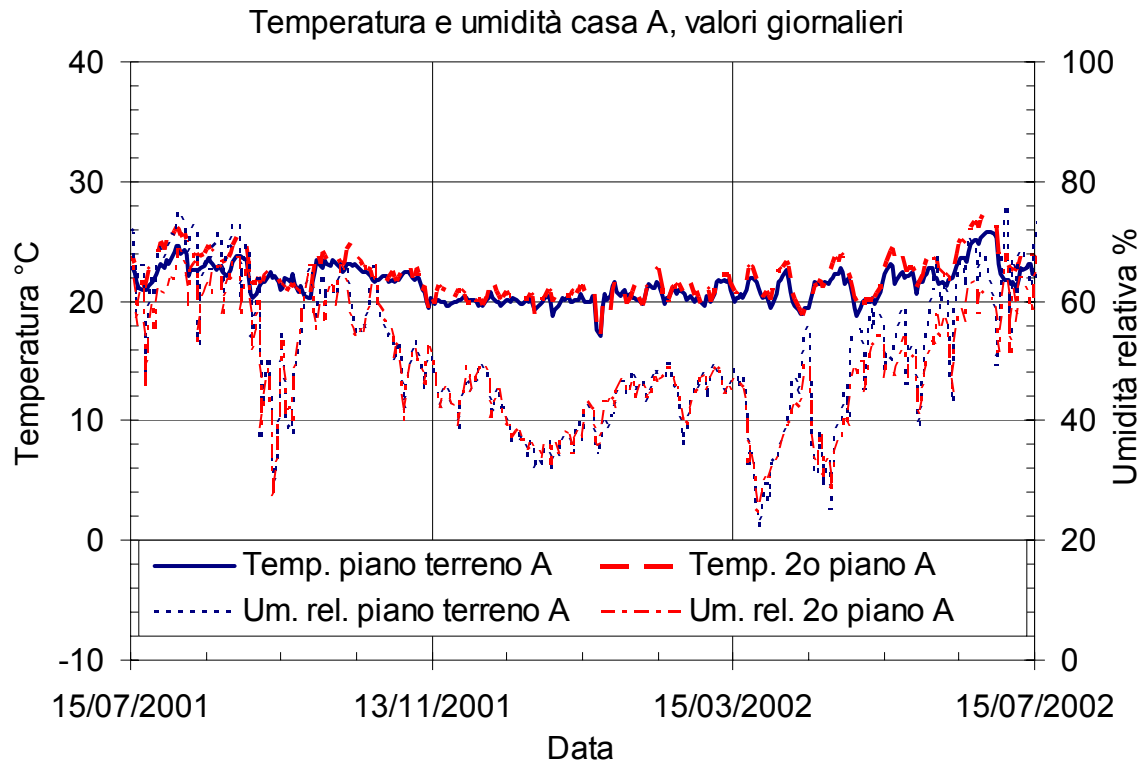


Fig. 5.2 Valori giornalieri della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria interna nella casa A.

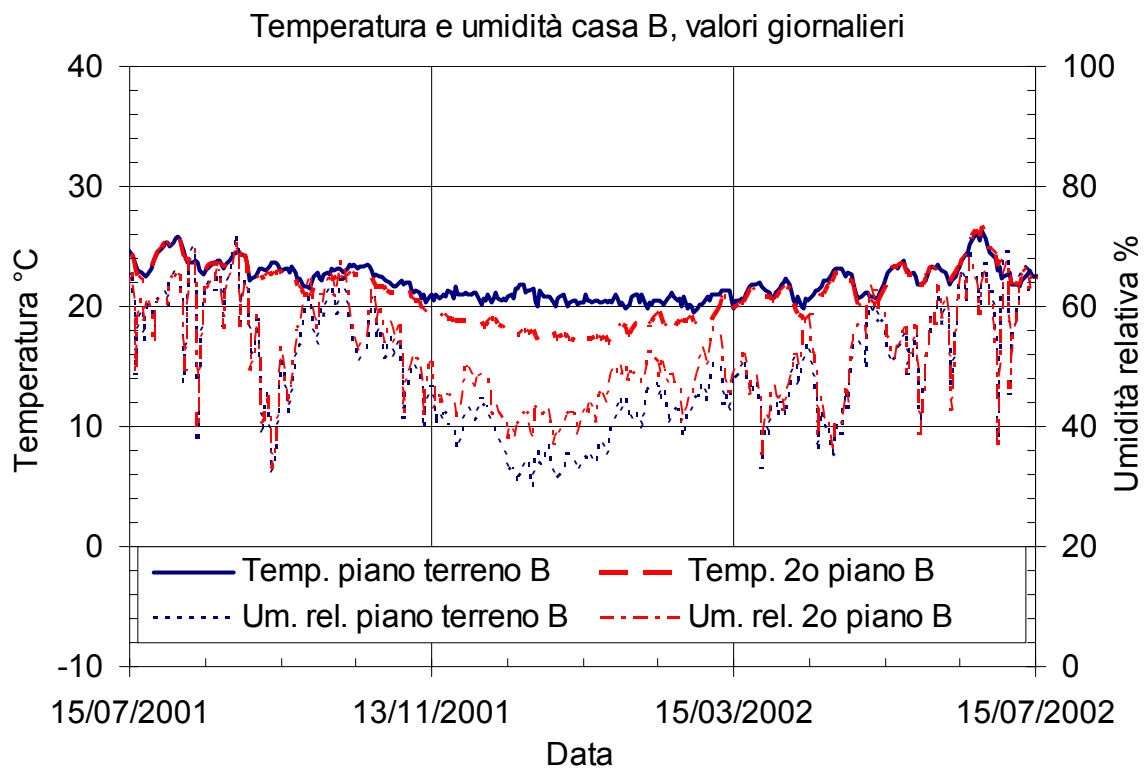


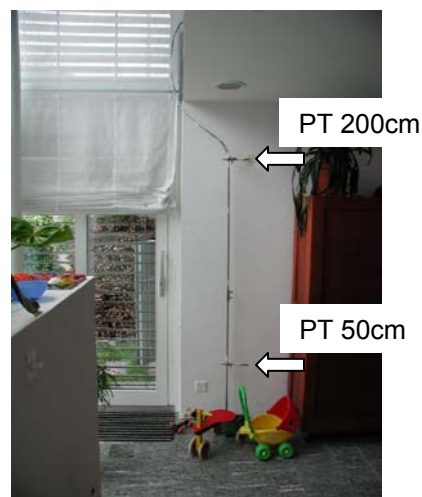
Fig. 5.3 Valori giornalieri della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria interna nella casa B.

Durante il periodo di riscaldamento l'umidità relativa è compresa tra il 30 e il 50%, e non presenta valori troppo alti che potrebbero causare problemi di condensazione. Si può notare che la temperatura nella casa B al secondo piano si abbassa di parecchio rispetto a quella del piano terreno. Questo è dovuto al fatto che il riscaldamento mediante resistenza elettrica dell'aria fresca della ventilazione è quasi sempre disattivato. Questa temperatura più bassa corrisponde alla zona camere, che non richiede una temperatura così elevata rispetto agli altri spazi (soggiorno, cucina, ecc.).

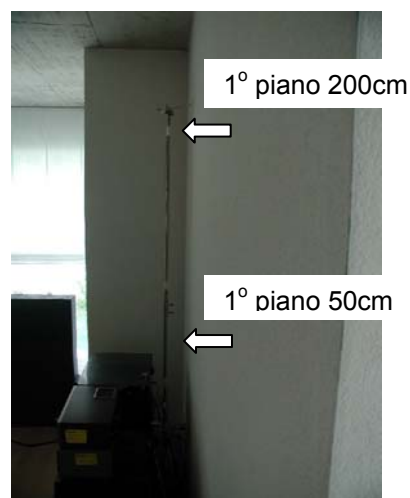
5.2. Stratificazione della temperature dell'aria interna

Per cercare di evidenziare una stratificazione delle temperature all'interno della casa A, sono stati piazzati sei punti di rilievo supplementari per la temperatura, impostati per un rilievo orario via datalogger:

- piano terreno, temperatura aria a 50 cm di altezza (Ta PT 50cm A);
- piano terreno, temperatura aria a 200 cm di altezza (Ta PT 200cm A);
- piano terreno, temperatura superficie parete sud-ovest (Ts PT 200cm A);



- primo piano, temperatura aria a 50 cm di altezza (Ta 1°P 50cm A);
- primo piano, temperatura aria a 200 cm di altezza (Ta 1°P 200cm A);
- primo piano, temperatura superficie parete sud-ovest (Ts 1°P 200cm A);



Dopo la calibrazione, le misure di temperatura hanno una precisione di $\pm 0.1 - 0.2\text{K}$.

La differenza tra la temperatura di superficie della parete e dell'aria alla stessa altezza è inferiore della precisione dei rilievi. Le temperature dell'aria rimangono in un intervallo tipico di 2 K. A volte, le variazioni all'interno della casa possono essere più grandi. L'andamento di queste variazioni è collegato a fenomeni particolari, come il raffreddamento notturno d'estate, guadagni solari d'inverno o ancora il riscaldamento con il caminetto. Le figure da 5.4 a 5.7 mostrano queste particolarità.

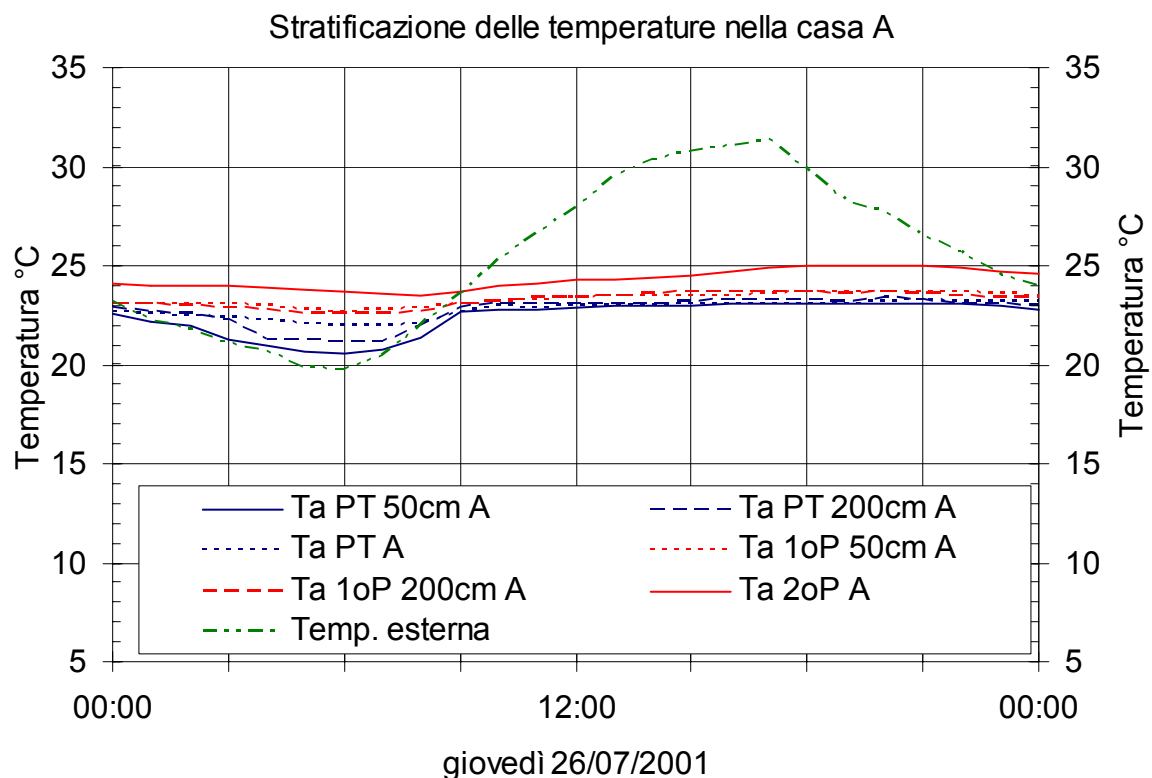


Fig. 5.4 **Raffreddamento notturno d'estate:** le temperature rilevate al piano terreno, a 50 cm e 200 cm da terra, si abbassano sensibilmente di più che le altre durante la notte e sono vicine alla temperatura dell'aria esterna.

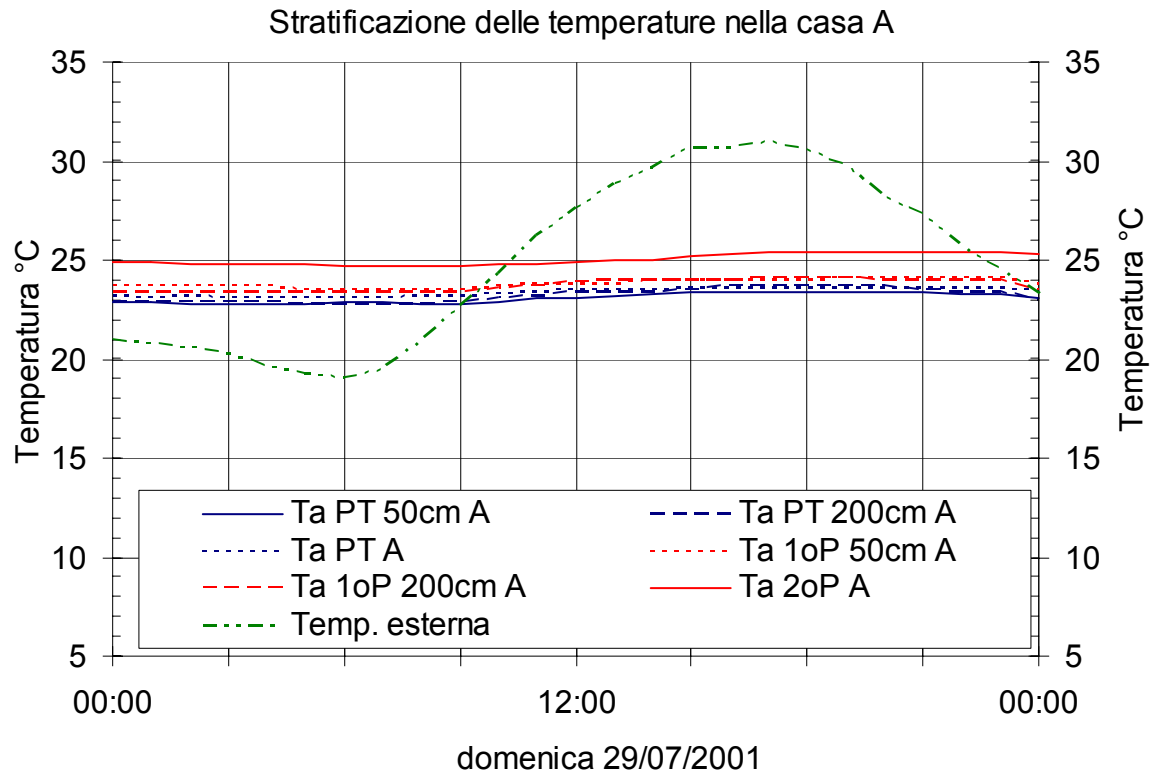


Fig. 5.5 **Casa non occupata in estate:** temperature costanti durante la notte e il giorno, la casa è chiusa.

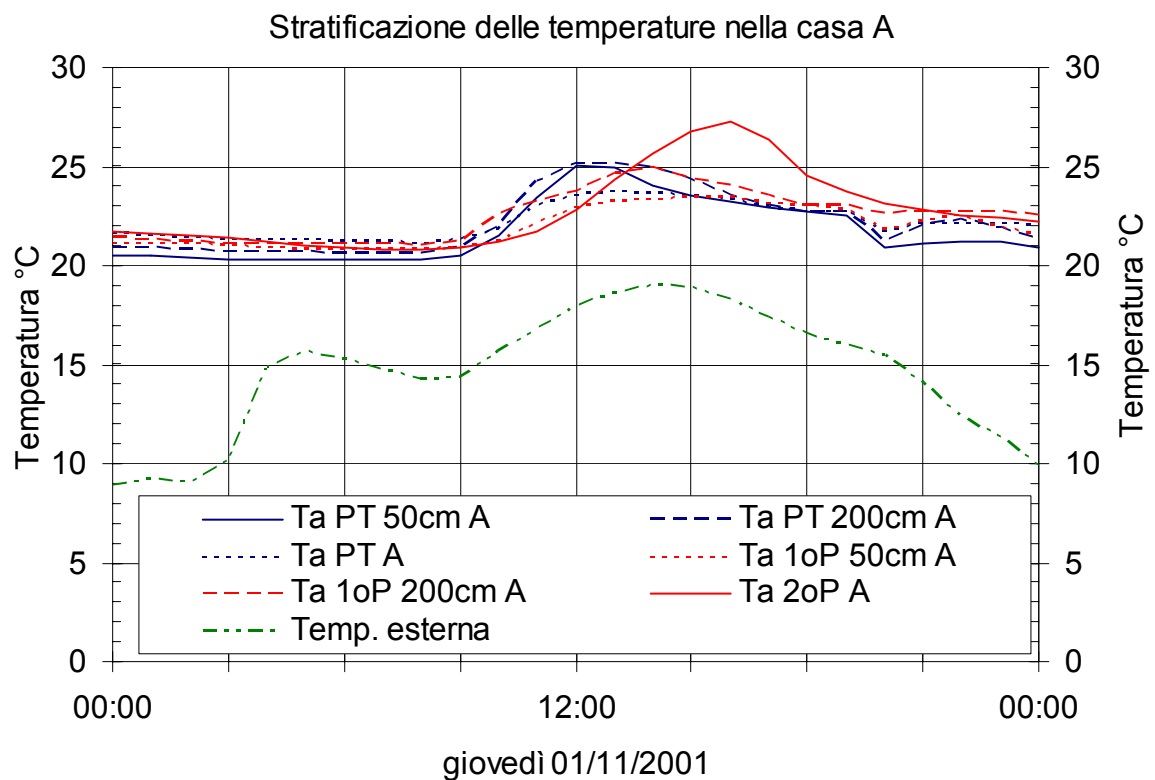


Fig. 5.6 **Guadagni solari** durante il periodo di riscaldamento.

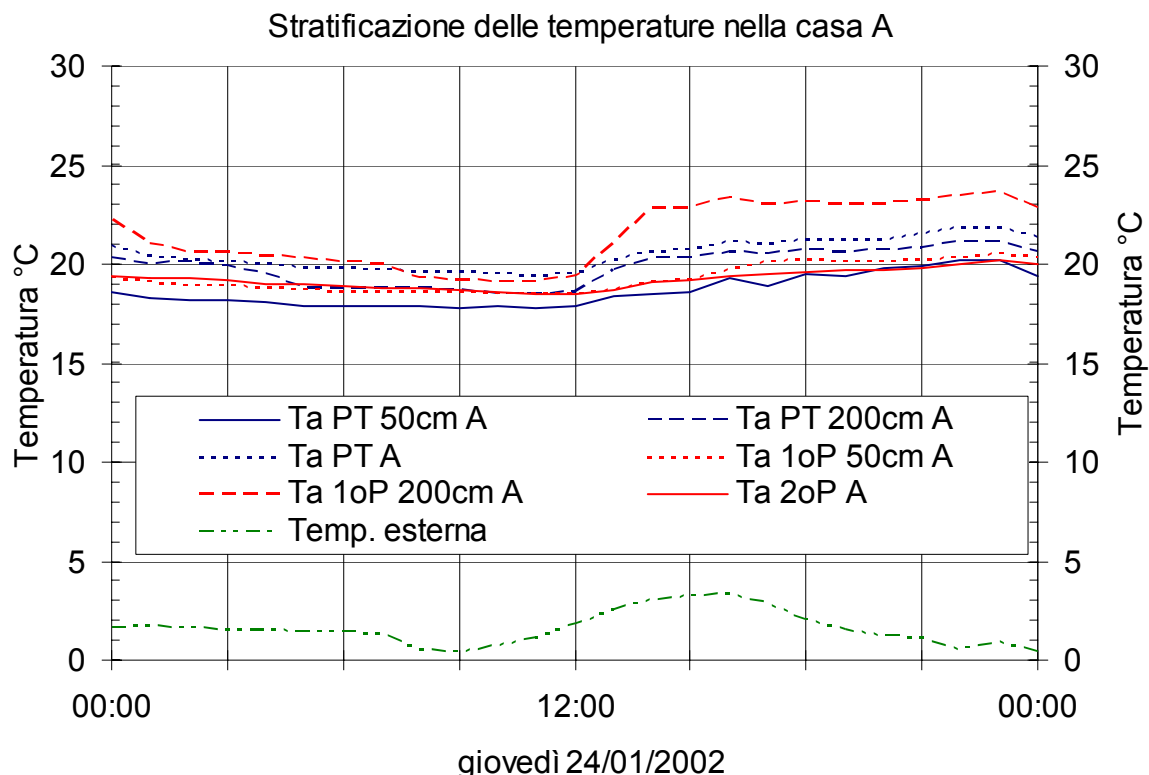


Fig. 5.7 **Riscaldamento con il caminetto** durante il periodo di riscaldamento.

Nella figura 5.5 si nota che la casa è poco sensibile alle condizioni esterne, grazie alla protezione solare efficace, ad un involucro ben isolato e ad una massa interna importante.

Il 1 novembre 2001 (figura 5.6) era un giorno ben soleggiato (irraggiamento solare giornaliero di 3 kWh/m²). L'aumento di 5-6 K della temperatura esterna tra le 3:00 e le 4:00 di mattina rende visibile l'avviamento di una situazione di favonio con bel tempo. La temperatura misurata al secondo piano (Ta 2°P A) presenta un'evoluzione diversa dalle altre. Questa temperatura è rilevata nella camera matrimoniale, in una posizione vicino alla grande finestra della facciata sud-ovest. Al contrario delle altre temperature, questa subisce l'influenza dei guadagni solari attraverso la finestra sud-ovest.

Il 24 gennaio 2002 (figura 5.7), sono stati bruciati circa 28 kg di legna tra le 12:00 e le 24:00, inserendo circa 6-7 kW di potenza termica nella casa. La durata di funzionamento del caminetto è messa in risalto grazie ai rilievi di temperatura al primo piano, a 200 cm di altezza.

5.3. Comportamento della casa durante il periodo estivo

Come accennato nel paragrafo precedente, l'importante massa della casa, combinata alle protezioni solari esterne e all'involucro ben isolato, rendono la casa poco sensibile alle variazioni meteorologiche, ed in particolare alle condizioni climatiche estive. La costante di tempo della casa, che determina la rapidità con la

quale la casa reagisce ad un cambiamento di un parametro quale la temperatura esterna, è di alcuni giorni. In altre parole, una serie di diversi giorni molto caldi non creano un surriscaldamento della casa. L'innalzamento medio della temperatura nella casa è più lento che l'innalzamento della temperatura esterna in valori giornalieri. Quando la temperatura esterna si abbassa di nuovo, la casa si raffredda più rapidamente grazie all'aerazione notturna (vedi figura 5.8).

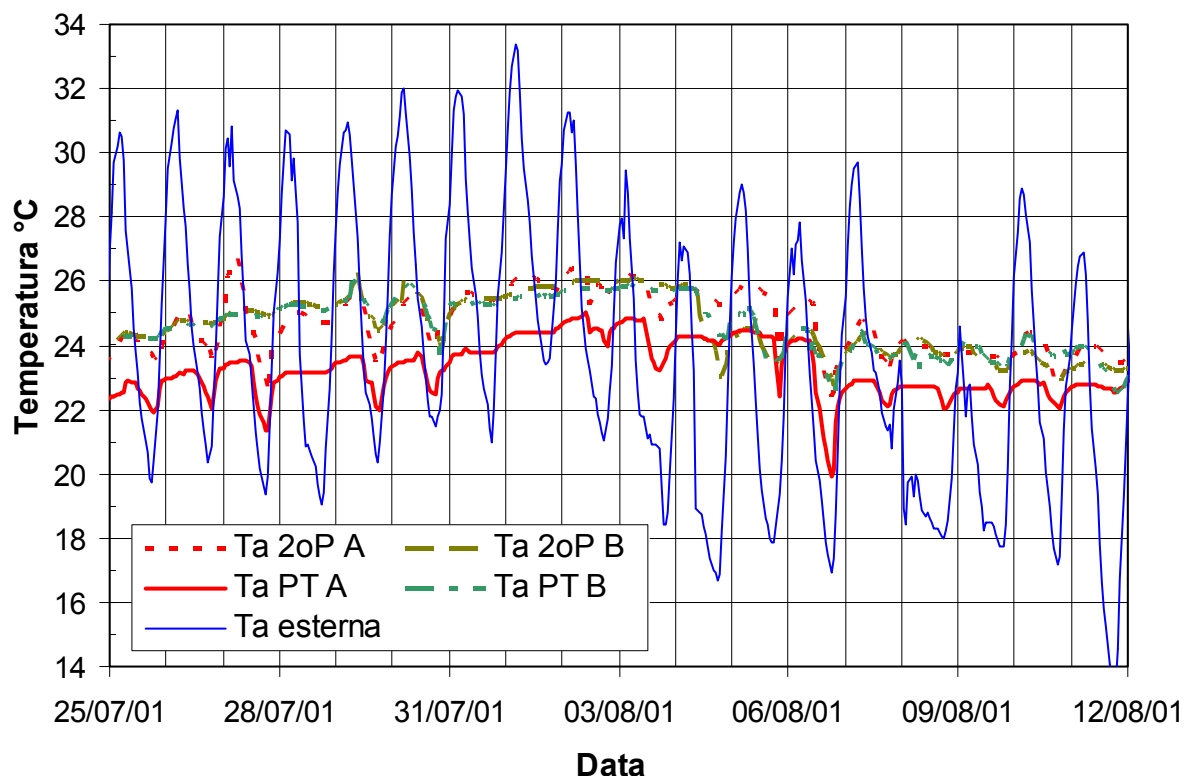


Fig. 5.8 La grande inerzia della casa, combinata ad una protezione solare esterna efficace, permette di mantenere bassa la temperatura della casa durante il periodo estivo.

Il benessere termico d'estate è garantito se la temperatura operativa rimane sotto i 26.5°C e se altri parametri sono entro il loro limite (movimenti d'aria, umidità relativa, ecc.), limiti che sono soddisfatti. Nel nostro caso, la temperatura operativa è molto vicina alla temperatura dell'aria rilevata. La figura 5.9 mostra le temperature interne ordinate per entrambe le case. Il limite superiore di 26.5 °C non viene praticamente mai superato.

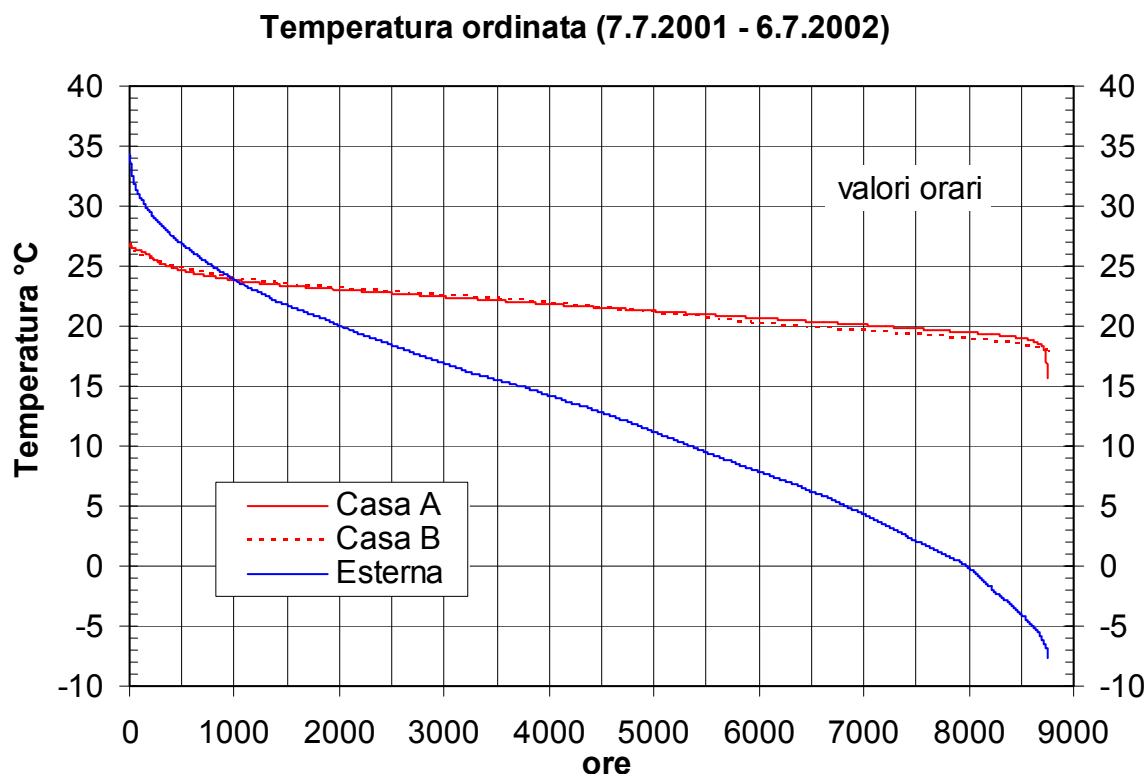


Fig. 5.9 Temperature interne ordinate delle case A e B. Il limite superiore di 26.5°C per il benessere d'estate non è quasi mai superato, malgrado le temperature esterne elevate.

5.4. Verifica puntuale del benessere

Il benessere termico è verificato puntualmente tre volte nella casa: durante la stagione invernale, la mezza stagione e in estate. Ogni volta sono stati analizzati due punti: al piano terreno la zona pranzo e al primo piano la zona soggiorno (vedi allegato A2).

Il benessere termico è valutato secondo la norma SIA 180 (1999). D'inverno, la temperatura operativa (che dipende dalla temperatura dell'aria secca e dalla temperatura radiante) dovrebbe essere compresa tra 19 e 24 °C, e d'estate tra 23.5 e 26.5 °C. La velocità media dell'aria interna non dovrebbe superare i 0.2 m/s. Si assume che le asimmetrie di temperatura radiante rimangano nei limiti definiti dalla norma, limiti che sono stati rispettati durante le misure. L'umidità relativa rimane entro i limiti (30 e 70% e, d'inverno, sotto il 50% per evitare problemi di condensazione).

L'esigenza della norma SIA 180 è da considerare a titolo indicativo, perché le condizioni di benessere dipendono direttamente dall'inquilino e non da una regolamentazione.

Le condizioni di benessere termico sono generalmente rispettate. I movimenti d'aria rimangono entro i limiti. Solo il raffreddamento notturno crea movimenti d'aria

in media più elevati, ma non sono importanti perché avvengono quando gli spazi non sono occupati.

5.5. Qualità dell'aria con/senza ventilazione

La qualità dell'aria è valutata con il rilievo della concentrazione di CO₂. La norma SIA 180 (1999) definisce il tasso minimo di ricambio d'aria per garantire l'igiene per un'occupazione normale di un locale, e per non superare concentrazioni di CO₂ pari a 1'500 ppm (parti per milione). Dunque la qualità dell'aria è giudicata sufficiente se la concentrazione di CO₂ rimane sotto i 1'500 ppm.

I rilievi di CO₂ sono stati effettuati per due giorni consecutivi nel marzo 2002, durante un periodo senza riscaldamento, nella camera da letto matrimoniale (e dunque occupata da due persone durante la notte). Il primo giorno le finestre sono rimaste chiuse ed il ricambio d'aria è stato assicurato dal sistema di ventilazione (vedi figura 5.10). La concentrazione di CO₂ è rimasta al di sotto del valore massimo di 1'500 ppm fissato dalla norma SIA 180 (1999).

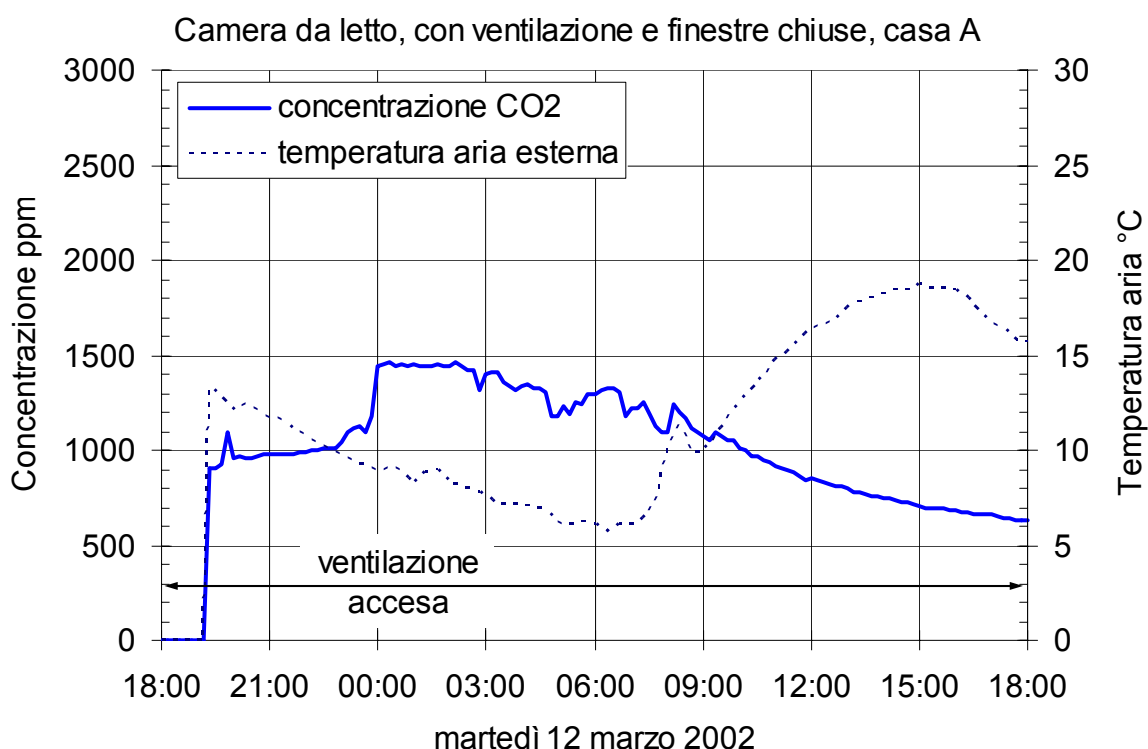


Fig. 5.10 Concentrazione di CO₂ nella camera da letto matrimoniale. Le finestre sono chiuse e il ricambio d'aria è assicurato dal sistema di ventilazione.

Il secondo giorno il sistema di ventilazione è rimasto spento da mezzanotte e le finestre sono state leggermente aperte in modo da lasciar entrare un piccolo flusso d'aria fresca (vedi figura 5.11). Si nota chiaramente l'apertura completa delle finestre

al mattino. L'apertura ridotta delle finestre permette anche di mantenere la concentrazione di CO₂ nei valori ammissibili fissati dalla norma SIA 180 (1999).

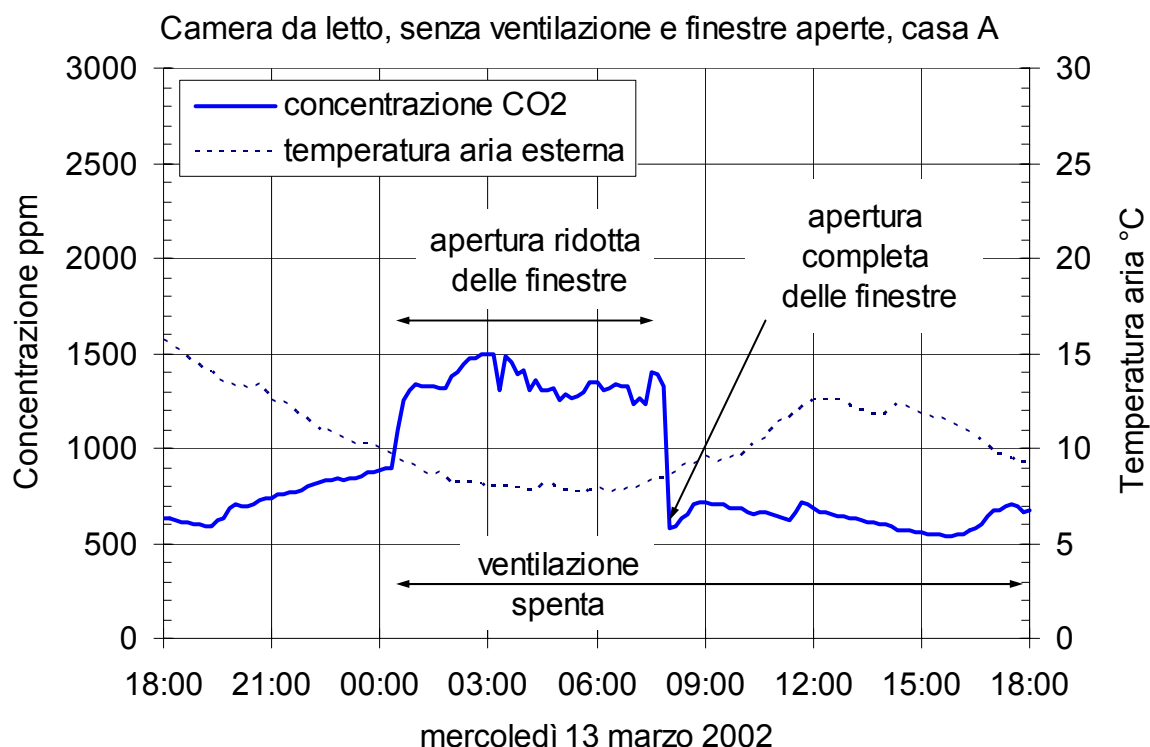


Fig. 5.11 Concentrazione di CO₂ nella camera da letto matrimoniale. Durante la notte il sistema di ventilazione è spento. Il ricambio d'aria è assicurato dall'apertura ridotta delle finestre.

Sia il sistema di ventilazione che l'apertura delle finestre permettono di mantenere la concentrazione di CO₂ nei valori limite fissati dalla norma SIA 180 (1999). È interessante notare che il sistema di ventilazione, che appare sotto-dimensionato rispetto al volume della casa, basta per garantire una qualità dell'aria sufficiente, essendo dimensionato in funzione del numero di persone che abitano la casa (4 persone che non fumano). Inoltre è interessante osservare che il dosaggio nell'apertura delle finestre permette di non impiegare il sistema di ventilazione durante i periodi senza riscaldamento. Questo spiega anche perché quest'ultimo funziona solo da 3 a 4 mesi l'anno, contribuendo a ridurre il consumo elettrico della casa.

6. Analisi ecologica con OGIP

6.1. Valutazione casa Vitali / Velti con il programma OGIP

Lo scopo principale di questa analisi è quello di valutare con l'impiego del programma OGIP (OGIP, 2001) se la casa realizzata dagli architetti Aldo Velti e Bruno Vitali è vantaggiosa rispetto ad un'abitazione convenzionale anche dal punto di vista ecologico. Una valutazione in dettaglio non era lo scopo di questo lavoro. Si è cercato piuttosto di evidenziare le differenze qualitative tra la casa reale ed una casa simile, ma costruita secondo i metodi standard.

Per poter analizzare questo aspetto con OGIP è stato necessario definire due casi di edificio con le relative caratteristiche:

- | | |
|---------------|--|
| caso standard | → casa costruita secondo i criteri convenzionali |
| caso reale | → casa realmente realizzata (casa Vitali/Velti) |

In un primo approccio l'involucro della casa (considerando l'insieme delle due abitazioni), è semplificato per ridurre gli elementi della costruzione a quelli più importanti. La definizione dell'involucro permette poi di calcolare il fabbisogno di riscaldamento e verificarlo. In un secondo tempo sono state considerate le solette e pareti interne. Una casa è definita da solo 5 elementi di costruzione per l'involucro e 2 per le solette e pareti interne (vedere allegato A3).

Le principali differenze del caso standard rispetto al caso reale sono:

- involucro più debole dal punto di vista termico
- solette interne con maggiore spessore, dovuto alla presenza del betoncino. Nel caso reale, le solette non hanno il betoncino.

Per il caso reale, gli elementi di costruzione dell'involucro non esistono nella banca dati del programma OGIP, e sono dovuti essere creati. Questi sono nati sulla base di elementi esistenti, ai quali abbiamo aggiunto o tolto uno strato (per esempio isolamento supplementare per la muratura o il tetto) o cambiato il valore U ed il prezzo (finestra).

È necessario prestare attenzione agli elementi creati in modo che non corrispondano esattamente agli elementi reali. I risultati sono da considerare come qualitativi e sono solo intesi ad evidenziare la tendenza. Questo dato di fatto ci ha convinti a non andare troppo in dettaglio nelle analisi. In particolare, gli impianti tecnici non sono stati considerati. Questa scelta è stata fatta dopo aver constatato che la banca dati di OGIP non dispone di informazioni sufficienti riguardanti impianti alternativi quali caminetto, produttore di calore, impianto di ventilazione per piccole portate a garanzia del confort e impianto solare termico specifico. Quindi si è preferito evitare di differenziare il sistema di riscaldamento tra i due casi per mancanza di dati affidabili. Si è scelto quindi un sistema uguale per i due casi

(standard e reale). L'acqua calda, riscaldata elettricamente, è separata dal riscaldamento, che è assicurato da una caldaia funzionante a pezzi di legno.

OGIP permette di paragonare i costi d'investimento, costi esterni, l'energia grigia e la quantità in punti del peso sull'ambiente che tale opera comporta (UBP "Umweltbelastungspunkte"). Questa analisi è realizzata sia per la fase di costruzione dell'edificio, che per la fase di utilizzo, per una durata di 80 anni (ciclo di vita medio di un edificio).

6.2. Risultati del confronto tra il caso standard e il caso reale

Confrontando l'edificio costruito secondo i criteri convenzionali e l'edificio effettivamente realizzato a Monte Carasso, otteniamo i risultati mostrati nelle figure 6.1 e 6.2. I risultati sono presentati con valori relativi per paragonare il caso reale con il caso standard. Ricordiamo che le installazioni tecniche non sono considerate e di conseguenza questi risultati non sono completi (vedi commenti al punto 6.3). Sono ipotizzabili delle differenze ancora più grandi a favore del caso reale.

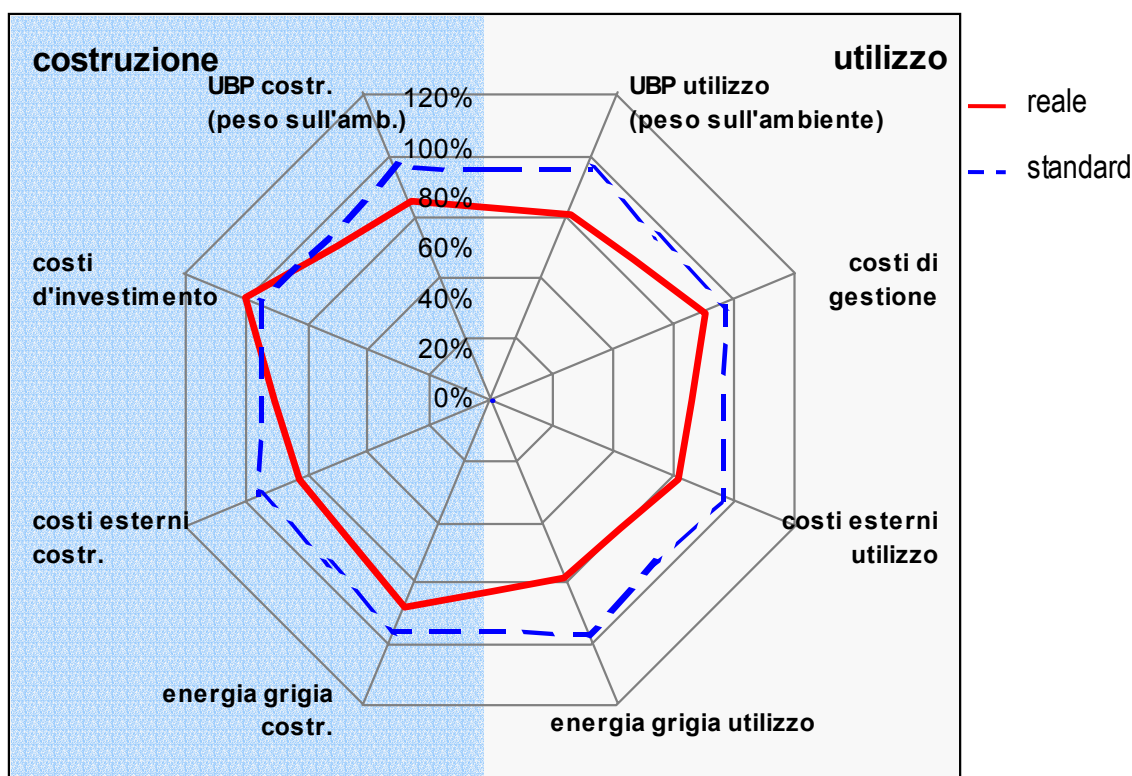


Fig. 6.1 Confronto del caso reale con il caso standard. Nella metà sinistra del grafico si vedono i risultati del confronto riguardanti la costruzione dell'edificio, mentre nella parte destra i risultati riguardano l'uso della casa nel tempo.

Nei grafici della figura 6.2 il confronto è mostrato per le singole quantità: costi, energia grigia e peso sull'ambiente per entrambi i casi, sia durante la costruzione che l'utilizzo.

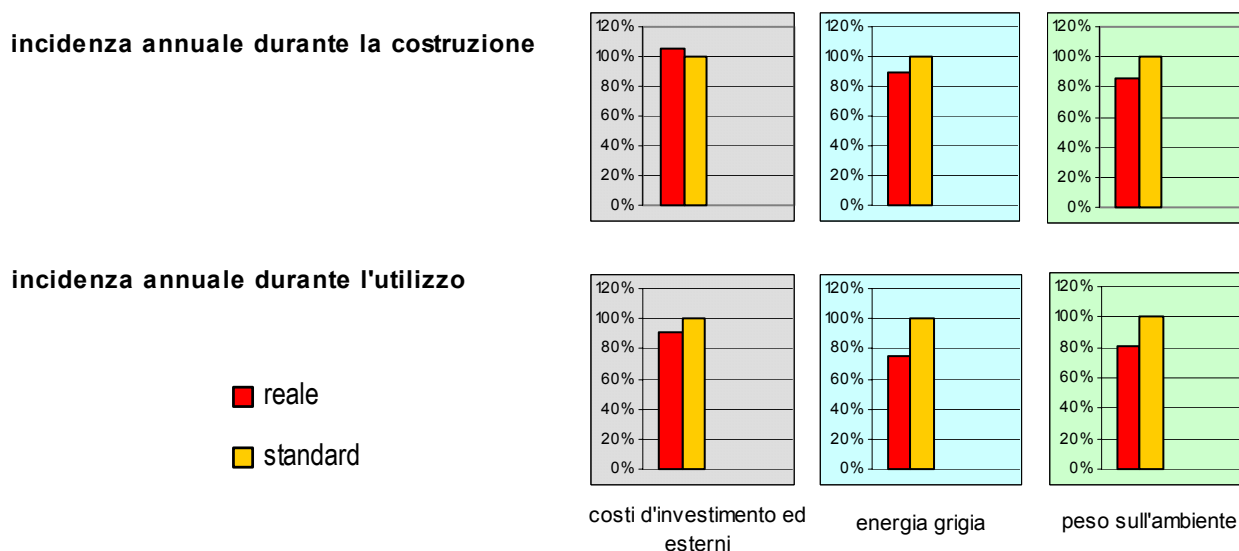


Fig. 6.2 Confronto del caso reale con il caso standard per ogni quantità valutata (costi, energia grigia e peso sull'ambiente per entrambi i casi sia durante la costruzione che l'utilizzo).

6.3. Commenti dei risultati

Dal grafico della figura 6.1 emerge da subito come il caso reale, l'edificio realizzato dagli architetti Aldo Velti e Bruno Vitali, sia praticamente sempre migliore dello stesso edificio realizzato con i metodi convenzionali.

Unico punto a favore della soluzione convenzionale è l'investimento iniziale, che appare superiore nella situazione reale, dovuto ad un involucro più efficiente rispetto ai canoni convenzionali. Questo risultato è da prendere con le dovute riserve, visto che in questa valutazione la tecnica non è stata considerata. Infatti in un edificio convenzionale troviamo un impianto di riscaldamento e produzione di acqua calda con p.es. un locale per lo stoccaggio del combustibile liquido con cisterna, una caldaia per la produzione di calore, un bollitore per lo stoccaggio e carica dell'acqua calda sanitaria, una distribuzione ed un'erogazione del calore mediante dei corpi riscaldanti in ogni locale. A questa soluzione si contrappone il caso reale, con una produzione di calore con un caminetto, un piccolo impianto di ventilazione per garantire il confort ed un impianto per la produzione dell'acqua calda con pannelli solari.

Dunque nella soluzione adottata in realtà si sono potuti evitare lo stoccaggio del combustibile, il locale caldaia, la distribuzione ed erogazione del calore. In cambio abbiamo impianti per la produzione di acqua calda e di ventilazione più costosi

rispetto alle soluzioni convenzionali, ma che recano vantaggi non indifferenti durante la fase d'utilizzo dell'edificio (ricambio d'aria controllato e spese per la produzione di acqua calda minime). Globalmente l'investimento iniziale della casa reale è più basso che la casa standard (vedi capitolo 7). Gli impianti tecnici nel caso reale, per la loro semplicità, impiegano meno materiale che nel caso standard. Dal punto di vista ecologico, dovrebbero essere globalmente più apprezzabili di quelli standard.

6.4. Impiego del programma OGIP

Il programma OGIP è uno strumento di calcolo molto valida e utile per valutare aspetti ecologici legati ad un edificio. Possiede una banca dati molto ampia con tutti gli elementi di costruzione che sono generalmente utilizzati in pratica. Purtroppo nel nostro caso, avendo una casa Minergie, non abbiamo trovato nella banca dati gli elementi di costruzione idonei e abbiamo dovuto definirli specificamente. Da parte dell'utente, che non è a priori un esperto del metodo usato in OGIP e nella valutazione "ecologica" degli elementi, non è da subito chiaro se il nuovo elemento è valutato correttamente in tutti gli aspetti presi in considerazione. Dunque è importante che tutti gli elementi di cui fa uso l'utente siano già predefiniti e correttamente valutati nella banca dati di OGIP.

Più in generale va detto che la forma odierna di OGIP non permette confronti tra edifici a basso consumo energetico come p.es. case Minergie o Passivhaus. Il non facile utilizzo della banca dati inoltre pone alcuni problemi anche nella scelta delle componenti da considerare negli elementi costituenti l'involucro. Infatti scegliendo un determinato elemento (p.es. uno strato d'isolamento termico) per poter effettuare il bilancio energetico, non è da subito chiaro dove quest'ultimo andrà ad influenzare altri aspetti, come l'ecologia o l'energia grigia. Sarebbe molto utile disporre di una funzione, che, quando attivata, permette di elencare tutti i cambiamenti e gli effetti sui risultati ogni volta che si aggiunge un elemento. Darebbe più trasparenza al programma e dunque l'utente potrebbe acquistare più sicurezza e controllo nel suo impiego.

7. Aspetti economici

Gli investimenti necessari per ottenere le prestazioni delle due case sono dell'identico ordine di quelli necessari per case di tipo convenzionale, senza considerare i 15'000,- necessari per il locale tecnico di quest'ultime.

I maggiori investimenti in singole posizioni – il sistema solare compatto per l'acqua calda, la ventilazione e l'involucro – sono ampiamente compensati dai minori costi relativi al riscaldamento convenzionale, qui totalmente assente: sostanzialmente ci troviamo davanti ad un'assoluta parità dei costi d'investimento (vedi tabella 7.1)

INVESTIMENTI

Casa A o B	Organo dell'edificio	Casa convenzionale
+ 2'500,-	isolamento termico	costo base
+ 1'000,-	vetri	costo base
+ 6'000,-	tagli ponti termici	costo base
+ 10'000,-	impianto solare	assente
+ 7'000,-	ventilazione controllata	assente
assente	riscaldamento	+ 28'000,-
assente	spazio tecnico	+ 15'000,-
costo base	caminetto	costo base
+ 120,-	radiatore elettrico	assente
+ 5'000,-	onorari ⁽¹⁾	+ 4'300,-
+ 31'620,-	TOTALE ⁽²⁾	+ 47'300,-

⁽¹⁾ l'onorario è più elevato nel caso reale a causa della maggior complessità del progetto.

⁽²⁾ nel caso convenzionale il maggior costo è da attribuire al locale tecnico in più rispetto al caso reale e all'impianto (progettazione locale e impianto).

Tabella 7.1 Maggiori/minori investimenti fra casa A o B e una casa convenzionale con riscaldamento a olio fossile, con distribuzione a pavimento. I valori sono riferiti a una singola unità (Casa A o Casa B a scelta).

Per quanto attiene invece ai costi d'esercizio – e qui sta un assunto importante del concetto Minergie – i costi annui legati al servizio casa calda (inverno) e casa fresca (estate) risultano nettamente più bassi e stabili nel tempo rispetto allo standard con riscaldamento a nafta ed elettricità per raffreddare la casa. Generalmente una casa convenzionale non è raffreddata, e la temperatura all'interno si alza sensibilmente di più che nella casa A o B. Dunque il guadagno d'estate si "misura" con un benessere termico di qualità migliore.

I costi d'investimento e di esercizio delle due varianti ("casa reale" per la casa Vitali-Velti e "ipotesi convenzionale" per la casa convenzionale) sono calcolati con il

programma ECONOCAL (1995). Questo programma permette di confrontare le due varianti tenendo conto dei costi d'investimento, dei costi di esercizio, del rincaro del prezzo dell'energia, ecc. Sono anche considerati costi esterni legati all'uso degli agenti energetici non rinnovabili. Gli aspetti fiscali, anche considerati in ECONOCAL, non sono calcolati nel confronto tra queste due varianti. I risultati sono riportati nella tabella 7.2, per un periodo di confronto di 20 anni (vedi allegato A4 per i dati inseriti in ECONOCAL e i valori di calcolo).

COSTI ANNUI MEDI

Casa A o B		Casa convenzionale
+ 31'620,-	investimenti	+ 47'300,-
+ 2'045,-	costi del capitale	+ 3'283,-
+ 165,-	costi di cura e di manutenzione	+ 950,-
+ 757,-	costi dell'energia	+ 1'716,-
+ 160,-	costi per l'ambiente	+ 1'283,-
+ 3'127,-	TOTALE	+ 7'233,-

Tabella 7.2 Costi annui medi per la casa A o B e per una casa convenzionale con riscaldamento ad olio fossile, con distribuzione a pavimento. I valori sono riferiti ad una singola casa.

Portando all'estremo il ragionamento, ovvero la parità dell'onere totale (ipoteca + esercizio), si possono ottenere le risorse finanziarie necessarie all'edificazione di case totalmente passive: costi d'investimento maggiorati di 30'000.- – 40'000.- Fr. (costi del capitale supplementare di circa 3'000.- Fr. – oneri ipotecari), a fronte di una riduzione dei costi d'esercizio medi di 3'000.- Fr. (e senza prendere in conto circa 1'300.- Fr. di costi esterni attualmente ancora a carico della collettività, quindi non ancora computabili). Alcuni istituti di credito si stanno muovendo attualmente nel senso della promozione mediante tassi ipotecari preferenziali per oggetti che ottengono perlomeno il marchio Minergie.

È viva la speranza che pubblico e altri istituti di credito, non ancora pronti ad adottare e sviluppare questa filosofia (i maggiori costi d'investimento infatti fanno in genere ancor oggi paura: per permettere l'accettazione nel senso comune, nelle case Vitali-Velti non ci si è spinti in questo affascinante territorio di progetto), si lascino convincere da calcoli concreti.

Sarà probabilmente il modello da adottare fra 5-10 anni, eventualmente prima in caso di promozione incisiva da parte della Confederazione e dei cantoni (le sovvenzioni non sono determinanti, ma hanno un effetto psicologico benefico e creano un clima di fermento positivo e trascinante).

8. Conclusione, considerazioni

La casa « Vitali-Velti » ha dimostrato che è possibile raggiungere un consumo energetico molto più basso di quello fissato dallo standard Minergie e senza investimenti maggiori rispetto ad una soluzione convenzionale. Il concetto energetico semplice, combinato ad un'esecuzione curata della casa, hanno contribuito al successo del progetto. La soluzione scelta richiede più sforzo e risorse sull'involucro per poter semplificare le installazioni tecniche e risparmiare sugli investimenti. In altre parole l'investimento maggiore dell'involucro è ampiamente compensato dal costo minore delle installazioni tecniche. L'involucro, più efficiente dal punto di vista termico rispetto ad uno tradizionale, non ha imposto limitazioni nel progetto architettonico della casa.

Il monitoraggio della casa ha anche dimostrato che i consumi reali per l'acqua calda e l'elettricità domestica sono fino a due volte più bassi che quelli raccomandati dalla norma SIA 380/1 come pure dallo standard Minergie per l'indice elettrico domestico. L'elettricità consumata per i ventilatori nel sistema di ventilazione è quasi trascurabile (meno di 0.2 kWh/(m²a)), perché il sistema è dimensionato per il numero di persone e non il volume della casa, e funziona solo durante il periodo di riscaldamento, che si limita a 4 – 4½ mesi per anno. I rilievi di concentrazione di CO₂ non hanno permesso di evidenziare un ricambio di aria troppo basso, neppure quando il sistema di ventilazione non era in funzione a mezza stagione con apertura ridotta (fissa) delle finestre.

Le valutazioni ecologiche della casa “Vitali-Velti” sono sempre migliori di quelle per una casa tradizionale. L'impiego del programma OGIP ha mostrato i suoi limiti per le case a basso consumo (tipo Minergie o Passivhaus). Il programma non è ancora pronto per essere utilizzato da un gruppo di utenti ampio. Oggi il programma richiede ancora di definire manualmente gli elementi mancanti e dunque richiede conoscenze approfondite nel campo ecologico.

Programma di ricerca Uso razionale dell'energia negli edifici	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Ufficio Federale dell' Energia UFE
--	---	---------------------------------------

9. Ringraziamenti

Ringraziamo l'Ufficio Federale dell'Energia per il sostegno finanziario di questo studio e per l'opportunità offertaci. Il LEEE ringrazia anche gli abitanti delle due case per avere accettato lo svolgimento del monitoraggio della loro casa con i relativi disturbi che questo ha potuto creare. Infine, il LEEE ringrazia i partecipanti alla Task 28 "Solar sustainable housing" per gli scambi costruttivi di informazione durante gli "Expert Meetings".

10. Fonti

ECONOCAL (1995) "Calcolo della redditività per sistemi energetici" – Version 1.0. Prodotto PACER, Ufficio federale dei problemi congiunturali.

Empfehlung SIA 381/3 (1982) „Heizgradtage der Schweiz“ – Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zurich, Schweiz.

EnergieSuisse (2001) « Pouvoir calorifique des agents énergétiques figurant dans la statistique globale de l'énergie » – Office fédéral de l'énergie, www.energie-schweiz.ch/bfe/fr/statistik/massa/unterseite4/

Kelvin (2002) "Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento (Qh) secondo SIA 380/1" – edizione 2001. IFEC e SUPSI-DCT-LEEE.

Norma SIA 180 (1999) "L'isolamento termico e la protezione contro l'umidità negli edifici" – Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo, Svizzera.

Norma SIA 380/1 (2001) "L'energia termica nell'edilizia" – Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo, Svizzera.

OGIP (2001) „Optimierung der Gesamtanforderungen (Kosten/Energie/Umwelt) - ein Instrument für die Integrale Planung“ – Beta version 4.0 mit DataBank von 2001. www.ogip.ch

Fonti di informazione:

www.minergie.ch

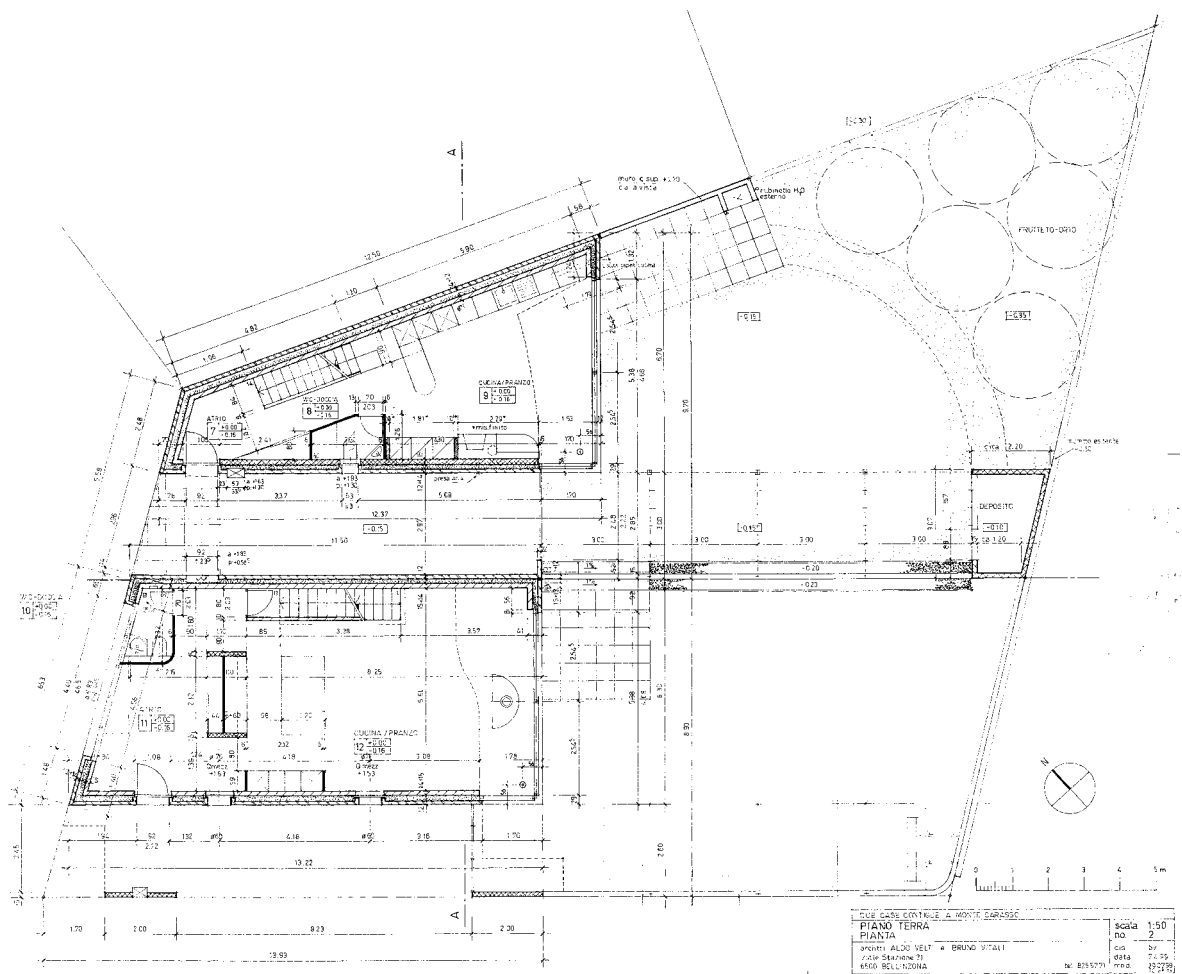
www.passivehouse.com

Allegato 1: Piani della casa e dettagli dei tagli termici

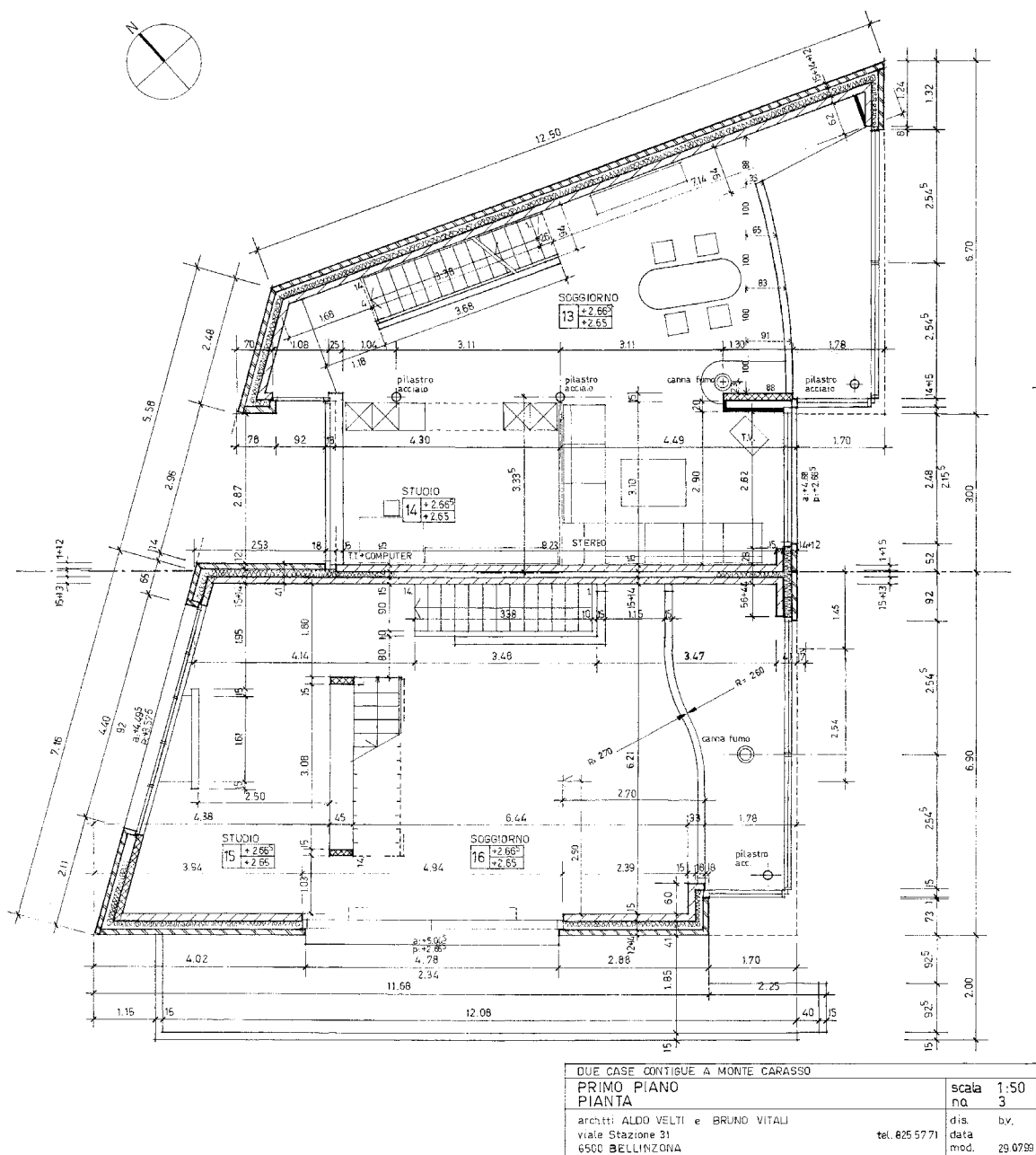
The „Vitali-Velti“ house

A1.1 Piani della casa "Vitali-Velti"

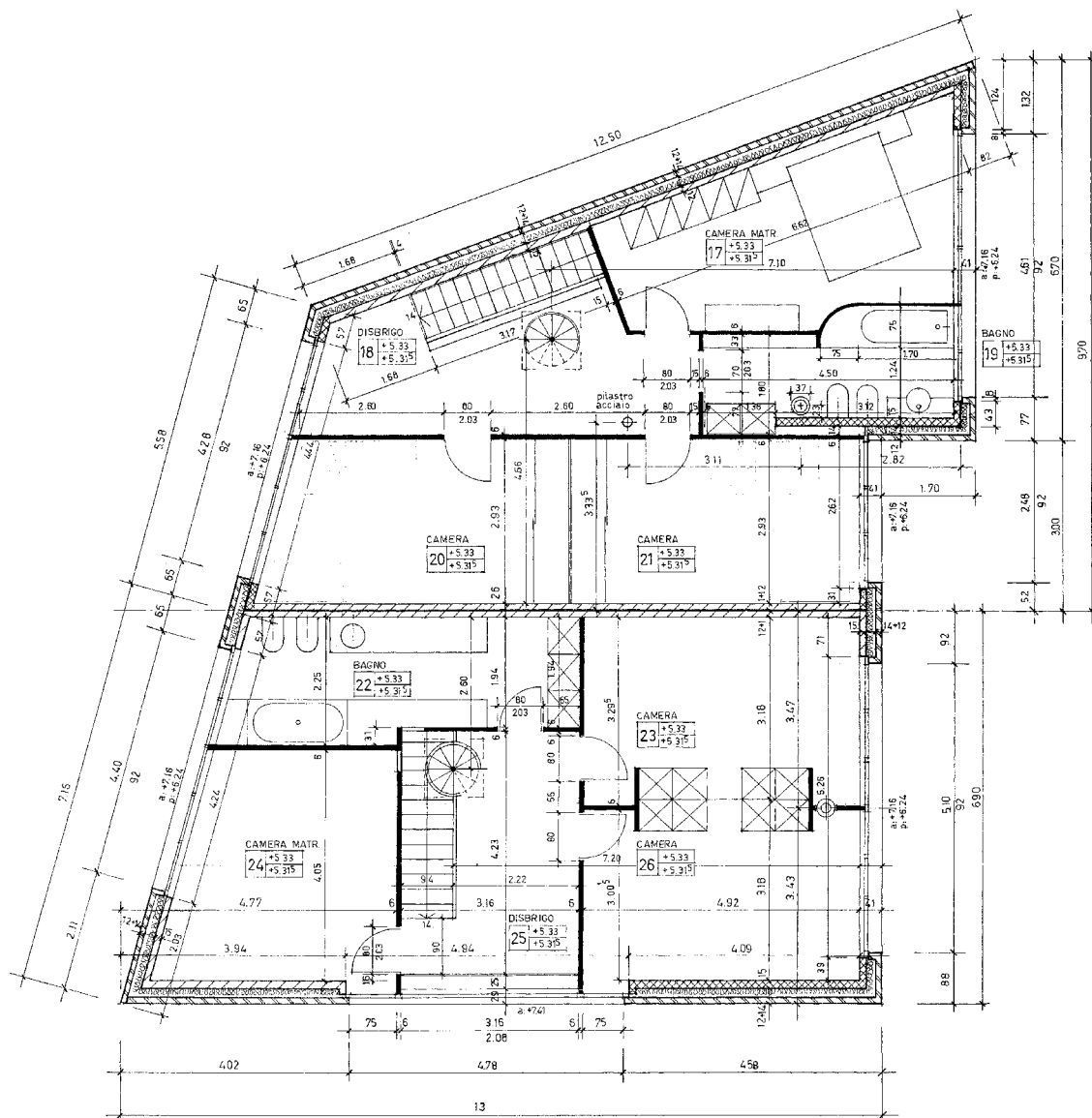
Piano terreno



Primo piano

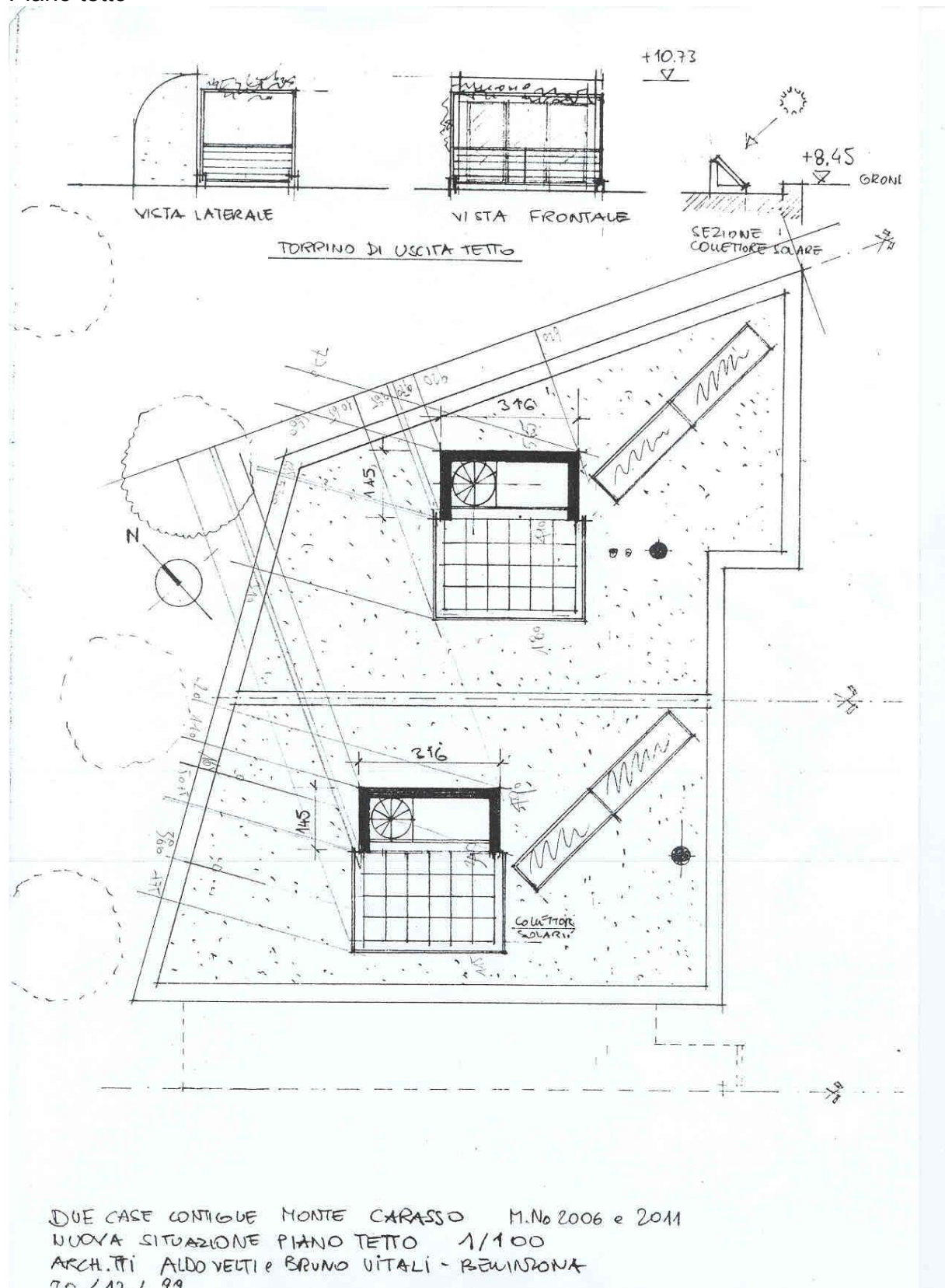


Secondo piano

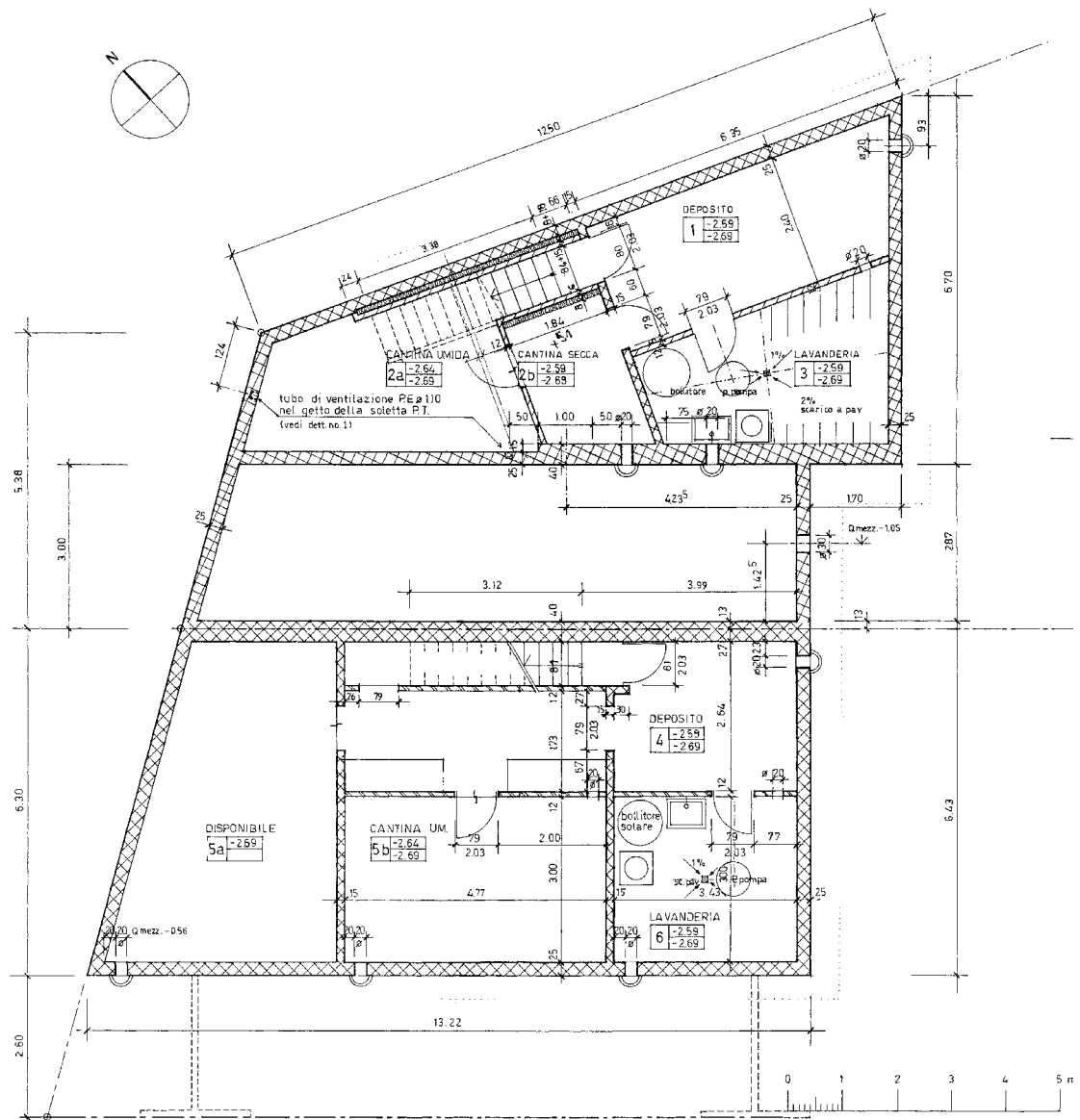


DUE CASE CONTIGUE A MONTE CARASSO			
SECONDO PIANO			scala 1:50
PIANTA			no. 4
architetti ALDO VELTI e BRUNO VITALI			dis. b.v.
viale Stazione 31			data 30.4.99
6500 BELLINZONA			mod. 29.7.99
			tel. 625 57 71

Piano tetto

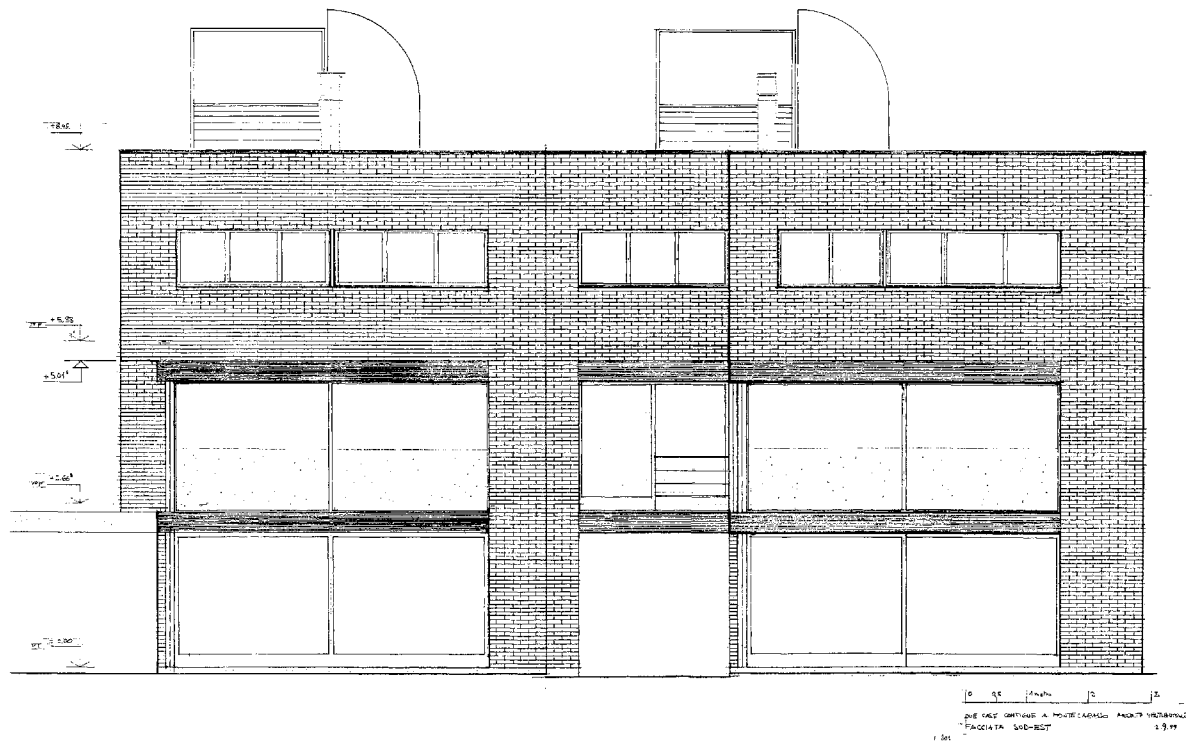


Piano cantina

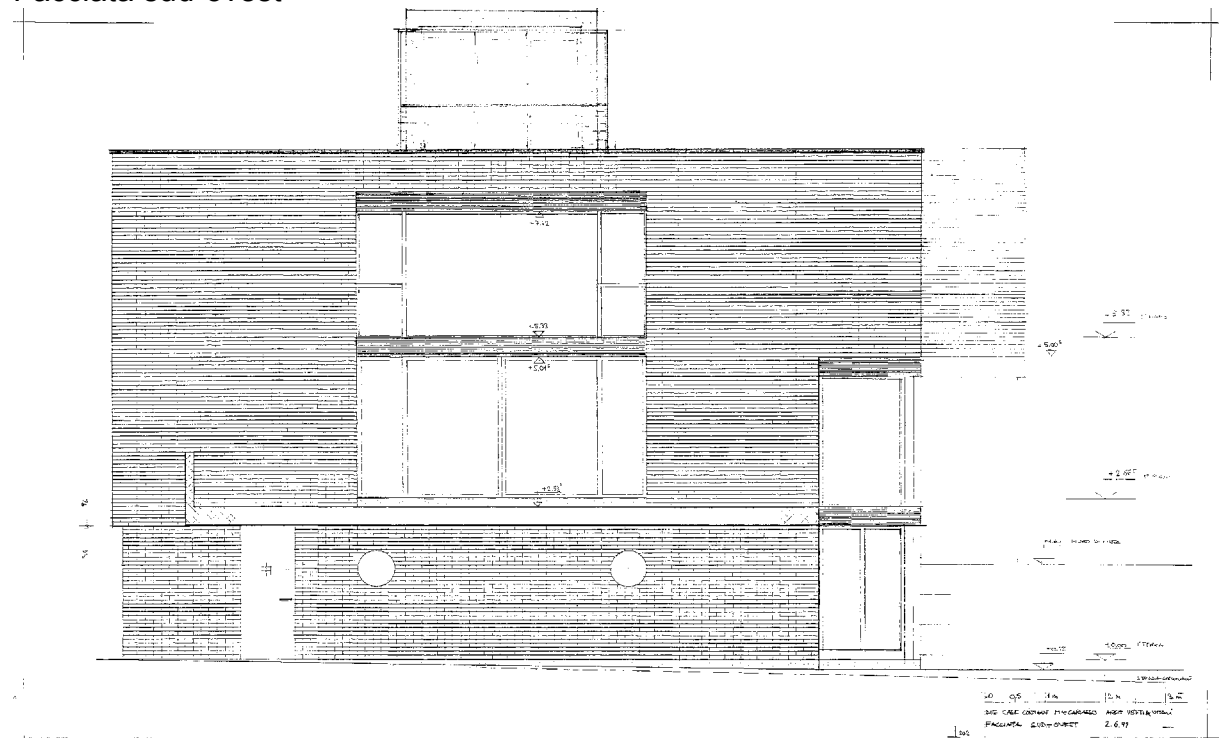


DUE CASE CONTIGUE A MONTE CARASSO			
PIANO CANTINA PIANTA			scala no. 1:50
archtetti ALDO VELTI e BRUNO VITALI viale Stazione 31 6500 BELLUNZONA			dis. b.v. data 9.4.99 mod. 12.6.99
			tel. 025 5771

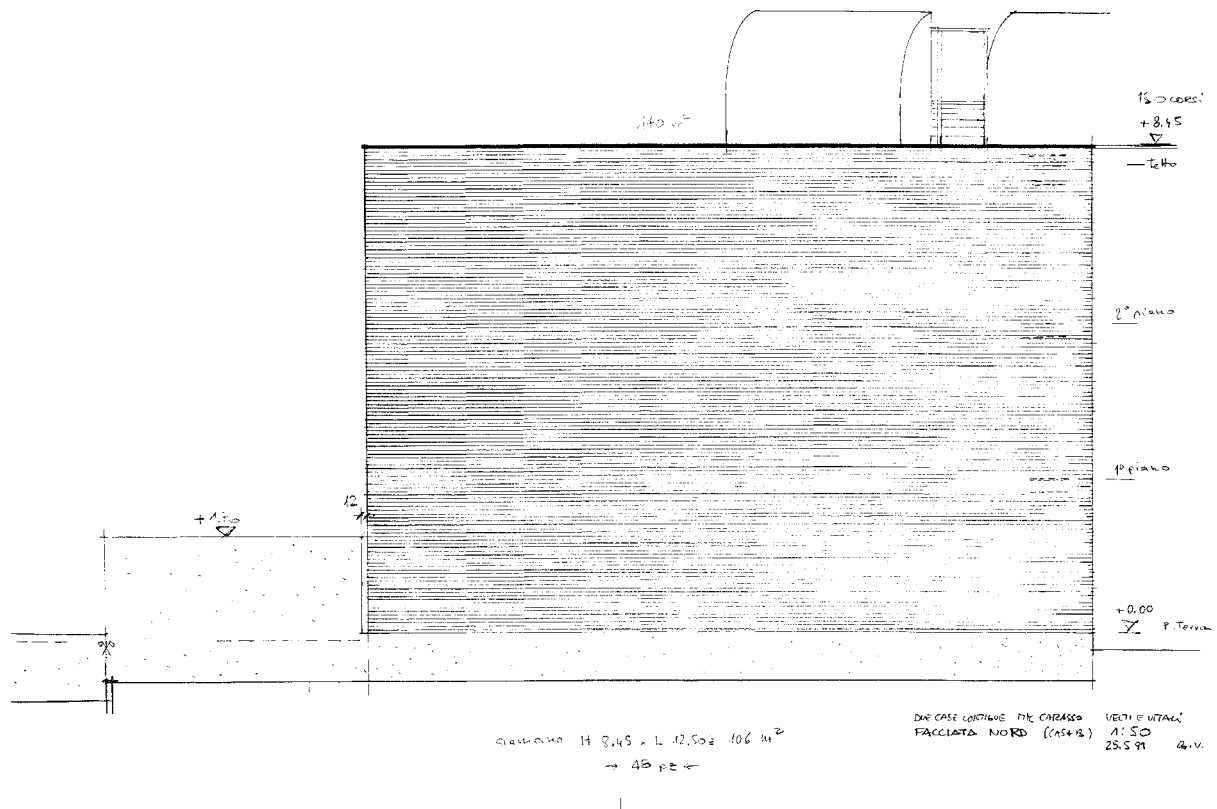
Facciata sud-est



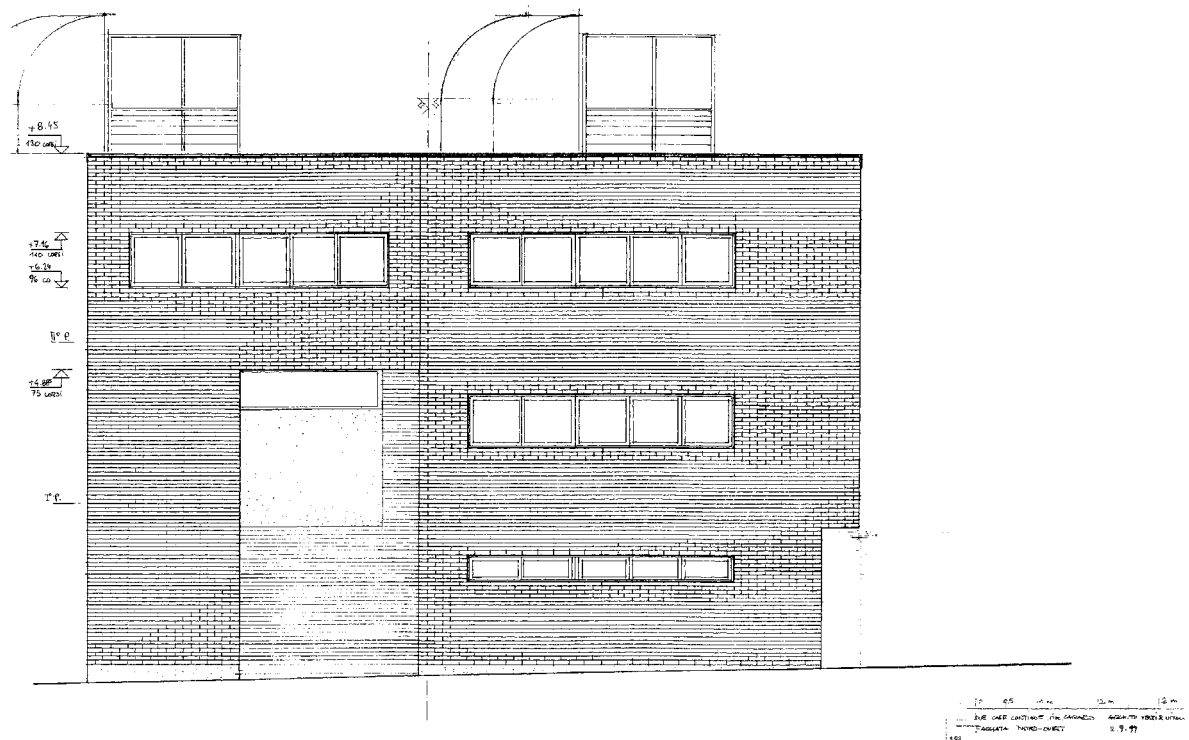
Facciata sud-ovest



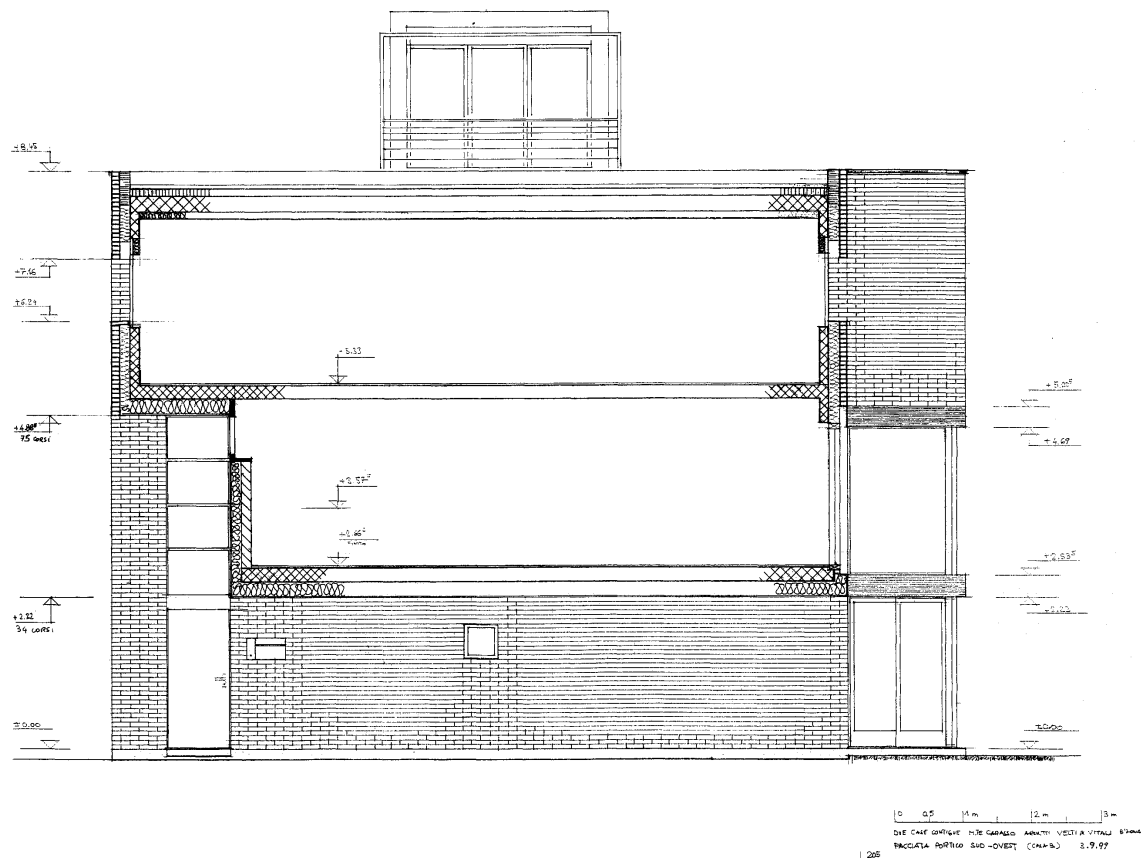
Facciata nord-est



Facciata nord-ovest



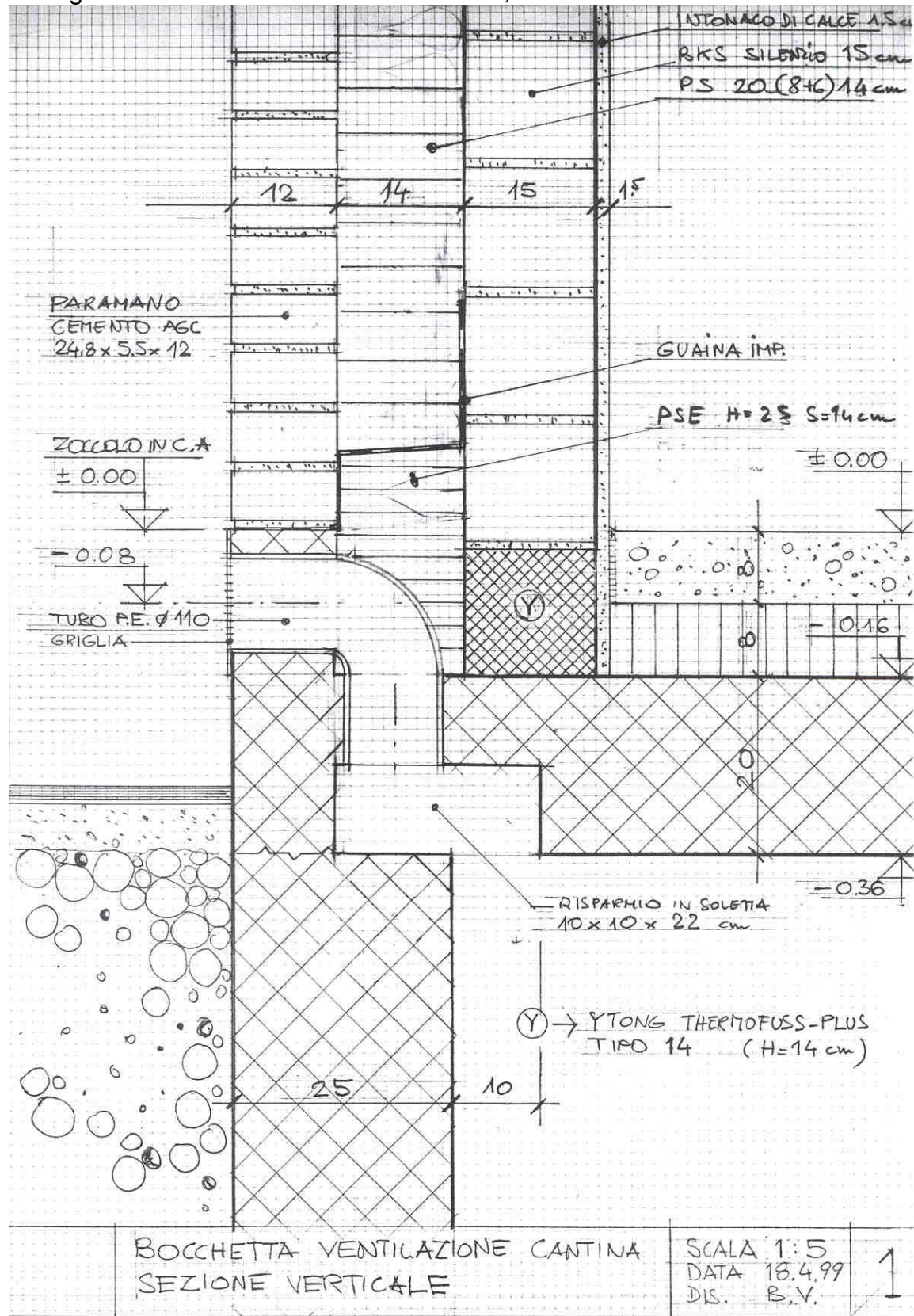
Portico



A1.2 Dettagli dei tagli termici

In seguito alcuni dettagli architettonici dove si può vedere come i ponti termici sono stati curati in maniera tale da garantire un involucro termico senza discontinuità. Questi dettagli provano che non è necessario ridurre l'architettura a forme semplici per risolvere il problema dei ponti termici.

Dettaglio cantina con bocchetta ventilazione, sezione verticale



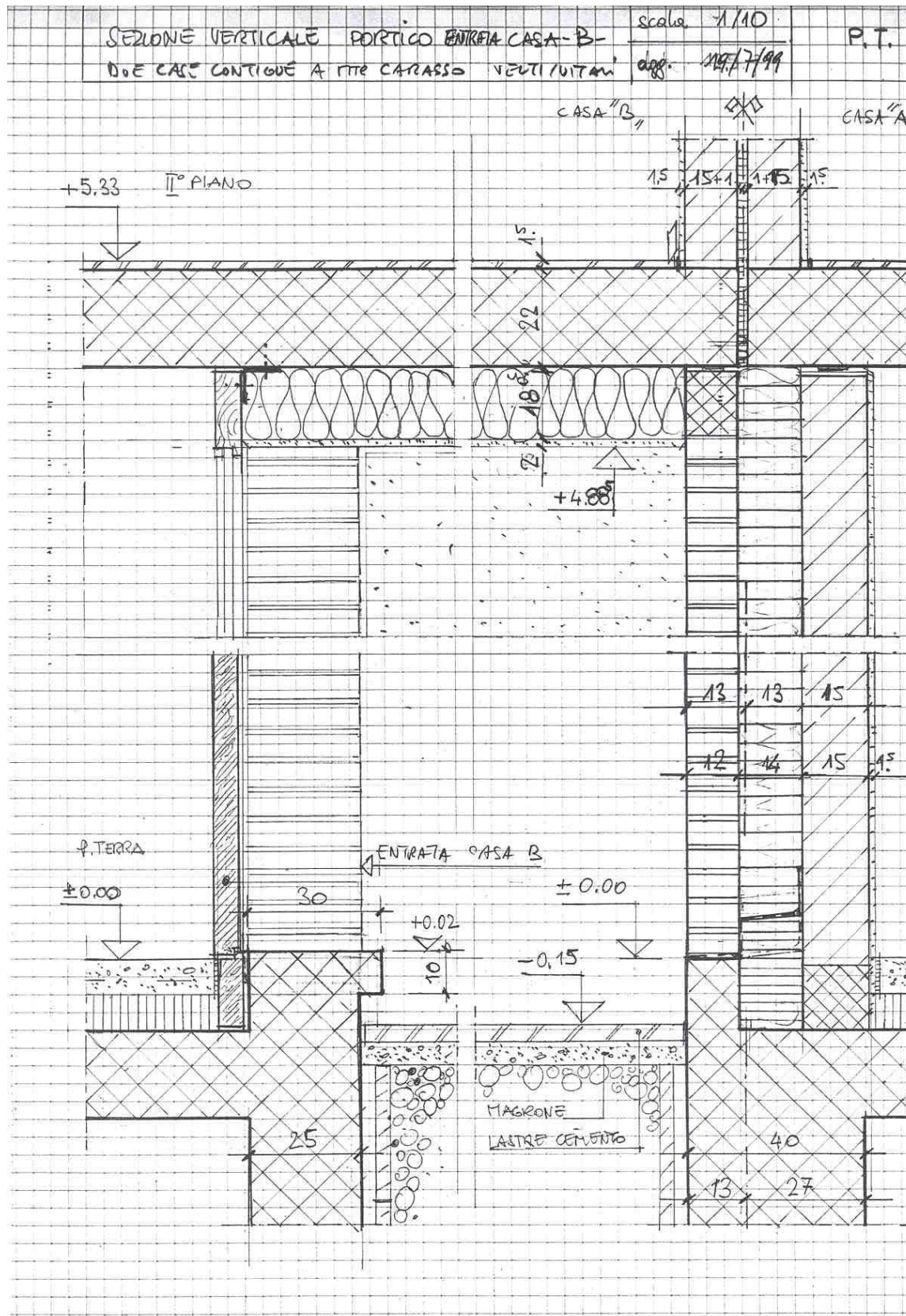
PARAPETTO
FINESTRA STUDIO
H. circa 1.50

SOPRAUCCO
PORTA D'ENTRATA

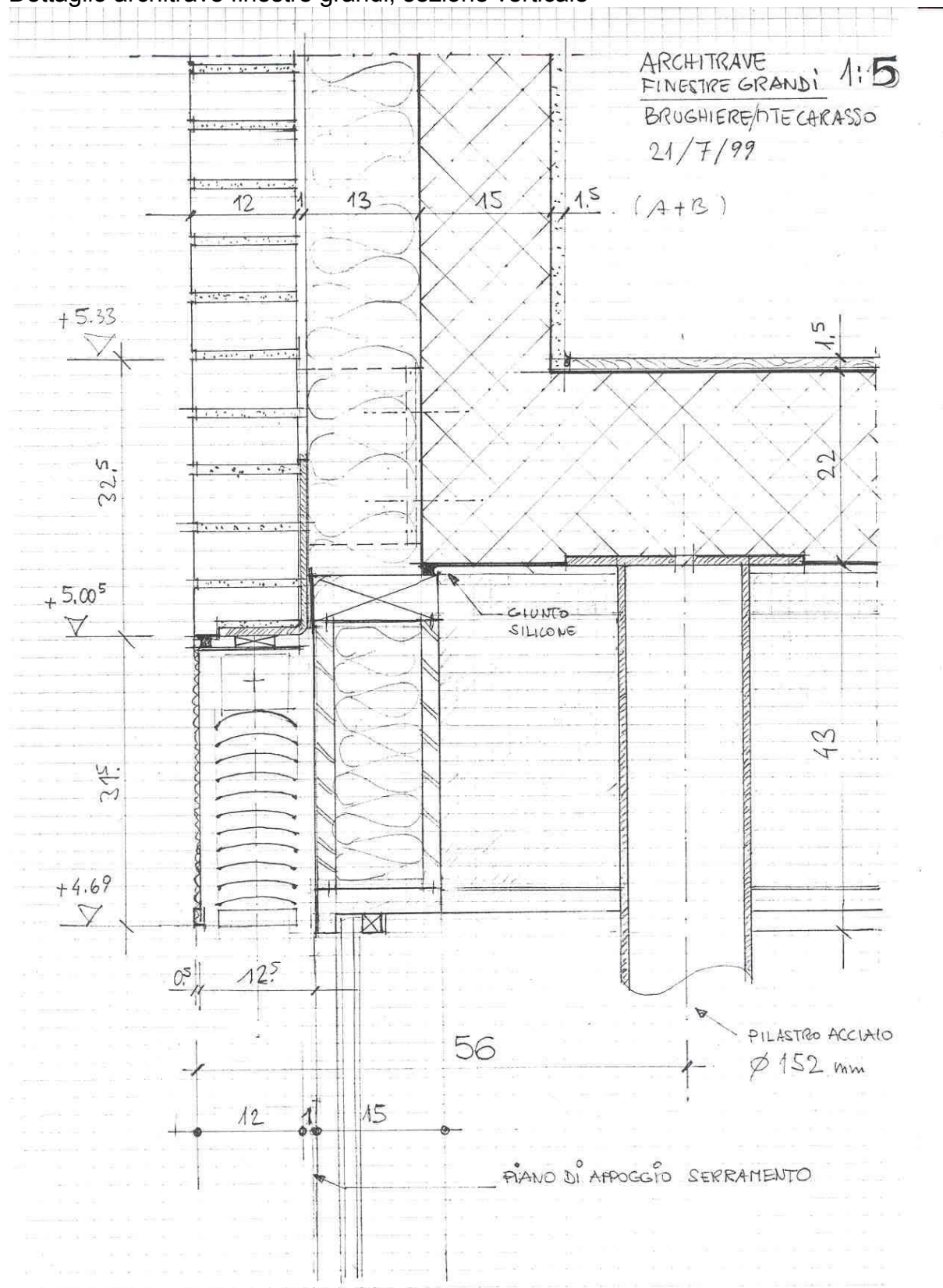
SEZ. ORR. 1° PIANO 1:10
(PORTICO ENTRATA)
CASA (B)

8/7/99 aggiornato 10/7/99

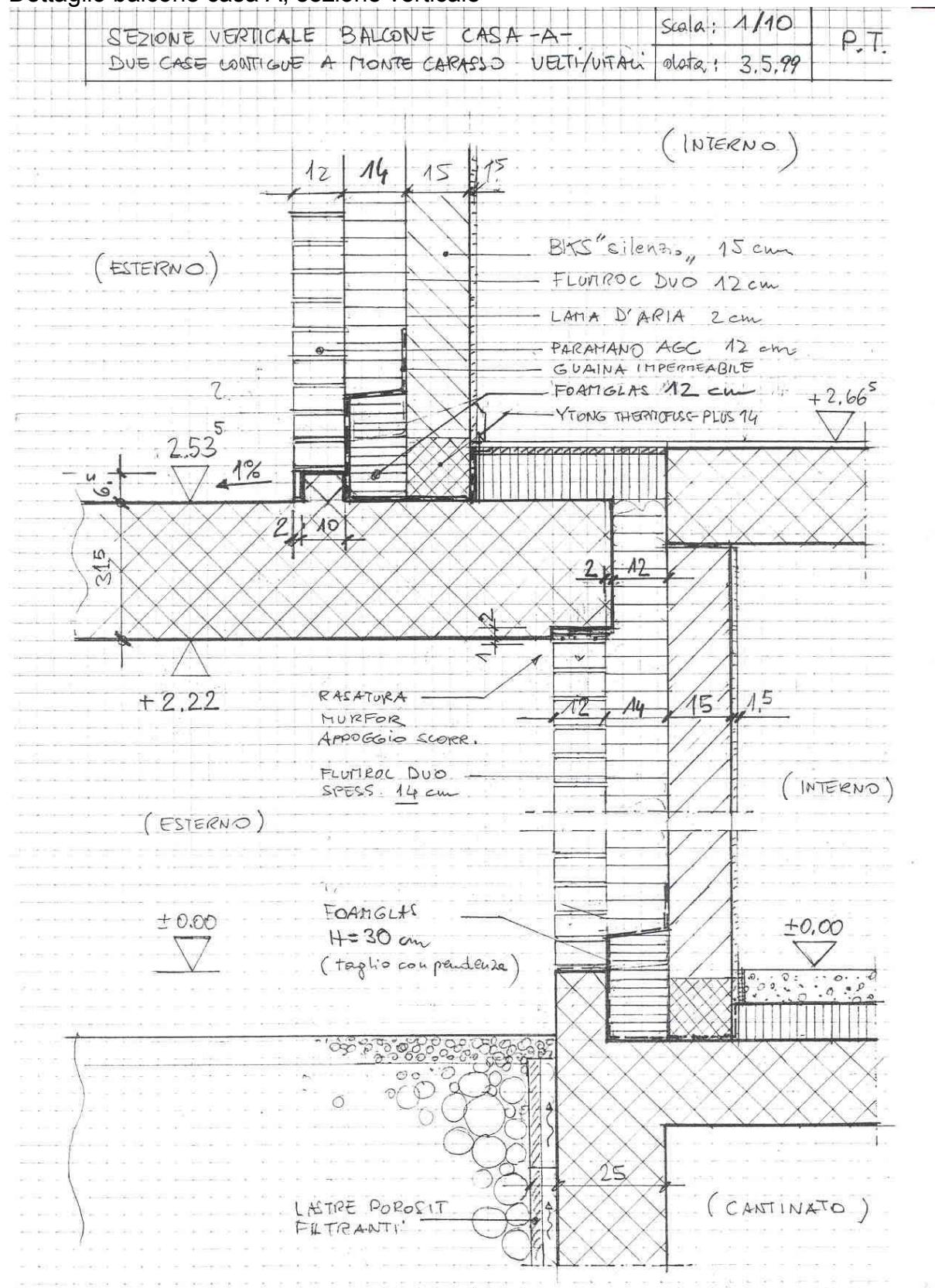
Dettaglio portico all'entrata casa B, sezione verticale



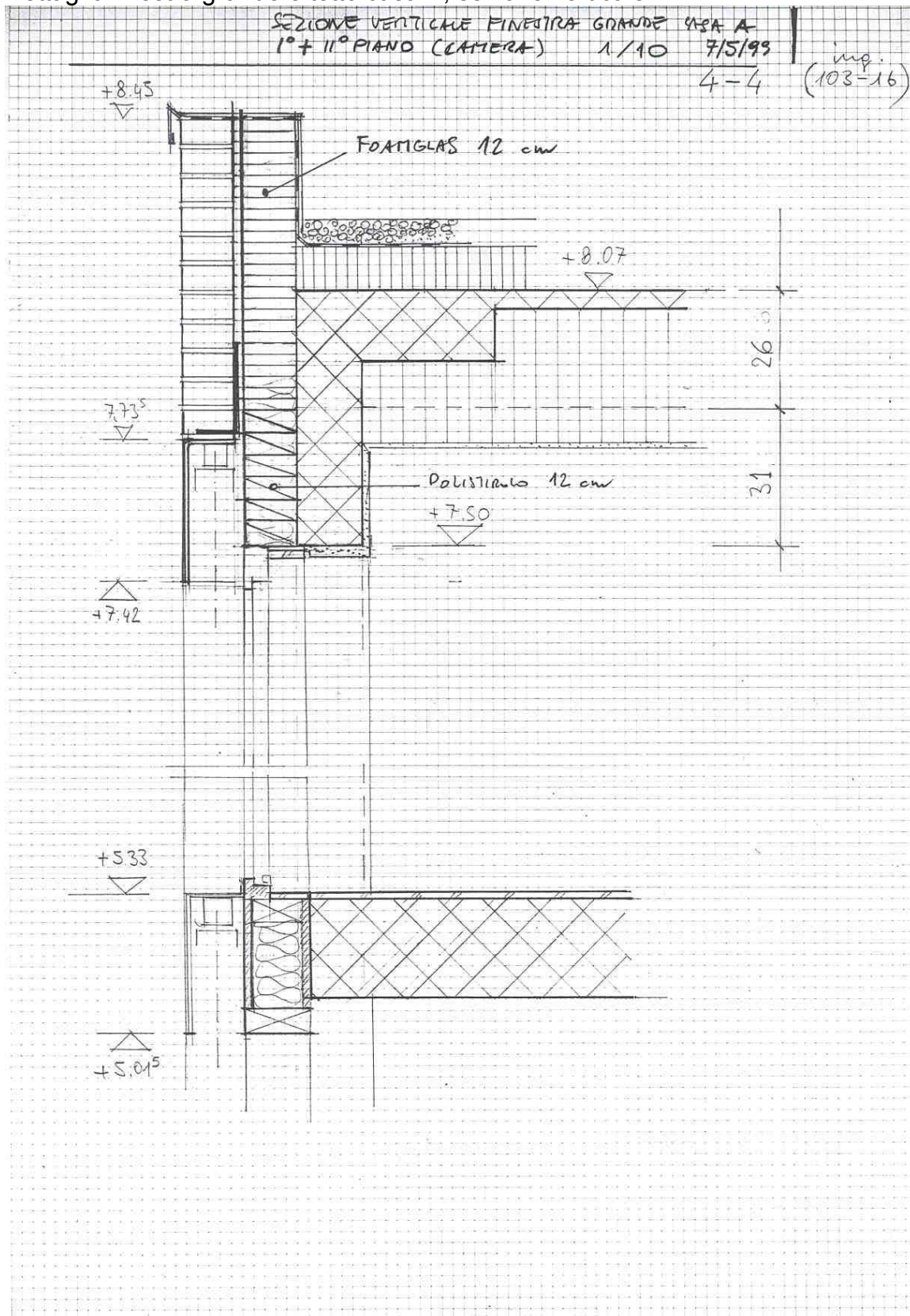
Dettaglio architrave finestre grandi, sezione verticale



Dettaglio balcone casa A, sezione verticale



Dettaglio finestra grande e tetto casa A, sezione verticale



A1.3 Fotografie all'infrarosso

Le fotografie all'infrarosso permettono di evidenziare la presenza di eventuali ponti termici. Come si può ad esempio vedere nelle due immagini seguenti, dove è visibile il ponte termico della soletta di una casa isolata internamente (linea orizzontale più chiara sul lato sinistro dell'immagine) e del telaio in metallo della finestra.

Esempio di ponti termici evidenziati con una camera all'infrarosso

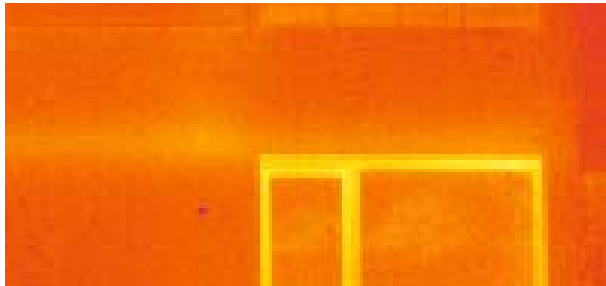


Immagine all'infrarosso



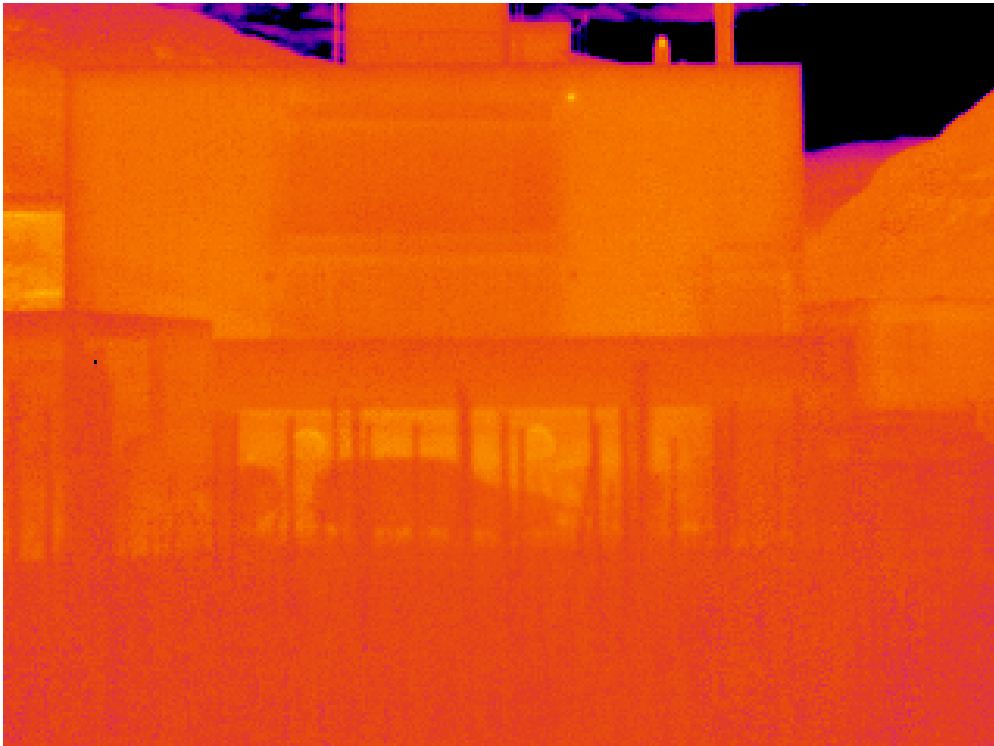
Immagine normale

Le immagini all'infrarosso della casa Vitali-Velti (vedi pagine seguenti) non hanno evidenziato ponti termici e confermano l'esecuzione minuziosa e curata dell'involucro come da progetto.



Facciate nord-ovest e sud-ovest

I due punti chiari nelle facciate sono l'illuminazione esterna. I punti chiari all'uscita dei due camini indicano la fuoriuscita d'aria (fumo) più calda.

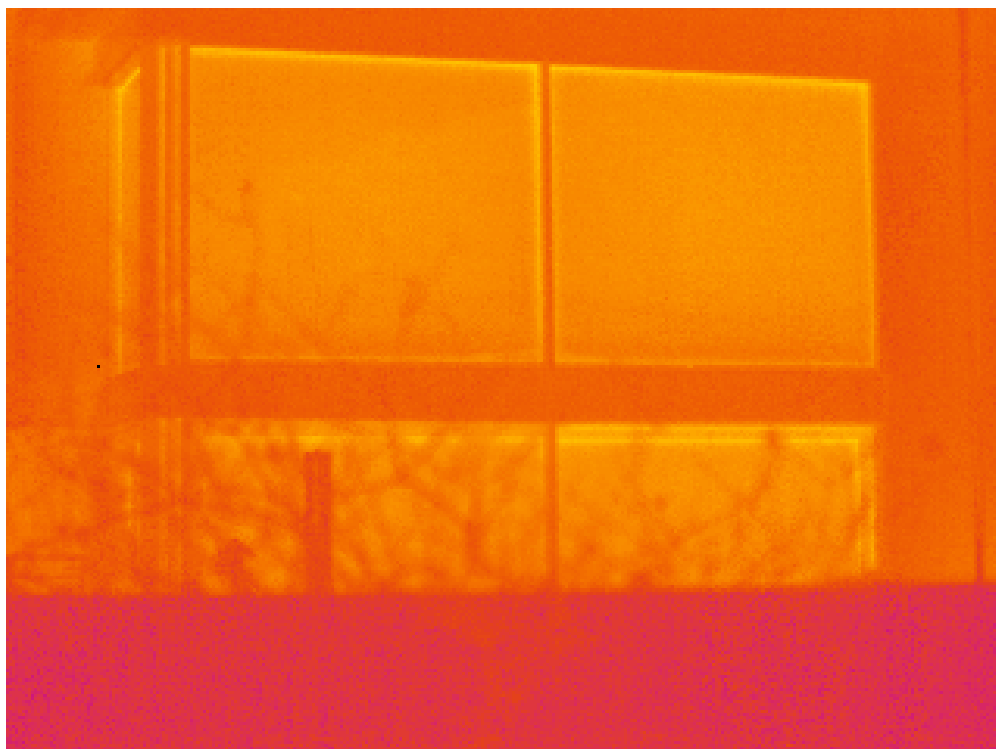


Facciata sud-ovest

Il punto chiaro a destra della finestra in alto mostra la presa d'aria per la ventilazione che non era in funzione nel momento in cui la foto è stata scattata. Questa apertura crea una piccola perdita di calore quando il sistema di ventilazione è spento.



Facciata sud-est



Finestre facciata sud-est

Allegato 2: Benessere termico

The „Vitali-Velti“ house

A2.1 Benessere termico

Il benessere termico è valutato puntualmente tre volte nella casa, durante:

- il periodo invernale;
- la mezza stagione;
- l'estate.

Ogni volta due ubicazioni sono valutate: al piano terreno nella zona pranzo, vicino al caminetto e le finestre a sud-est, e al primo piano nella zona soggiorno, vicino alla finestra a sud-ovest (vedi figura A2.1).



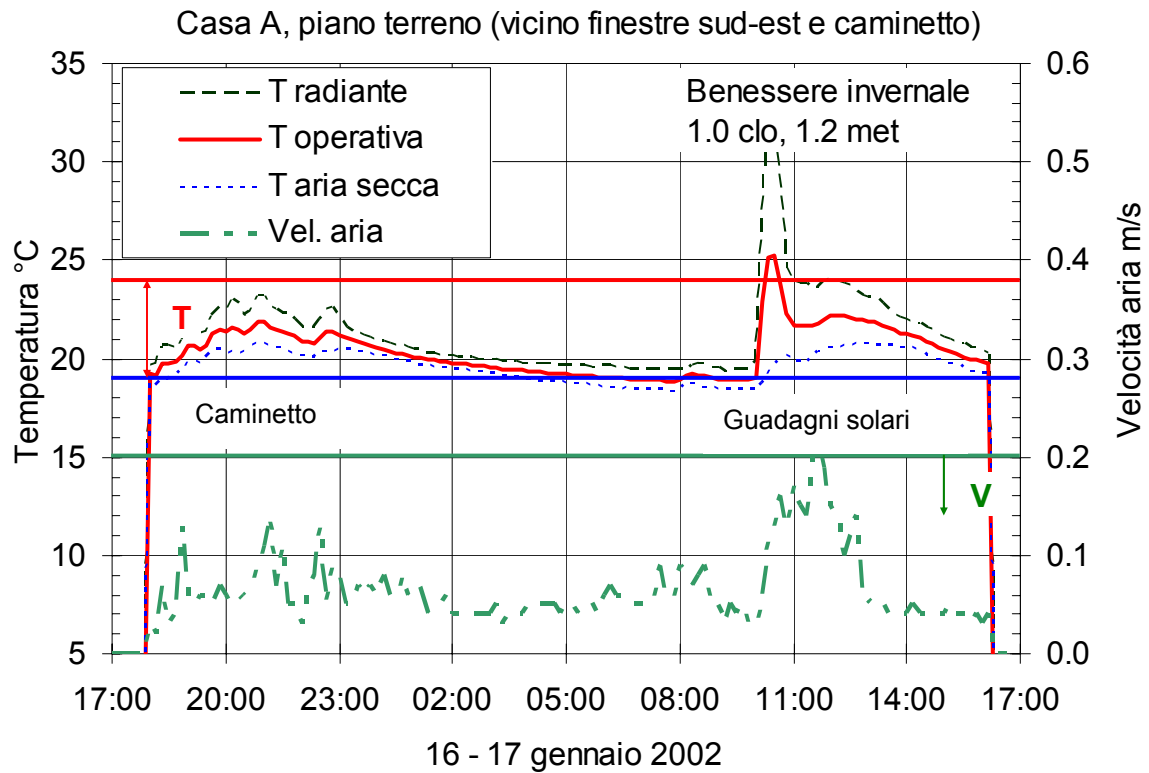
Fig. A2.1 Misure del benessere termico al piano terreno (sinistra) e al primo piano (destra).

Il benessere termico è valutato secondo la norma SIA 180 (1999). D'inverno, la temperatura operativa T (che dipende dalla temperatura dell'aria secca e dalla temperatura radiante) dovrebbe essere compresa tra 19 e 24 °C, e d'estate tra 23.5 e 26.5 °C. La velocità media dell'aria (v) non dovrebbe superare i 0.2 m/s. Si assume che le asimmetrie di temperatura radiante rimangono nei limiti definiti dalla norma, limiti che sono rispettati durante le misure. L'umidità relativa rimane entro i limiti (30 e 70%, sotto il 50% in inverno).

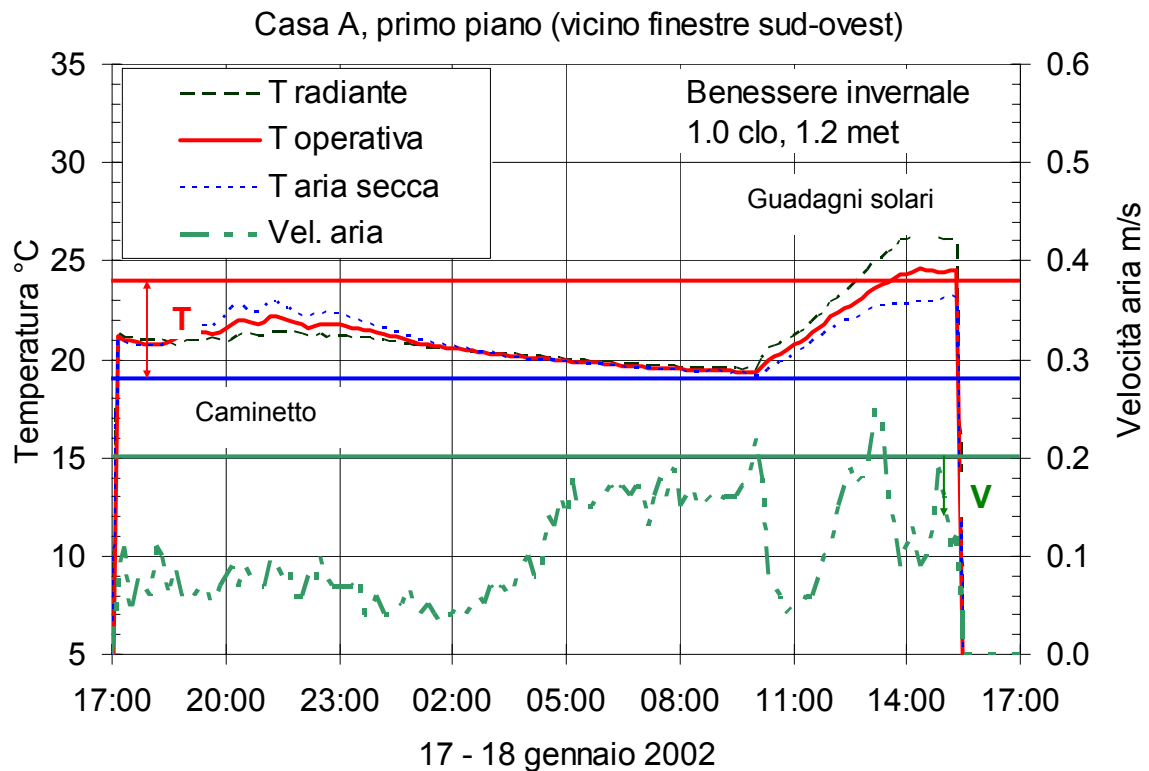
L'esigenza della norma SIA 180 è da considerare a titolo indicativo, perché le condizioni di benessere dipendono direttamente delle persone e non da una regolamentazione.

Si può osservare che le condizioni di benessere termico sono generalmente rispettate. I movimenti d'aria rimangono entro i limiti. Solo il raffreddamento notturno crea movimenti d'aria più consistenti e durevoli, ma non sono rilevanti poiché avvengono quando gli spazi interni non sono occupati.

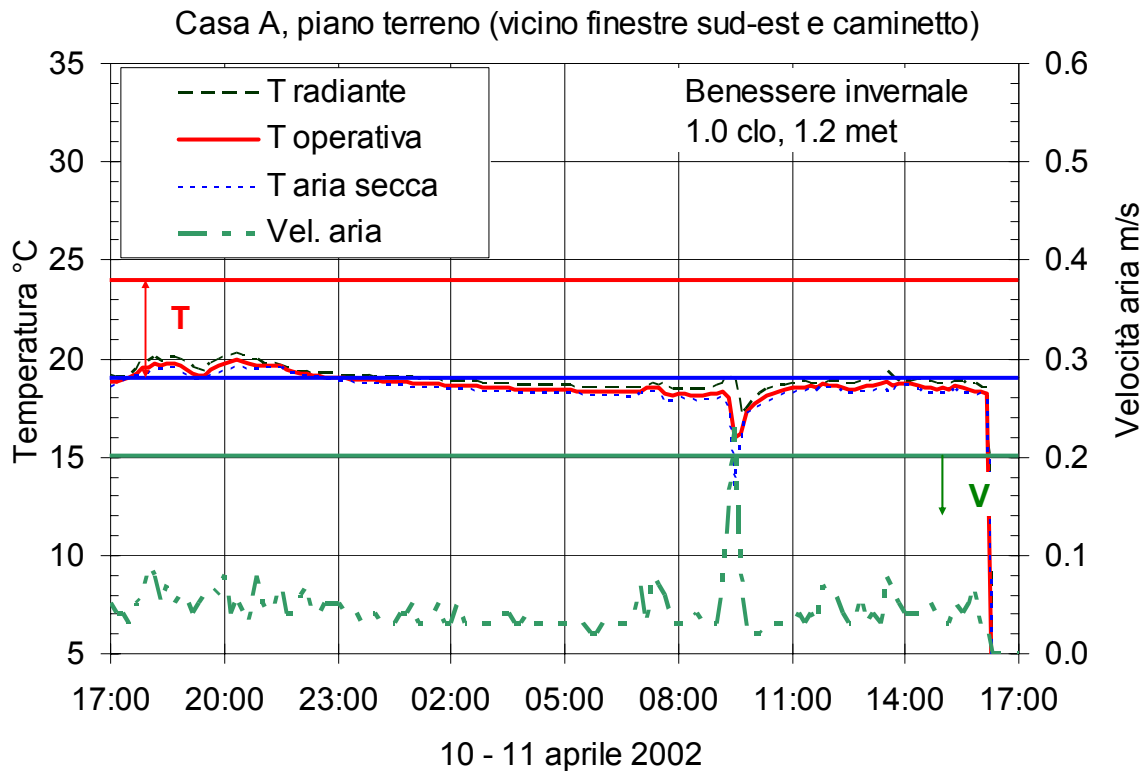
Inverno – piano terreno



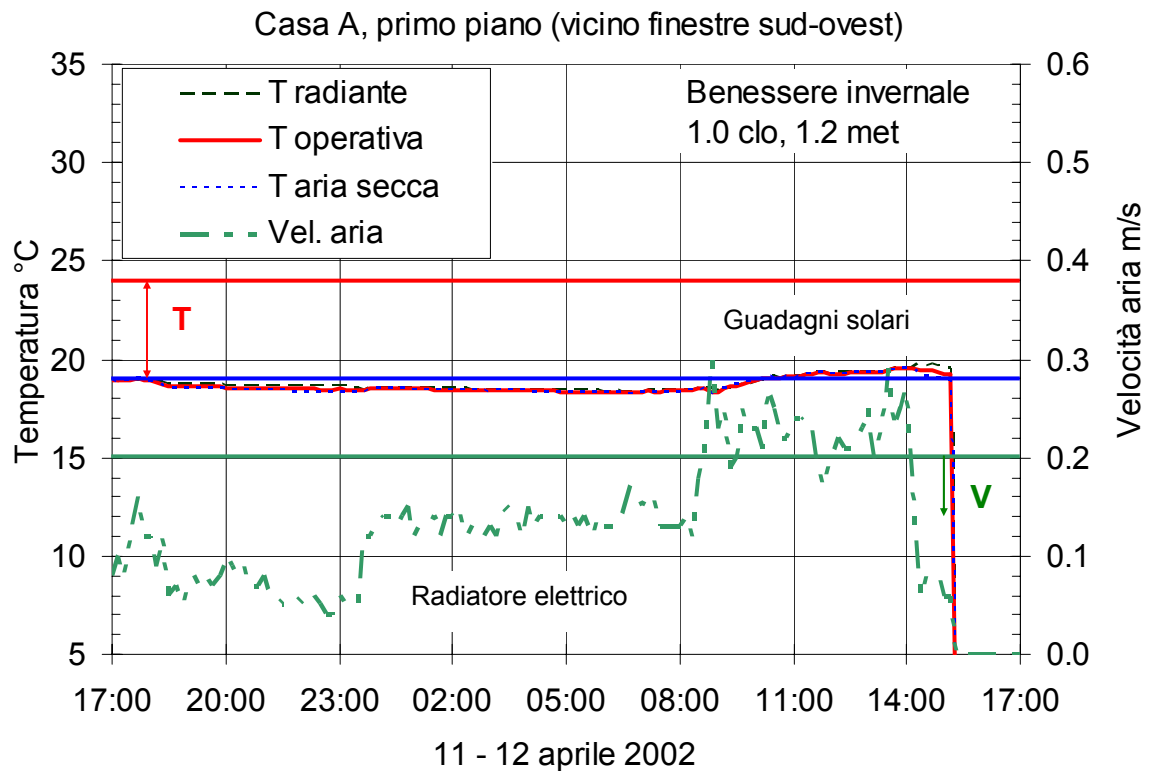
Inverno – primo piano



Mezza stagione – piano terreno

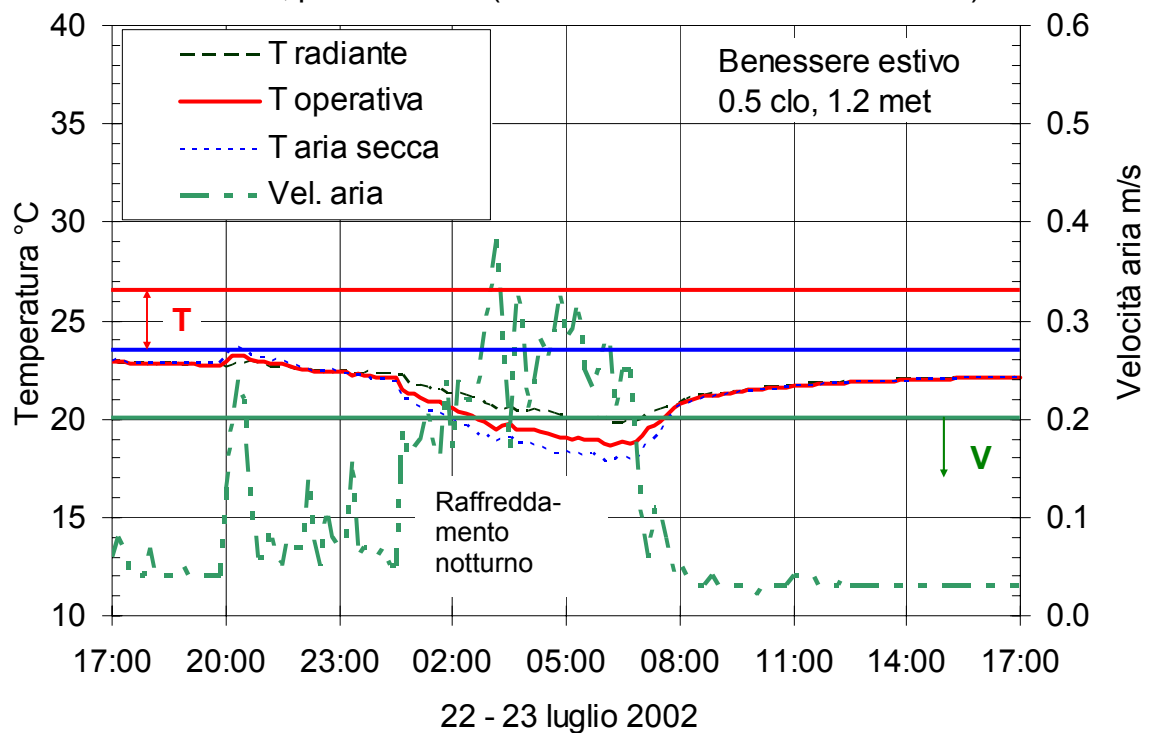


Mezza stagione – primo piano



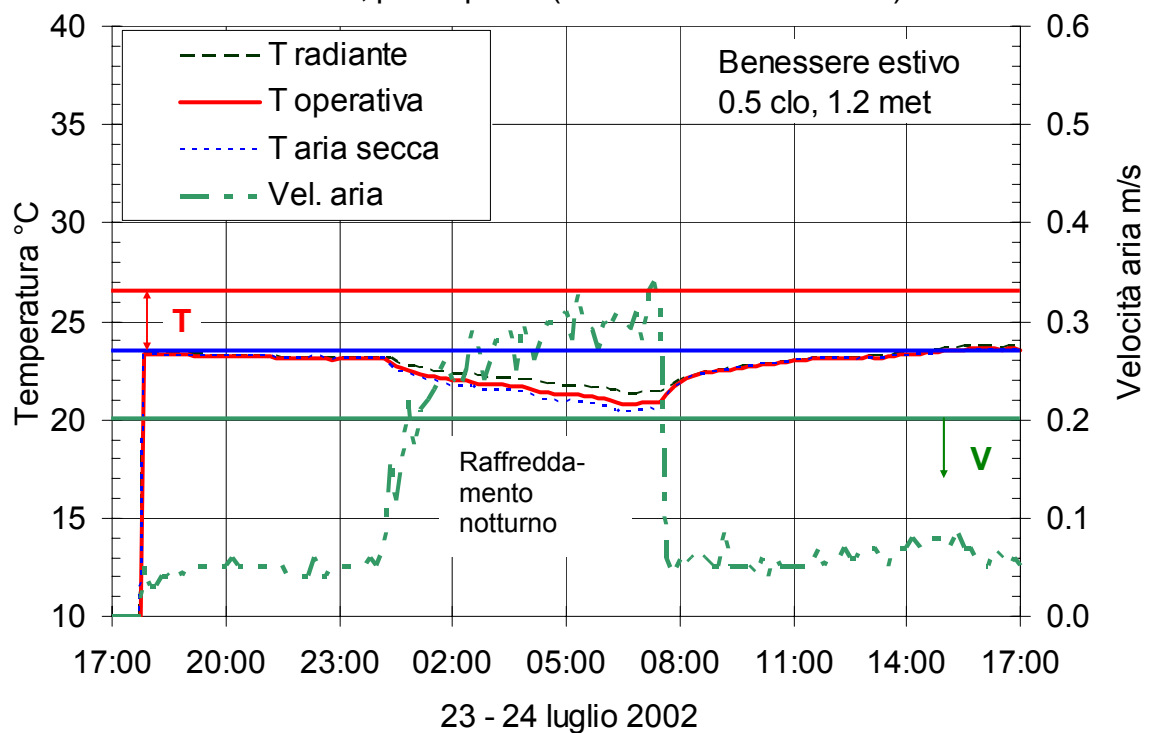
Estate – piano terreno

Casa A, piano terreno (vicino finestre sud-est e caminetto)



Estate – primo piano

Casa A, primo piano (vicino finestre sud-ovest)



Allegato 3: Analisi OGIP

The „Vitali-Velti“ house

A3.1 Casi considerati

Caso standard

Per l'edificio costruito in modo convenzionale sono stati considerati i seguenti elementi:

E0 – SIA07

pavimento verso l'esterno composto da parquet e betoncino, 20 cm di calcestruzzo e 10 cm di isolante termico (stessa superficie e struttura come per il caso reale)

E1 – SIA16

tetto piano composto da 20 cm di calcestruzzo e 12 cm di isolante termico pedonabile

E4 – SIA46

parete esterna al terzo piano (uscita tetto) composta da 32.5 cm di isolante termico in fibra di vetro più intonaco su entrambi i lati (stessa superficie e struttura come per il caso reale)

E4 – 8cm

parete esterna al piano terreno, primo e secondo piano composta da intonaco interno, 15 cm di mattoni in cotto, 8 cm di isolante termico e 15 cm di mattoni in silico-calcare a facciavista

E5 – U=2.8

finestre composte da telaio in legno-metallo e doppio vetro (valore u globale 2.8 W/(m²K))

E0 – bet8cm

pavimento interno del piano terreno, primo e secondo piano composto da 20 cm di calcestruzzo, 8 cm di betoncino e parquet

E6 – 213

pareti interne (stessa superficie e struttura come per il caso reale)

Caso reale

È la casa realizzata dagli architetti Bruno Vitali ed Aldo Velti. Sono stati considerati i seguenti elementi:

E0 – SIA07

pavimento verso l'esterno composto da parquet e betoncino, 20 cm di calcestruzzo e 10 cm di isolante termico (stessa superficie e struttura come per il caso standard)

E1 – tetto

tetto piano composto da 12 cm di isolante termico calpestabile, 20 cm di calcestruzzo e 8 cm di isolamento termica supplementare

E4 – SIA46

parete esterna al terzo piano (uscita tetto) composta da 32.5 cm di isolante termico in fibra di vetro più intonaco su entrambi i lati (stessa superficie e struttura come per il caso standard)

E4 – 14cm

parete esterna al piano terreno, primo e secondo piano composta da intonaco interno, 15 cm di mattoni in cotto, 14 cm di isolante termico e 15 cm di mattoni in silico-calcare a facciavista

E5 – 101

finestre composte da telaio in legno-metallo e doppio vetro (valore u globale 1.3 W/(m²K))

E0 – d=20cm

pavimento interno del piano terreno, primo e secondo piano composto da 20 cm di calcestruzzo e parquet

E6 – 213

pareti interne (stessa superficie e struttura come per il caso standard)

Caso standard

Ausführung beschreiben

Datei Hilfe

Objekt: standard casa Vitali / Velti - caso standard

Kataloge: ☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Bauwerksteile (SIA 380/1)

Filter: _ # ### ### Filter anwenden

Katalog: T - Umgebung

Teilobjekt:

Objekt:

Übernehmen Löschen

Elementebene EKG-Grafik

☐ SIA 380/1 ☒ Volltext

Decken

Betonkonstruktionen

Flachdecken aus Beton.
Beton B 35/25, Schalungstyp 1, Betonstahl S500 kg/m3 75.
Plattendicke cm 20.

	Pr./MEH	OGL	PSL	Exp.	Nutzung	Frei	Menge	best.
1	199,-						468.000	nein
2	199,-	380/1		H			44.000	
3								
4								
5								
6								

Start Post... Page... E:\LE... Cont... pian... E1-t... OGIP E:\LE... Rap... 16:06

Ausführung beschreiben

Datei Hilfe

Objekt: standard casa Vitali / Velti - caso standard

Kataloge: ☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Bauwerksteile (SIA 380/1)

Filter: _ # ### ### Filter anwenden

Katalog: T - Umgebung

Teilobjekt:

Objekt:

Übernehmen Löschen

Elementebene EKG-Grafik

☐ SIA 380/1 ☒ Volltext

Fenster, Fenstertüren

Holzkonstruktionen

Lochfenster und fenstertüren aus Holz, auf Innenanschlag.
Mit Anstrich.
Wärmeschutzgläser 2-Glas-IV, k-Wert W/m2K 1,3, dB 32.
2x deckender Anstrich, einseitig Farbton bunt.
Einzel Fensterelemente über m2 2,0.

	Pr./MEH	OGL	PSL	Exp.	Nutzung	Frei	Menge	best.
1	468,-	380/1		SO			62.000	nein
2	468,-	380/1		SW			54.000	nein
3	468,-	380/1		NW			17.000	nein
4								
5								
6								

Start Post... Page... E:\LE... Cont... pian... E1-t... OGIP E:\LE... Rap... 16:08

Ausführung beschreiben

Datei Hilfe

Objekt: standard casa Vitali / Velti - caso standard

Kataloge: ☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Bauwerksteile (SIA 380/1)

Filter: ## ### ### Filter anwenden

Katalog: T - Umgebung

Teilobjekt: Objekt:

Übernehmen Löschen

Elementebene EKG-Grafik

☐ SIA 380/1 ☒ Volltext

Katalog:

- A1 - Ver- und Entsorgung des Grundstücks
- A2 - Erschliessung des Grundstücks durch Verkehrsanlagen
- B1 - Rodungen, Abbrüche und Demontagen
- B7 - Provisorische Massnahmen Baugrube
- B8 - Spezialfundationen und spezielle Bauvorbereitungen
- C0 - Allgemeine Baustelleneinrichtungen
- C1 - Fassadengerüste
- C2 - Uebrige Gerüste
- D0 - Baugrubenaushub
- D1 - Hinterfüllungen
- D2 - Fundamente und Bodenplatten
- D3 - Kanalisationsen im Gebäude
- E0 - Decken, Treppen und Balkone
- E1 - Dächer
- E2 - Stützen
- E3 - Aussenwände zu Untergeschossen
- E4 - Aussenwände zu Erd- und Obergeschossen
- E5 - Fenster, Aussentüren und -tore

Objekt:

- M3 - Bodenbeläge - m2
 - 100 - Unterlagsböden
 - 122 - Unterlagsboden o. Bodenheizung
 - 111 - Zementunterlagsboden - 468.000 - m2 (36.-)
 - 600 - Holzbodenbeläge
 - 611 - Parkettboden
 - 004 - Eiche Mosaik a. Faserplatten - 44.000 - m2 (211.-)
 - 005 - Fertigparkett mm 14-15 - 468.000 - m2 (150.-)
- M4 - Wandbekleidungen - m2
 - 100 - Wandbekl.: Verputze Anstriche
 - 111 - Grundputz, Deckputz, Anstrich
 - 111 - 1x Tiefgrund, 1x Dispersion - 413.000 - m2 (35.-)
 - 112 - Grundputz, min. Edelputz
 - 111 - Korngrösse mm 1,1-1,5 - 15.000 - m2 (25.-)
- M5 - Deckenbekleidungen - m2
 - 100 - Deckenbekl.: Verputze Anstriche
 - 111 - Grundputz, Deckputz, Anstrich
 - 111 - 2x Dispersion - 468.000 - m2 (44.-)

Fenster, Fenstertüren

Holzkonstruktionen

Lochfenster und -fenstertüren aus Holz, auf Innenanschlag.
Mit Anstrich.
Wärmeschutzgläser 2-Glas-IV, k-Wert W/m2K 1,3, dB 32.
2x deckender Anstrich, einseitig Farbton bunt.
Einzelsterfläche über m2 2,0.

	Pr./MEH	OGL	PSL	Exp.	Nutzung	Frei	Menge	best.
1	468.-	380/1		SO			62.000	nein
2	468.-	380/1		SW			54.000	nein
3	468.-	380/1		NW			17.000	nein
4								
5								
6								

Ausführung beschreiben

Datei Hilfe

Objekt: standard casa Vitali / Velti - caso standard

Kataloge: ☐ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☒ Bauwerksteile (SIA 380/1)

Filter: ## ### ### Filter anwenden

Katalog: T - Umgebung

Teilobjekt: 380/1 Objekt:

Übernehmen Löschen

Elementebene EKG-Grafik

☐ SIA 380/1 ☒ Volltext

Katalog:

- A1 - Ver- und Entsorgung des Grundstücks
- A2 - Erschliessung des Grundstücks durch Verkehrsanlagen
- B1 - Rodungen, Abbrüche und Demontagen
- B7 - Provisorische Massnahmen Baugrube
- B8 - Spezialfundationen und spezielle Bauvorbereitungen
- C0 - Allgemeine Baustelleneinrichtungen
- C1 - Fassadengerüste
- C2 - Uebrige Gerüste
- D0 - Baugrubenaushub
- D1 - Hinterfüllungen
- D2 - Fundamente und Bodenplatten
- D3 - Kanalisationsen im Gebäude
- E0 - Decken, Treppen und Balkone
- E1 - Dächer
- E2 - Stützen
- E3 - Aussenwände zu Untergeschossen
- E4 - Aussenwände zu Erd- und Obergeschossen
- E5 - Fenster, Aussentüren und -tore

Objekt:

- E0 - Decken, Treppen und Balkone
- E0 - SIA07 - 2 - E0.07 - 44.000 - m2 (471.-)
- E1 - Dächer
- E1 - SIA 16 - 2 - E1.16 - 182.000 - m2 (411.-)
- E4 - Aussenwände zu Erd- und Obergeschossen
- E4 - 8cm - 2 - E4.40 - 413.000 - m2 (305.-)
- E4 - SIA46 - 2 - E4.46 - 15.000 - m2 (218.-)
- E5 - Fenster, Aussentüren und -tore
- E5 - u=2,8 - 2 - Holzfenster neu (Nord und Süd) - 133.000 - m2 (608.-)

Holzfenster, Fläche über 2 m2
mit Wärmeschutzgläser
Holzrahmen gestrichen

	Exp.	Alpha I	Alpha A	Versch.	Menge	best.
1	NW		Aussen	0.8	17.000	
2	SW		Aussen	0.8	54.000	
3	SO		Aussen	0.8	62.000	
4						
5						
6						

Caso reale

Ausführung beschreiben

Objekt: reale | casa Vitali / Velti - caso reale

Kataloge: ☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Bauwerksteile (SIA 380/1)

Filter: _ # ### ###: Filter anwenden

Katalog: T - Umgebung

Teilobjekt:

Objekt:

Übernehmen Löschen

Elementebene EKG-Grafik

☐ SIA 380/1 ☒ Volltext

Decken

Betonkonstruktionen

Flachdecken aus Beton.
Beton B 35/25, Schalungstyp 1, Betonstahl S500 kg/m3 75.
Plattendicke cm 20.

	Pr./MEH	OGL	PSL	Exp.	Nutzung	Frei	Menge	best.
1	199,-						468.000	nein
2	199,-	380/1		H			44.000	
3								
4								
5								
6								

Start | Posta ... | Sci ... | E:\LEE... | Conte... | piano... | E1-tet... | OGIP | E:\LEE... | Rap-fi... | 16:21

Ausführung beschreiben

Objekt: reale | casa Vitali / Velti - caso reale

Kataloge: ☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Bauwerksteile (SIA 380/1)

Filter: _ # ### ###: Filter anwenden

Katalog: T - Umgebung

Teilobjekt:

Objekt:

Übernehmen Löschen

Elementebene EKG-Grafik

☐ SIA 380/1 ☒ Volltext

Fenster, Fenstertüren

Holzkonstruktionen

Lochfenster und Fenstertüren aus Holz, auf Innenanschlag.
Mit Anstrich.
Wärmeschutzgläser 2-Glas-IV, k-Wert W/m2K 1,3, dB 32.
2x deckender Anstrich, einseitig Farbton bunt.
Einzelsterfenfläche über m2 2,0.

	Pr./MEH	OGL	PSL	Exp.	Nutzung	Frei	Menge	best.
1	608,-	380/1		SO			62.000	
2	608,-	380/1		SW			54.000	
3	608,-	380/1		NW			17.000	
4								
5								
6								

Start | Posta ... | Sci ... | E:\LEE... | Conte... | piano... | E1-tet... | OGIP | E:\LEE... | Rap-fi... | 16:24

Ausführung beschreiben

Objekt: reale | casa Vitali / Velti - caso reale

Kataloge: ☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Bauwerksteile (SIA 380/1)

Filter: ## ### ### Filter anwenden

Katalog: T - Umgebung

Teilobjekt: Objekt:

Übernehmen Löschen

Elementebene EKG-Grafik

☐ SIA 380/1 ☒ Volltext

Dämmungen

Mineralfaserplatten

Wärme- und Schalldämmung bei Mehrschalenkonstruktionen mit Anpassung der Dämmplatte an Konstruktionsdurchdringungen. Dämmplatten auf Wände befestigt. Steinwollplatte, Rohdichte kg/m3 60. Plattendicke mm 100.

	Pr./MEH	UGL	PSL	Exp.	Nutzung	Frei	Menge	best.
1	61	380/1		H			44.000	
2								
3								
4								
5								
6								

Start | Posta ... | Sci ... | E:\LEE... | Conte... | piano... | E1-tet... | OGIP | E:\LEE... | Rap-fi... | 16:25

Ausführung beschreiben

Objekt: reale | casa Vitali / Velti - caso reale

Kataloge: ☐ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☒ Bauwerksteile (SIA 380/1)

Filter: ## ### ### Filter anwenden

Katalog: T - Umgebung

Teilobjekt: 380/1 Objekt:

Übernehmen Löschen

Elementebene EKG-Grafik

☐ SIA 380/1 ☒ Volltext

Holzfenster, Fläche über 2 m2 mit Wärmeschutzgläser Holzrahmen gestrichen

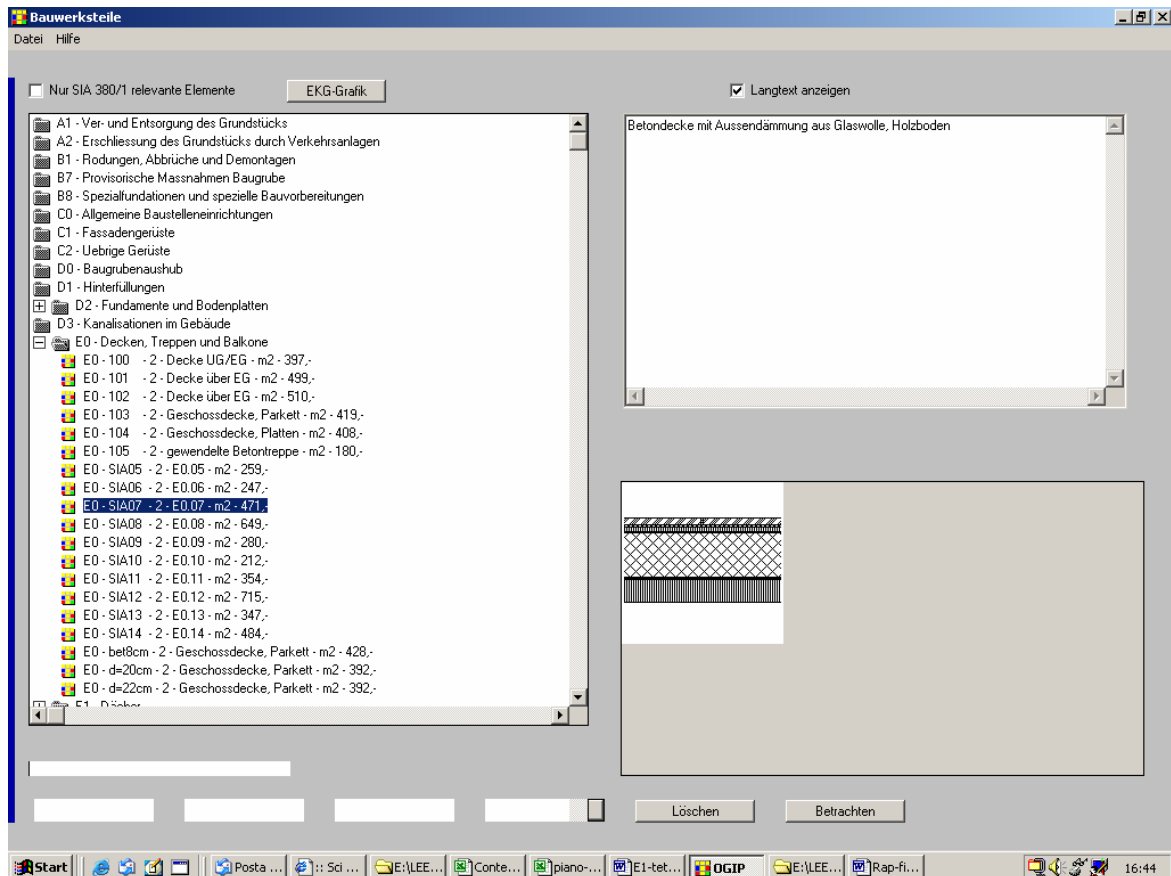
	Exp.	Alpha I	Alpha A	Versch.	Menge	best.
1	NW		Aussen	0.8	17.000	
2	SW		Aussen	0.8	54.000	
3	SO		Aussen	0.8	62.000	
4						
5						
6						

Start | Posta ... | Sci ... | E:\LEE... | Conte... | piano... | E1-tet... | OGIP | E:\LEE... | Rap-fi... | 16:26

A3.2 Elementi costruttivi

Qui di seguito sono elencati gli elementi costruttivi quali pareti, pavimenti, tetti, solette e finestre, costituenti i due tipi di edificio considerati (caso standard e caso reale). Sono visibili tutti gli strati che compongono l'elemento e i relativi dati.

E0 – SIA07 – *pavimento verso l'esterno (caso standard e caso reale)*



Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E0
Anwendererweiterung: SIA07
Identifikator: E0 - SIA07 - 2

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.260
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

T - Umgebung

EKG-Grafik

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	in unbeheizt	0.100		ja	
2	M3 611.004	Eiche Mosa	1.000		nein	nein
3	E0 111.102	Plattendick	1.000		ja	nein
4	E6 311.213	Plattendick	1.000		ja	nein
5	Aussen				nein	
6	Alpha A	geschützte	0.080		ja	
7						
8						
9						
10						

Parkettböden

Parkettböden auf Unterlagsböden.

Mit Grobreinigung der rohen Decke. Holzfaserverbundplatte mm 30. Klebeparkett Eiche Mosaik mm 8 mit lösemittelreiem Naturharz-Dispersionskleber. Schleifen. 2x Naturharz-Imprägnieröl. 1x Naturharz-Hartwachs. polieren.

Buttons: Nach innen, Nach außen, Übernehmen, Löschen, Betrachten, Volltext

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E0
Anwendererweiterung: SIA07
Identifikator: E0 - SIA07 - 2

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.260
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

T - Umgebung

EKG-Grafik

Schichtung des Bauwerksteils

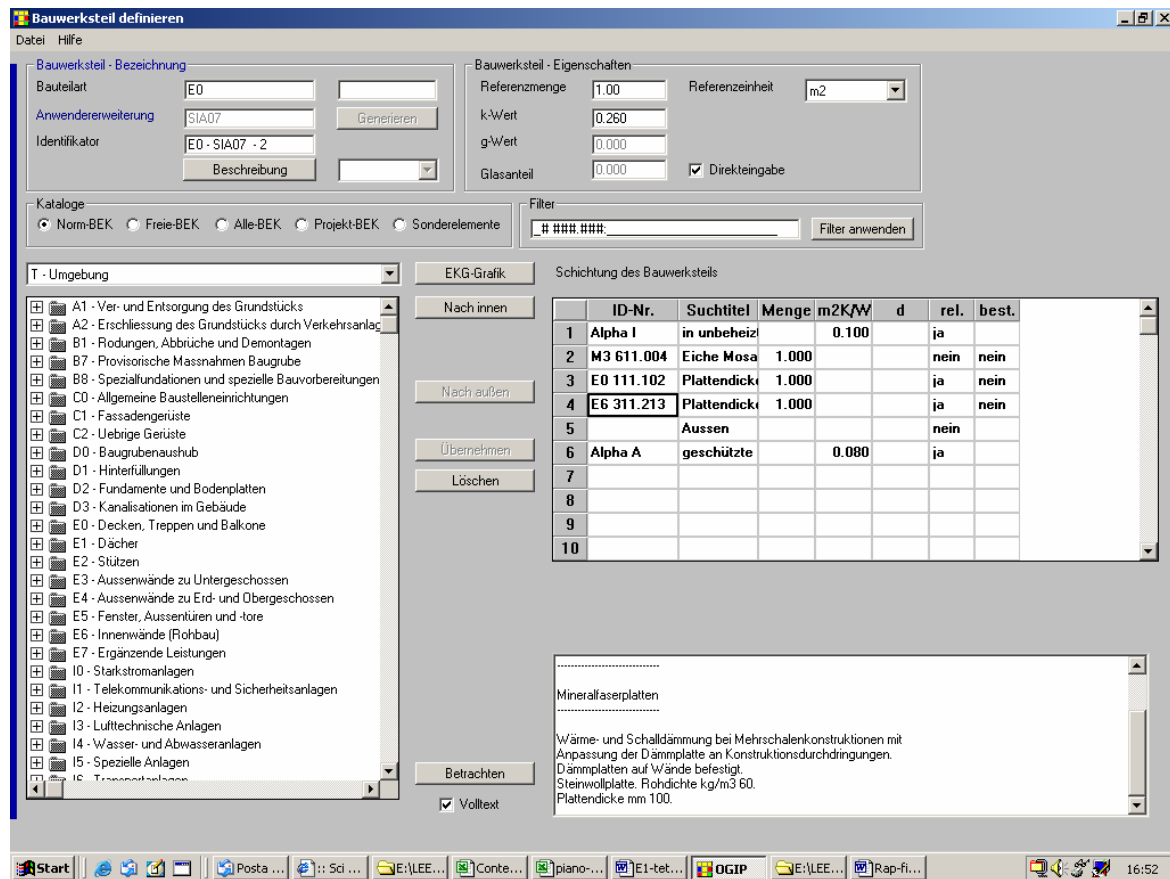
ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	in unbeheizt	0.100		ja	
2	M3 611.004	Eiche Mosa	1.000		nein	nein
3	E0 111.102	Plattendick	1.000		ja	nein
4	E6 311.213	Plattendick	1.000		ja	nein
5	Aussen				nein	
6	Alpha A	geschützte	0.080		ja	
7						
8						
9						
10						

Decken

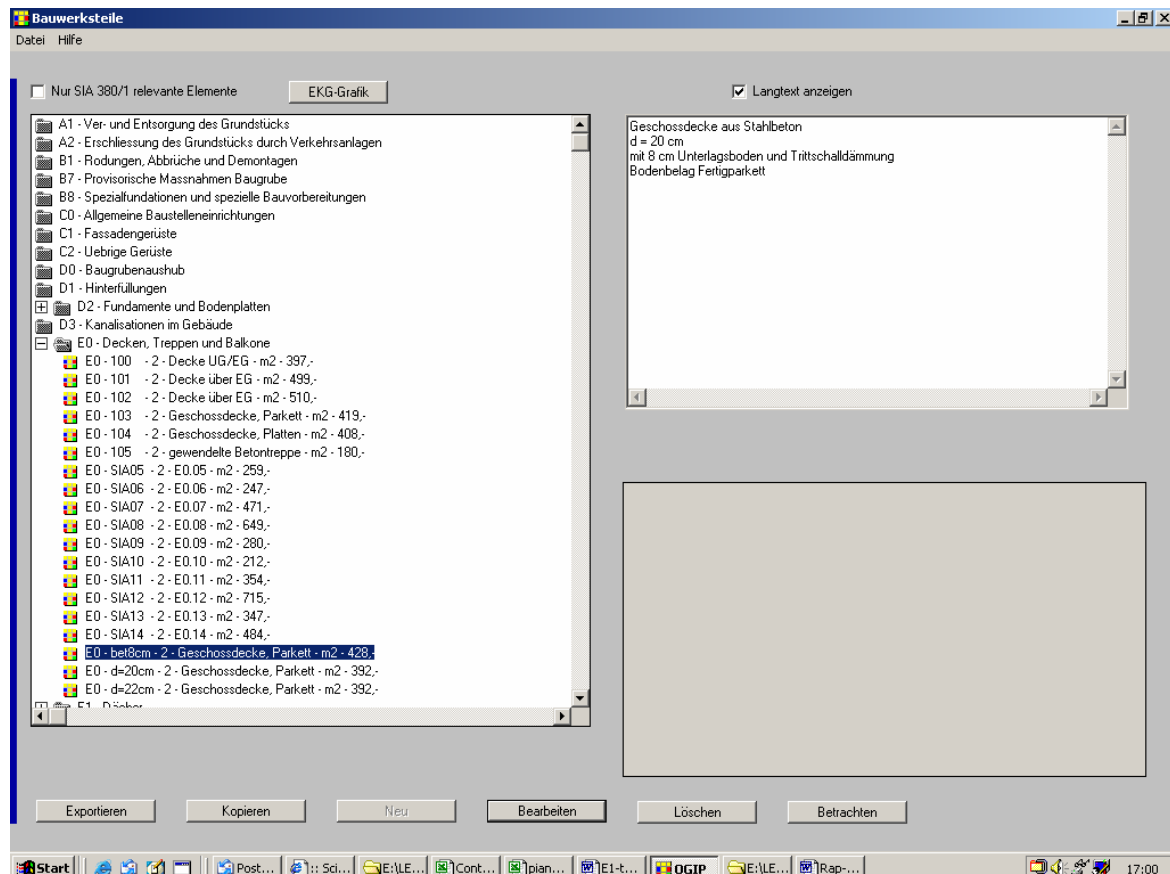
Betonkonstruktionen

Flachdecken aus Beton.
Beton B 35/25. Schalungstyp 1. Betonstahl S500 kg/m3 75.
Plattendicke cm 20.

Buttons: Nach innen, Nach außen, Übernehmen, Löschen, Betrachten, Volltext



E0 – bet8cm – pavimenti PT, 1° e 2° piano, con betoncino (caso standard)



Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: Boden

Anwendererweiterung: Generieren

Identifikator: Beschreibung:

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: Referenzeinheit:

k-Wert: g-Wert: Glasanteil: ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	M5 111.111	2x Dispersic	1.000		nein	ja
2	E0 111.102	Plattendicke	1.000		ja	nein
3	M3 122.111	Zementunter	1.000		nein	ja
4	M3 611.005	Fertigparket	1.000		nein	ja
5		Unbeheizt			nein	
6						
7						
8						
9						
10						

Verputze mit Anstrich

Grundputz, mineralischer Deckputz und Anstrich oder Einschlusssputz und Anstrich.
Untergrund Beton, Decken eben.
Gips- oder Gipskalkgrundputz, Putzdicke mm 5, Deckputz aus Weisskalkmörtel mit Zementzusatz. Korngrösse mm 1,1 bis 1,5.
2 Anstriche Dispersionsfarbe, matt.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: Boden

Anwendererweiterung: Generieren

Identifikator: Beschreibung:

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: Referenzeinheit:

k-Wert: g-Wert: Glasanteil: ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	M5 111.111	2x Dispersic	1.000		nein	ja
2	E0 111.102	Plattendicke	1.000		ja	nein
3	M3 122.111	Zementunter	1.000		nein	ja
4	M3 611.005	Fertigparket	1.000		nein	ja
5		Unbeheizt			nein	
6						
7						
8						
9						
10						

Decken

Betonkonstruktionen

Flachdecken aus Beton.
Beton B 35/25. Schalungstyp 1. Betonstahl S500 kg/m3 75.
Plattendicke cm 20.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: Boden

Anwendererweiterung: Generieren

Identifikator: Beschreibung:

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: Referenzeinheit:

k-Wert: g-Wert: Glasanteil: ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	M5 111.111 2x Dispersic	1.000			nein	ja
2	E0 111.102 Plattendick	1.000			ja	nein
3	M3 122.111 Zementunte	1.000			nein	ja
4	M3 611.005 Fertigparket	1.000			nein	ja
5	Unbeheizt				nein	
6						
7						
8						
9						
10						

Auf Geschossdecken

Schwimmender Unterlagsboden auf Geschossdecken, ohne Bodenheizung.
Mit Trittschalldämmung, Randstreifen und Trennlage.
Für Nutzlast bis kN/m2 2,0.
Zementunterlagsboden.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: Boden

Anwendererweiterung: Generieren

Identifikator: Beschreibung:

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: Referenzeinheit:

k-Wert: g-Wert: Glasanteil: ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	M5 111.111 2x Dispersic	1.000			nein	ja
2	E0 111.102 Plattendick	1.000			ja	nein
3	M3 122.111 Zementunte	1.000			nein	ja
4	M3 611.005 Fertigparket	1.000			nein	ja
5	Unbeheizt				nein	
6						
7						
8						
9						
10						

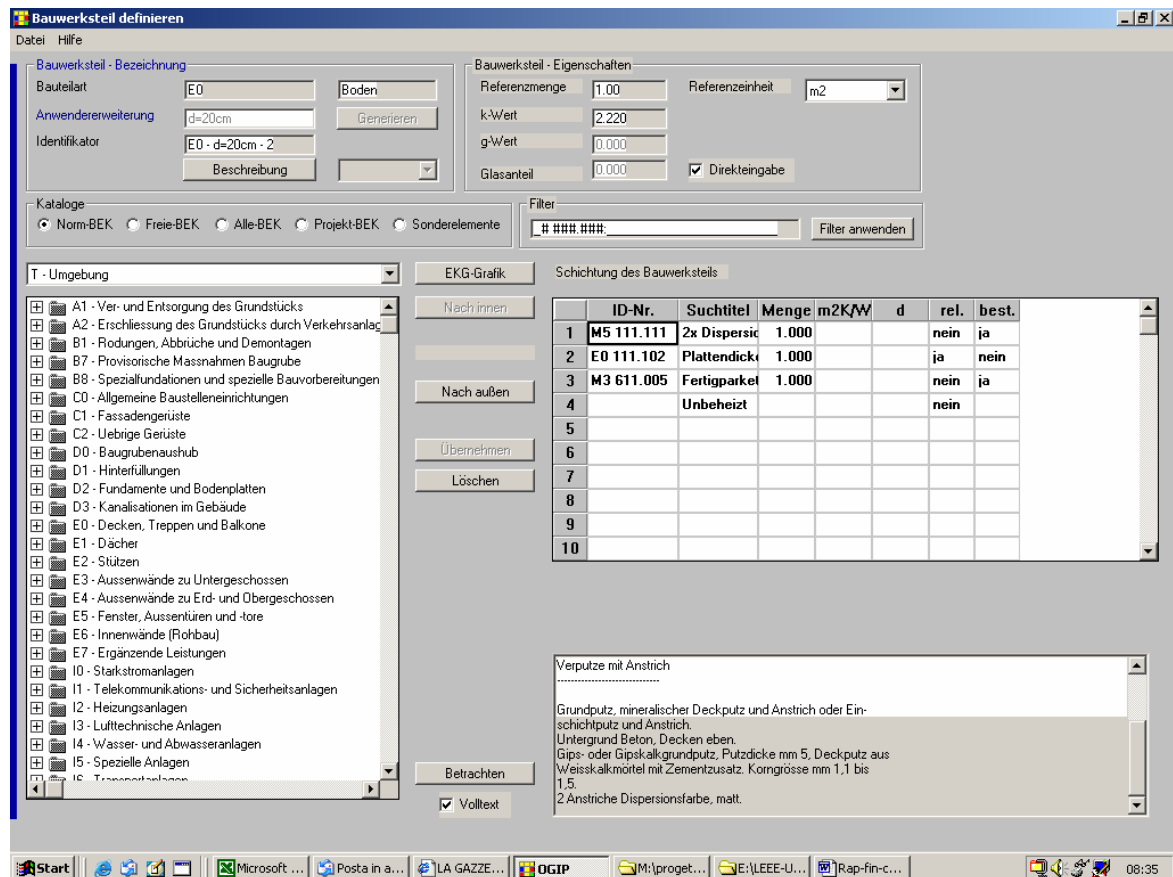
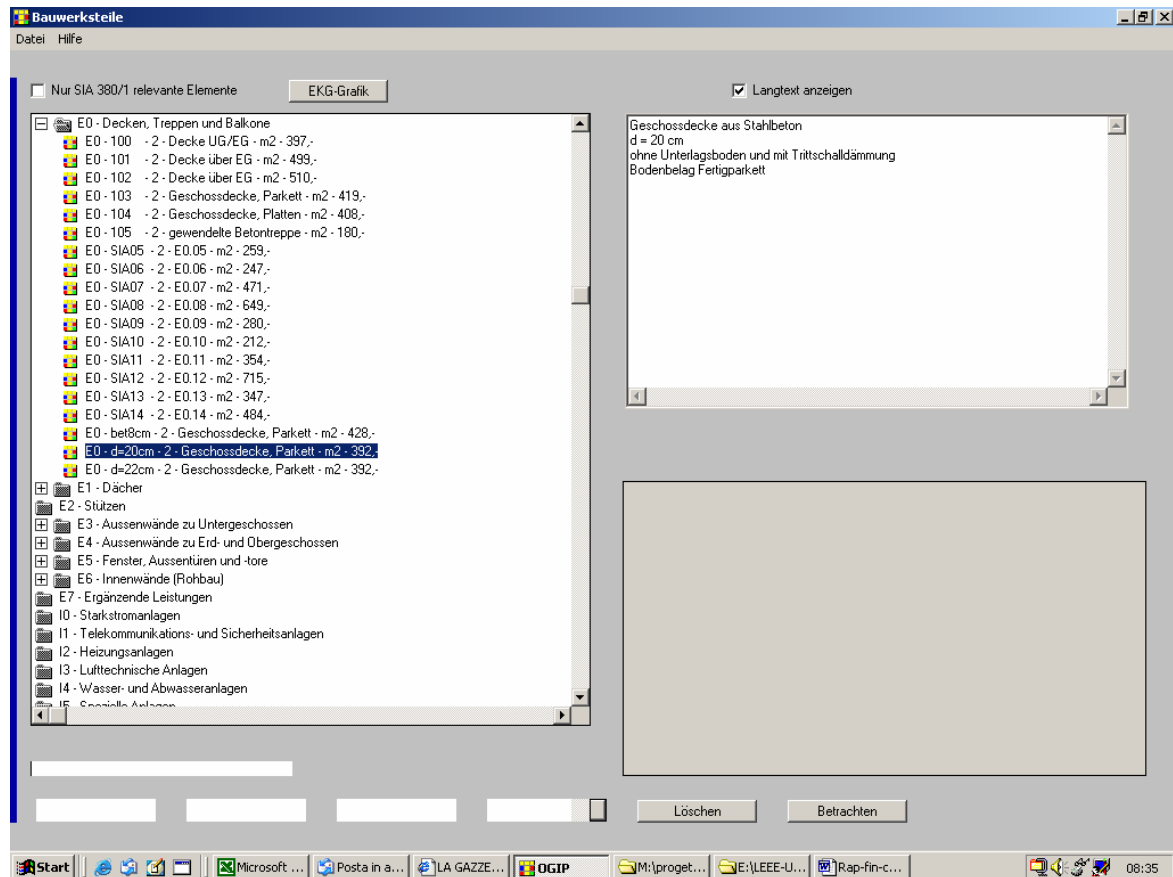
Holzbodenbeläge

Parkettböden

Parkettboden auf Unterlagsboden.

Fertigparkett mm 14 bis 15.

E0 – d=20cm – *pavimenti PT, 1° e 2° piano, senza betoncino (caso reale)*



Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart:
 Anwendererweiterung:
 Identifikator:

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: Referenzeinheit:
 k-Wert:
 g-Wert:
 Glasanteil: ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter:

T - Umgebung

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	M5 111.111 2x Dispersic	1.000			nein	ja
2	E0 111.102 Plattendick	1.000			ja	nein
3	M3 611.005 Fertigparket	1.000			nein	ja
4	Unbeheizt				nein	
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Betrachten ☒ Volltext

Decken

Betonkonstruktionen

Flachdecken aus Beton.
 Beton B 35/25. Schalungstyp 1. Betonstahl S500 kg/m3 75.
 Plattendicke cm 20.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart:
 Anwendererweiterung:
 Identifikator:

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: Referenzeinheit:
 k-Wert:
 g-Wert:
 Glasanteil: ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter:

T - Umgebung

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	M5 111.111 2x Dispersic	1.000			nein	ja
2	E0 111.102 Plattendick	1.000			ja	nein
3	M3 611.005 Fertigparket	1.000			nein	ja
4	Unbeheizt				nein	
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Betrachten ☒ Volltext

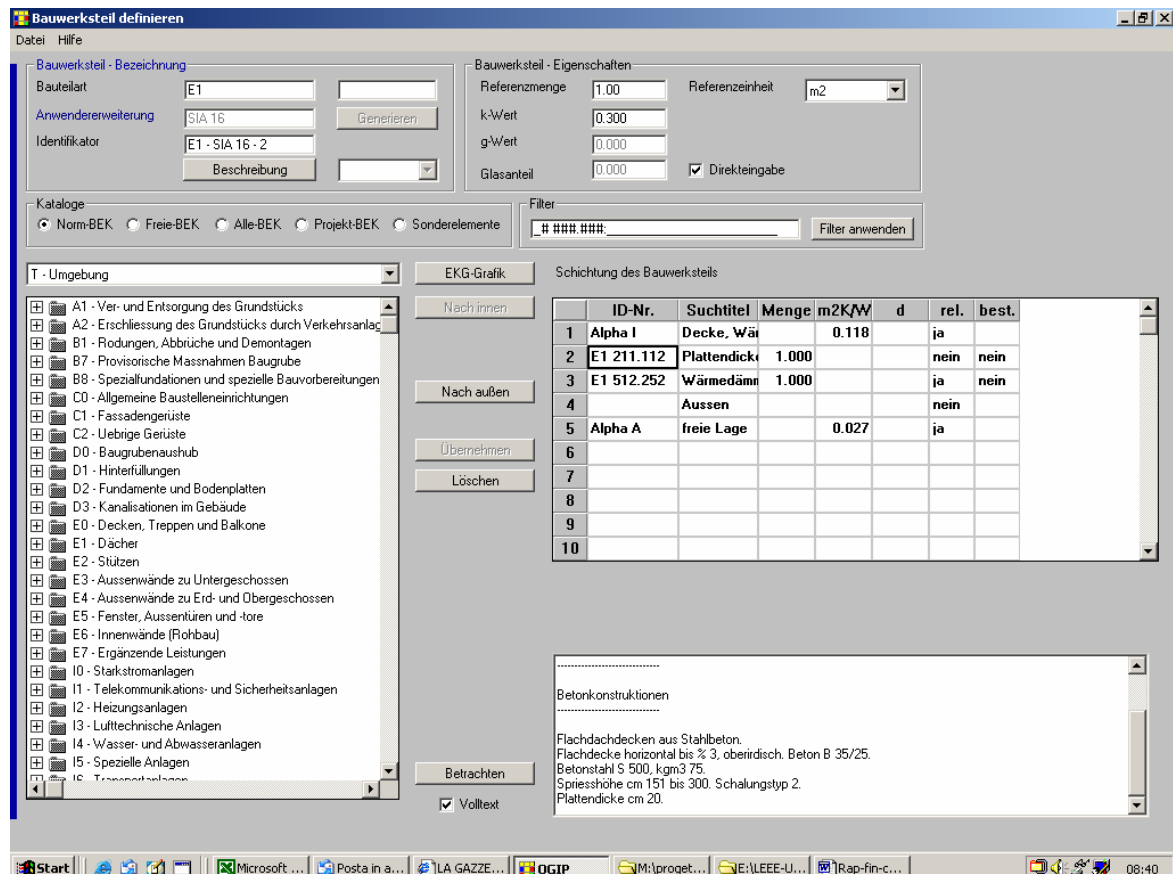
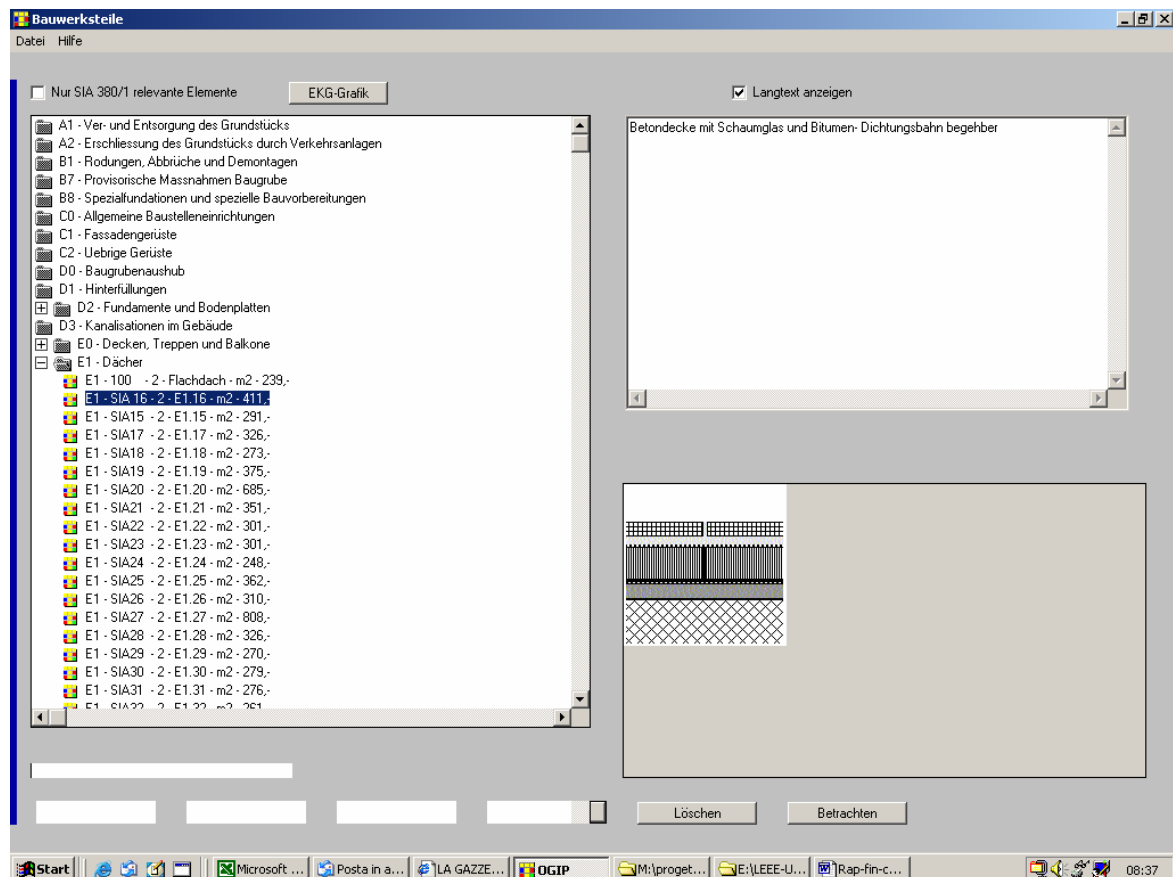
Holzbodenbeläge

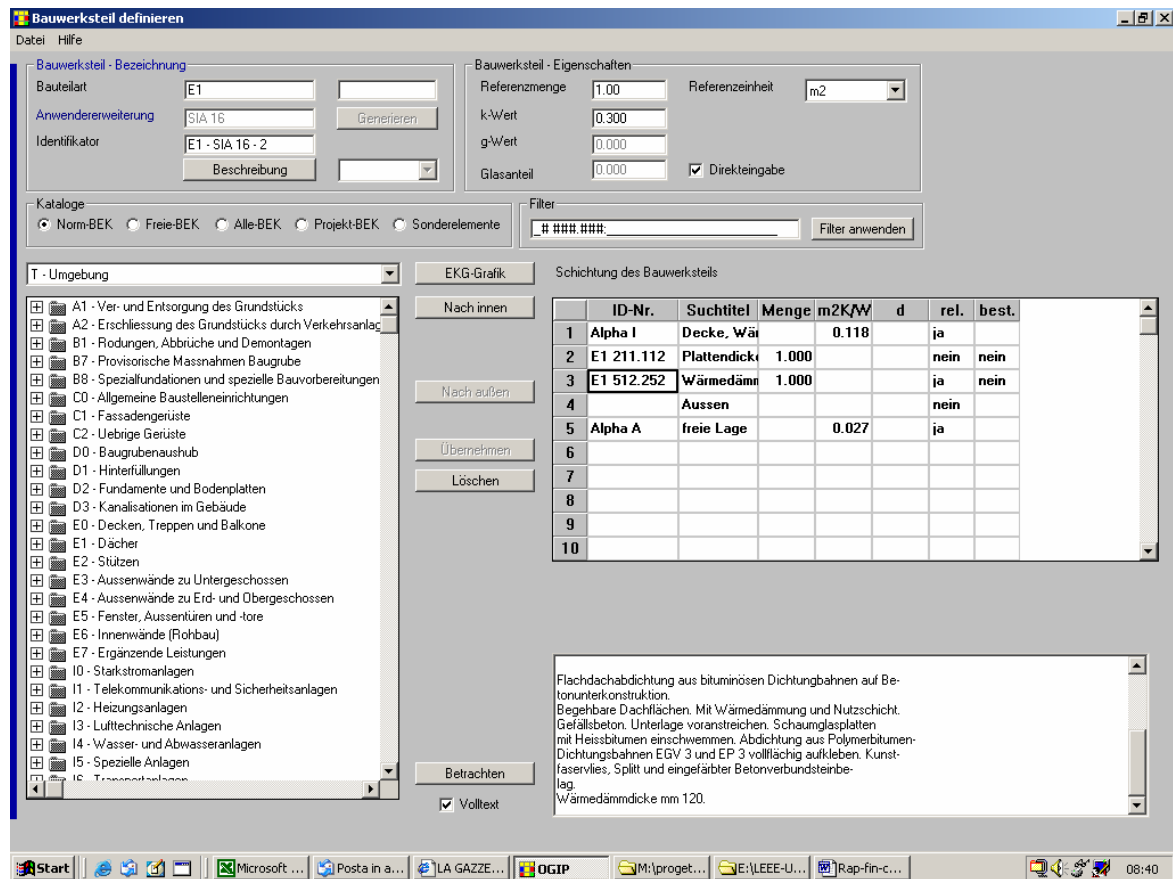
Parkettböden

Parkettboden auf Unterlagsboden.

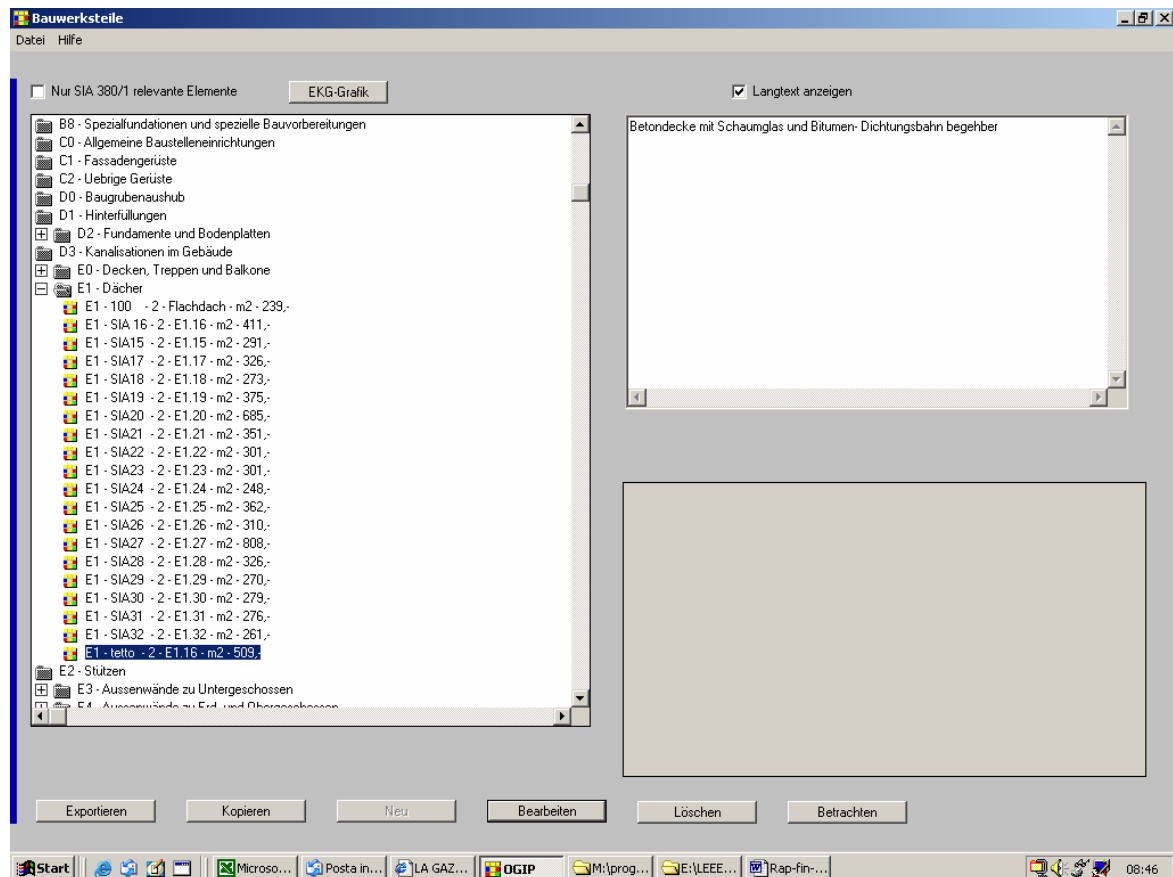
Fertigparkett mm 14 bis 15.

E1 – SIA16 – tetto (caso standard)





E1 – tetto – tetto (caso reale)



Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E1 Dach
Anwendererweiterung: tetto Generieren
Identifikator: E1 - tetto - 2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.190
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen
Nach außen
Übernehmen
Löschen

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Decke, Wä	0.118		ja	
2	E1 412.111	Dämmdicke	1.000		ja	nein
3	E1 211.112	Plattendicke	1.000		nein	nein
4	E1 512.252	Wärmedämm	1.000		ja	nein
5		Aussen			nein	
6	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
7						
8						
9						
10						

Betrachten ☒ Volltext

Wärmedämmung aus Mineralwollplatten auf Holzkonstruktion. Unterdachplatten, Verlegeunterlage, Dampfsperre, Wärmedämmung und Konterlattung. Dachschalung gehobelt, mit Nut und Kamm. Dampfsperre V 60. Einsichtige Wärmedämmung aus Mineralwollplatten zwischen Holzlaten. Unterdach aus Holzfaserhartplatten. Konterlattung mm 45x50. Dämmdicke mm 80.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E1 Dach
Anwendererweiterung: tetto Generieren
Identifikator: E1 - tetto - 2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.190
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen
Nach außen
Übernehmen
Löschen

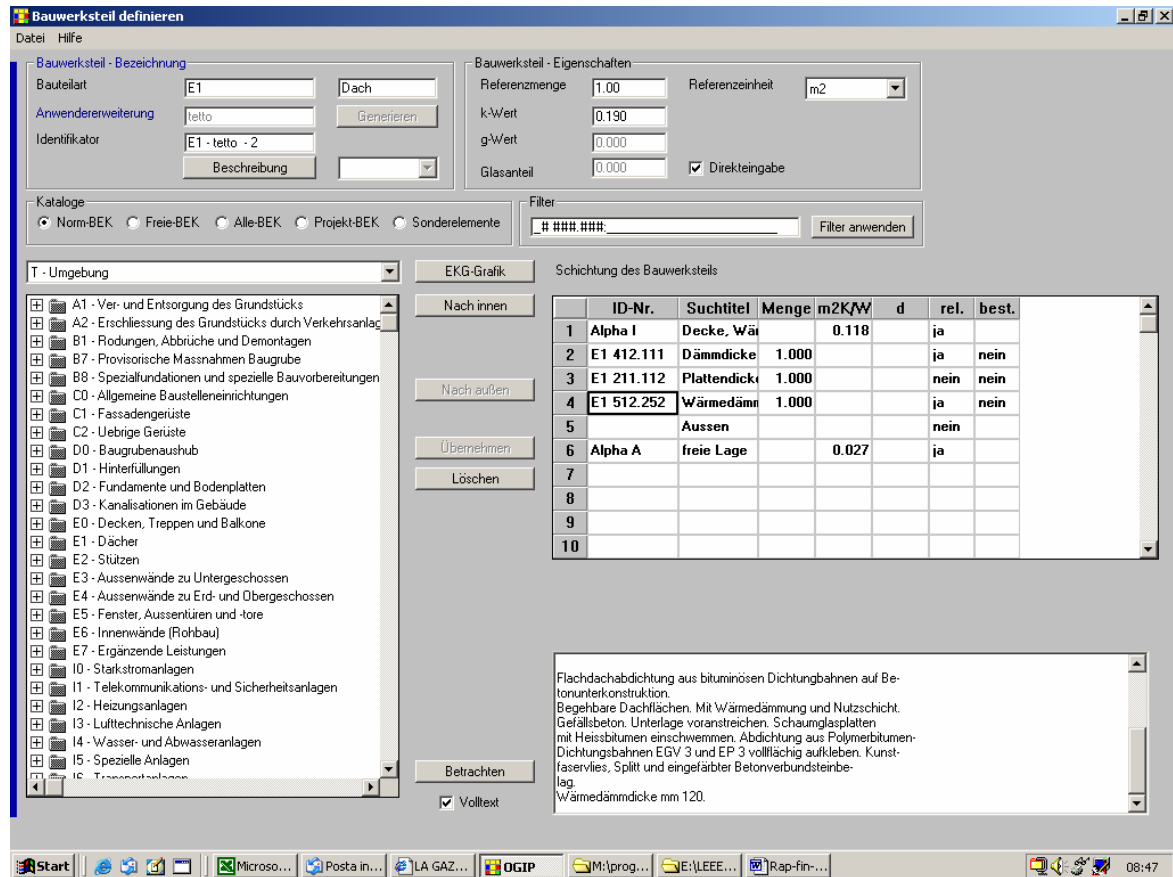
Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Decke, Wä	0.118		ja	
2	E1 412.111	Dämmdicke	1.000		ja	nein
3	E1 211.112	Plattendicke	1.000		nein	nein
4	E1 512.252	Wärmedämm	1.000		ja	nein
5		Aussen			nein	
6	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
7						
8						
9						
10						

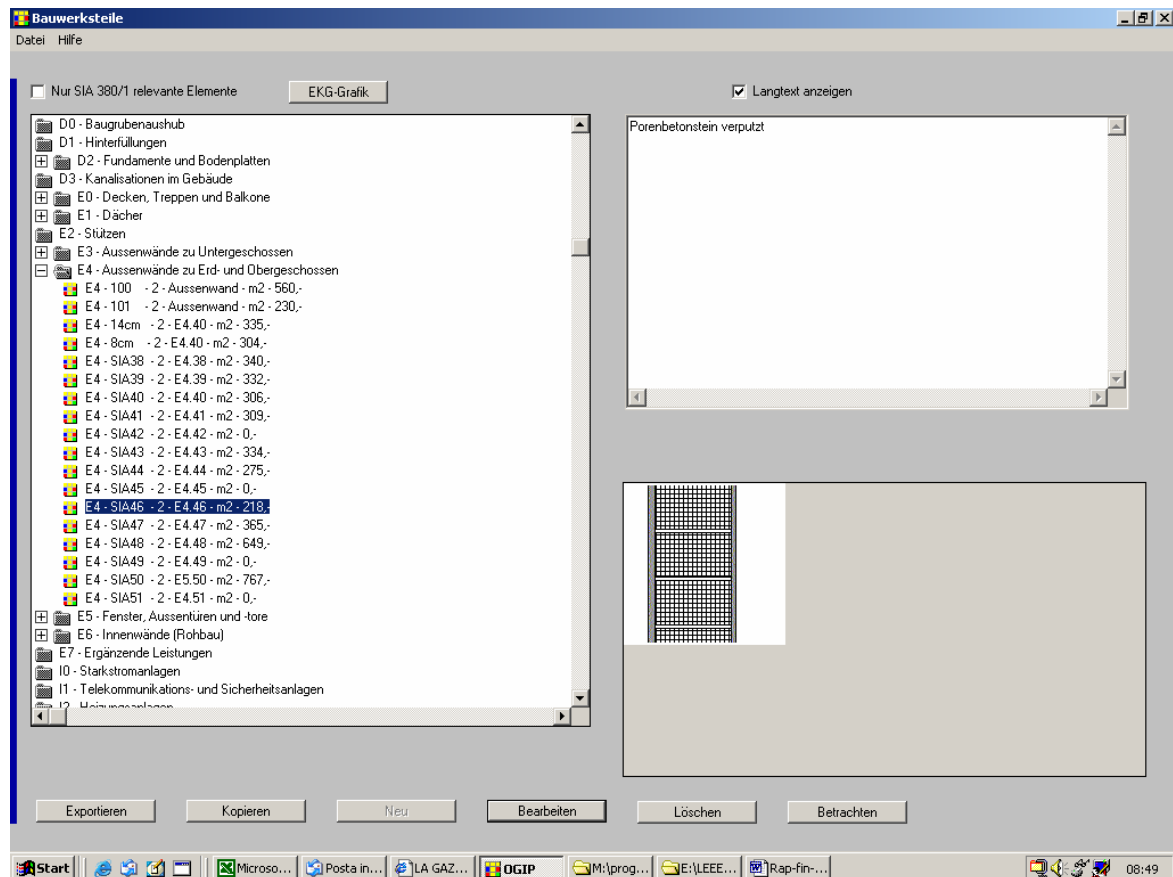
Betrachten ☒ Volltext

Betonkonstruktionen

Flachdachdecken aus Stahlbeton. Flachdecke horizontal bis % 3, oberirdisch. Beton B 35/25. Betonstahl S 500, kg/m3 75. Spriesshöhe cm 151 bis 300. Schalungstyp 2. Plattendicke cm 20.



E4 – SIA46 – parete esterna 3° piano (caso standard e caso reale)



Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4
Anwendererweiterung: SIA46
Identifikator: E4 - SIA46 - 2

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.300
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter

###: Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen
Nach außen
Übernehmen
Löschen

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	E4 148.133	Mauerdicke	1.000		ja	nein
3	E4 312.111	2x Organosi	1.000		nein	nein
4	M4 112.111	Korngrösse	1.000		nein	nein
5		Aussen			nein	
6	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
7						
8						
9						
10						

Betrachten

☒ Volltext

Tragende Aussenwände
Mauerwerk aus künstlichen Steinen
Tragende Aussenwand aus Mauerwerk MP aus Porenbetonstein.
Mauerwerk ohne besondere Eigenschaften.
Wandhöhe cm 301 bis 400.
Mauerdicke cm 32,5.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4
Anwendererweiterung: SIA46
Identifikator: E4 - SIA46 - 2

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.300
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter

###: Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen
Nach außen
Übernehmen
Löschen

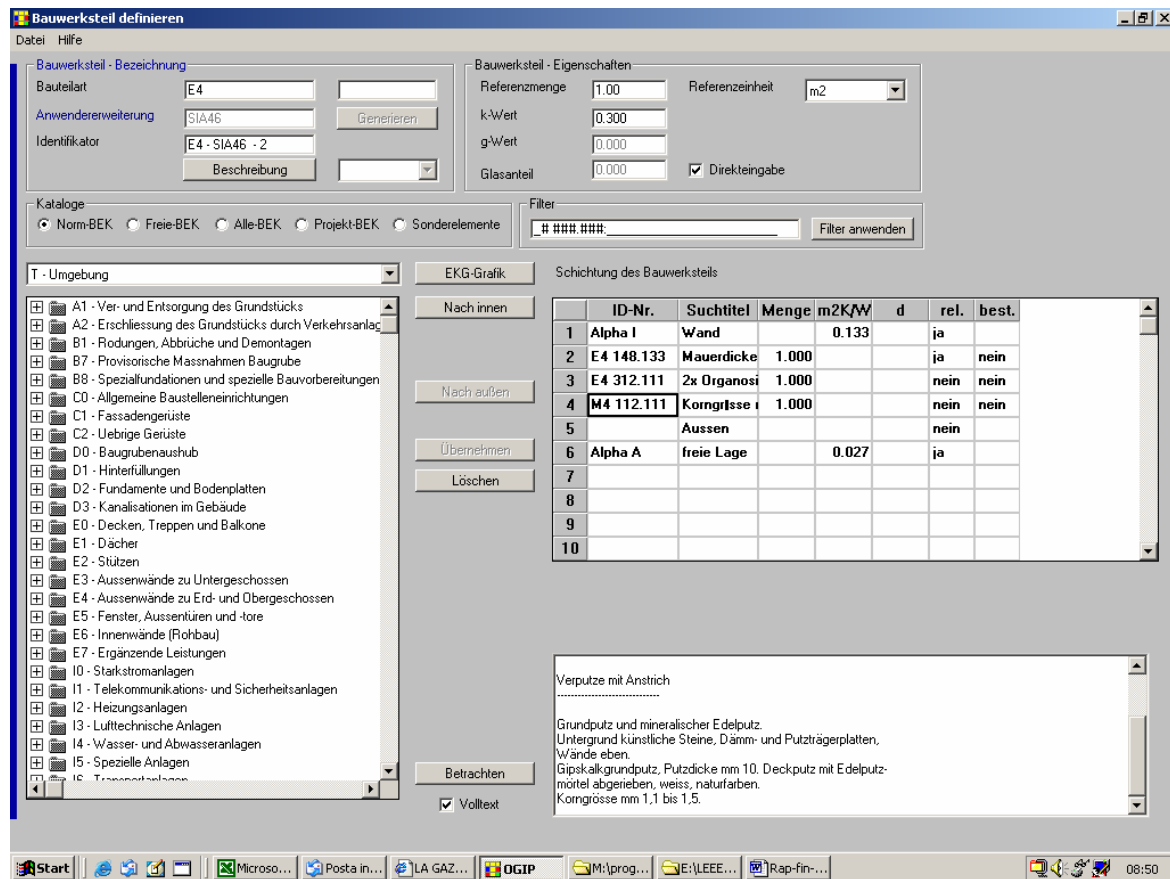
Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	E4 148.133	Mauerdicke	1.000		ja	nein
3	E4 312.111	2x Organosi	1.000		nein	nein
4	M4 112.111	Korngrösse	1.000		nein	nein
5		Aussen			nein	
6	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
7						
8						
9						
10						

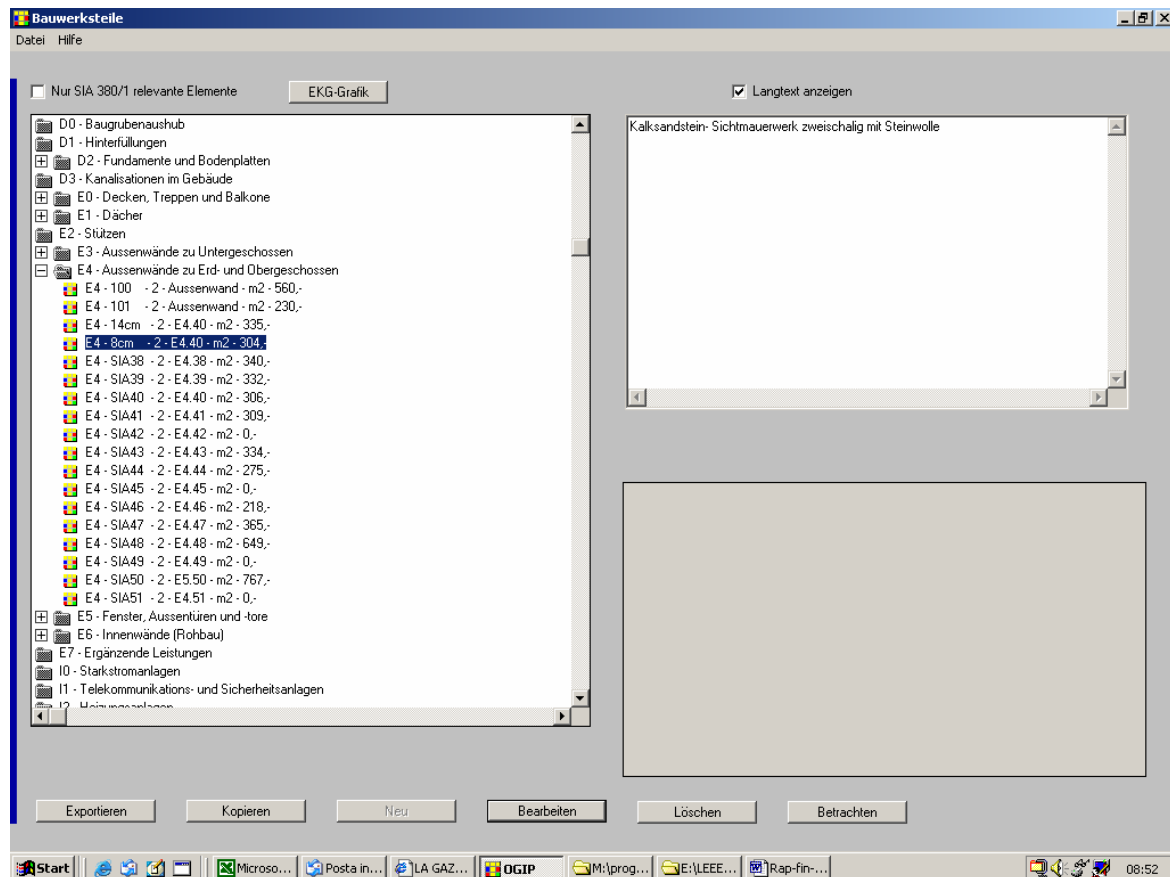
Betrachten

☒ Volltext

Leichtbausteinen; aus Haltschicht, Leichtgrundputz und mineralischem Deckputz. Mit Kantenschutzprofilen, Haltschicht für Deckputz und Nebenarbeiten für Kanten ausbilden, Absätze und Sockelkanten, Anputzen an andere Bauteile und Trennschnitte.
Abrieb aus Weisskalk- oder hydraulischem Kalkmörtel mit Zementzusatz und Anstrich.
Korngrösse bis mm 2,0.
1x Organosilicatgrundierung und 1x Organosilicatfarb-Anstrich.



E4 – 8cm – parete esterna PT, 1° e 2° piano (caso standard)



Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4 Wand
Anwendererweiterung: 8cm Generieren
Identifikator: E4 - 8cm - 2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.300
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	M4 111.111	1x Tiefgrun	1.000		nein	nein
3	E4 145.122	Mauerdicke	1.000		ja	nein
4	E4 247.222	Plattendicke	1.000		ja	nein
5	E4 243.123	Mauerdicke	1.000		ja	nein
6	Aussen				nein	
7	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
8						
9						
10						

Verputze mit Anstrich

Grundputz, mineralischer Deckputz und Anstrich.
Untergrund künstliche Steine sowie Dämm- oder Putzträgerplatten, Wände eben.
Gips- oder Gipskalkgrundputz, Putzdicke mm 10. Deckputz aus Weisskalkmörtel mit Zementzusatz, Korngrösse mm 1,6 bis 2,0, abgieben.
1 Anstrich Tiefgrund, 1 Anstrich Dispersionsfarbe, matt.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4 Wand
Anwendererweiterung: 8cm Generieren
Identifikator: E4 - 8cm - 2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.300
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	M4 111.111	1x Tiefgrun	1.000		nein	nein
3	E4 145.122	Mauerdicke	1.000		ja	nein
4	E4 247.222	Plattendicke	1.000		ja	nein
5	E4 243.123	Mauerdicke	1.000		ja	nein
6	Aussen				nein	
7	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
8						
9						
10						

Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Tragende Aussenwand mit Einstein- und Verbandmauerwerk MK aus Kalksandstein.
Mauerwerk ohne besondere Eigenschaften.
Wandhöhe cm 151 bis 300.
Mauerdicke cm 15.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4 Wand
Anwendererweiterung: 8cm Generieren
Identifikator: E4 - 8cm - 2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.300
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	M4 111.111	1x Tiefgrun	1.000		nein	nein
3	E4 145.122	Mauerdicke	1.000		ja	nein
4	E4 247.222	Plattendicke	1.000		ja	nein
5	E4 243.123	Mauerdicke	1.000		ja	nein
6		Aussen			nein	
7	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
8						
9						
10						

Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Wärme- und Schalldämmung bei Mehrschalenkonstruktionen mit Anpassung der Dämmplatte an Konstruktionsdurchdringungen. Dämmplatten auf Wände geklebt oder mechanisch befestigt. Steinwollplatte. Rohdichte kg/m3 60. Plattendicke mm 80.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4 Wand
Anwendererweiterung: 8cm Generieren
Identifikator: E4 - 8cm - 2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.300
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

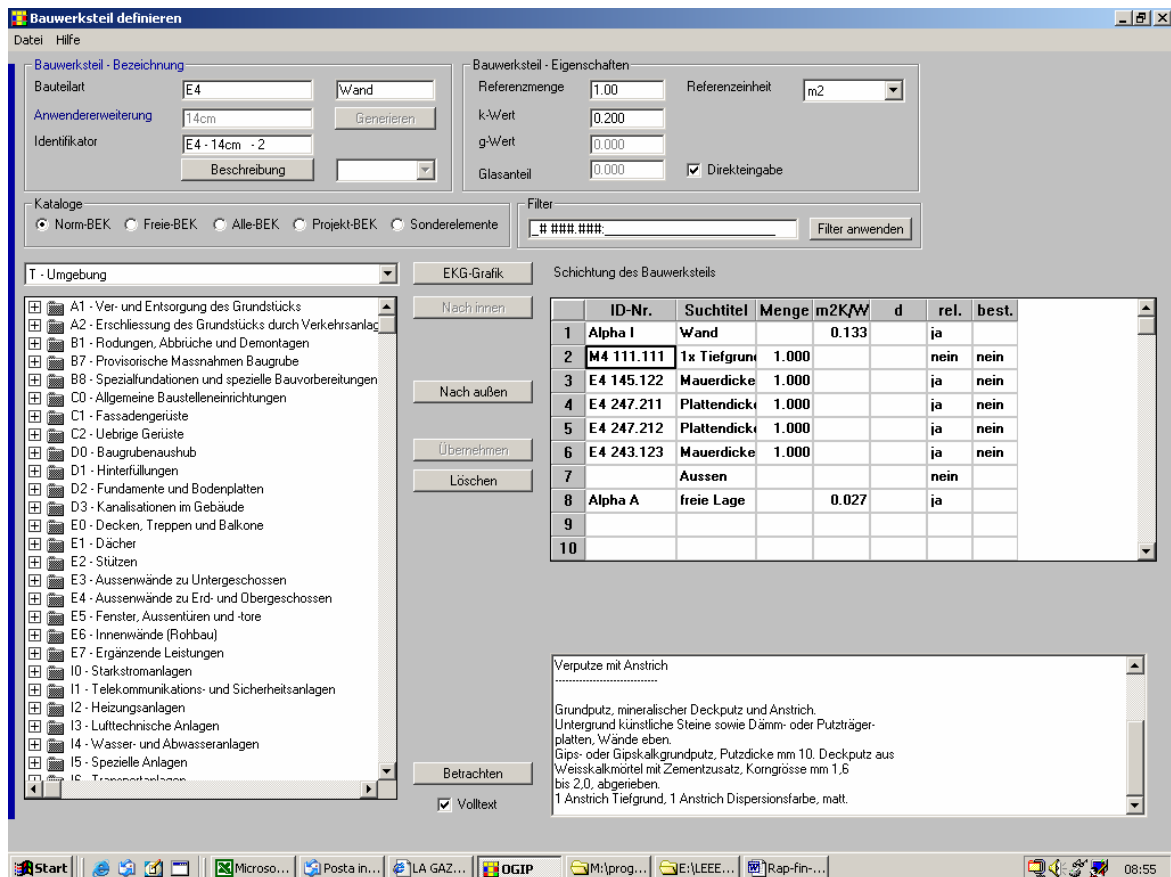
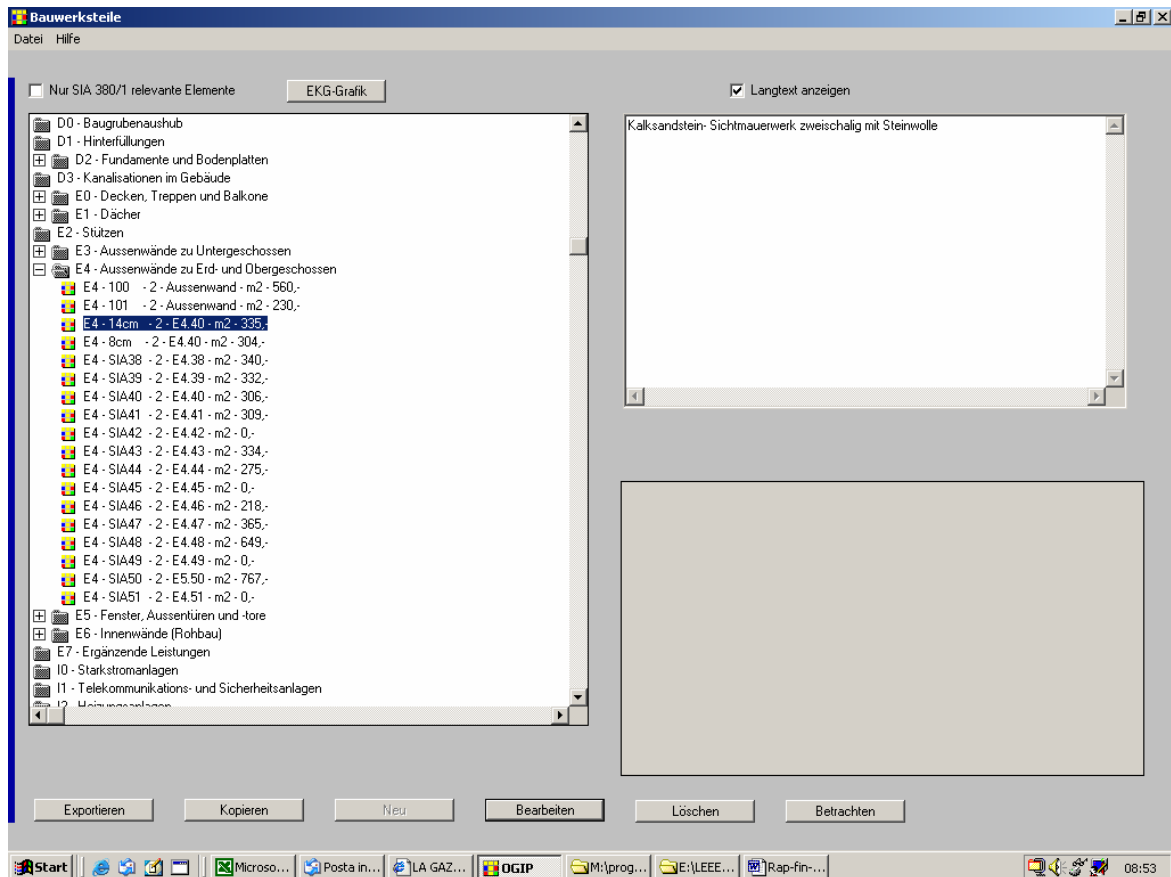
Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	M4 111.111	1x Tiefgrun	1.000		nein	nein
3	E4 145.122	Mauerdicke	1.000		ja	nein
4	E4 247.222	Plattendicke	1.000		ja	nein
5	E4 243.123	Mauerdicke	1.000		ja	nein
6		Aussen			nein	
7	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
8						
9						
10						

Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Nichttragende Aussenwand mit Einsteinaußenwand MK aus Kalksandstein. Mauerwerk ohne besondere Eigenschaften, mit Verankerung. Wandhöhe cm 151 bis 300. Mauerdicke cm 15.

E4 – 14cm – *parete esterna PT, 1° e 2° piano (caso reale)*



Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4 Wand
Anwendererweiterung: 14cm Generieren
Identifikator: E4 - 14cm - 2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.200
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	M4 111.111	1x Tiefgrun	1.000		nein	nein
3	E4 145.122	Mauerdicke	1.000		ja	nein
4	E4 247.211	Plattendicke	1.000		ja	nein
5	E4 247.212	Plattendicke	1.000		ja	nein
6	E4 243.123	Mauerdicke	1.000		ja	nein
7		Aussen			nein	
8	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
9						
10						

Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Tragende Aussenwand mit Einstei- und Verbandmauerwerk MK aus Kalksandstein.
Mauerwerk ohne besondere Eigenschaften.
Wandhöhe cm 151 bis 300.
Mauerdicke cm 15.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4 Wand
Anwendererweiterung: 14cm Generieren
Identifikator: E4 - 14cm - 2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.200
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	M4 111.111	1x Tiefgrun	1.000		nein	nein
3	E4 145.122	Mauerdicke	1.000		ja	nein
4	E4 247.211	Plattendicke	1.000		ja	nein
5	E4 247.212	Plattendicke	1.000		ja	nein
6	E4 243.123	Mauerdicke	1.000		ja	nein
7		Aussen			nein	
8	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
9						
10						

Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Wärme- und Schalldämmung bei Mehrschalenkonstruktionen mit Anpassung der Dämmplatte an Konstruktionsdurchdringungen.
Dämmplatten auf Wände geklebt oder mechanisch befestigt.
Expandierte Polystyrol-Schaumstoffplatte. Rohdichte kg/m3 20.
Plattendicke mm 60.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4 Wand
Anwendererweiterung: 14cm Generieren
Identifikator: E4-14cm -2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.200
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	M4 111.111	1x Tiefgrun	1.000		nein	nein
3	E4 145.122	Mauerdicke	1.000		ja	nein
4	E4 247.211	Plattendicke	1.000		ja	nein
5	E4 247.212	Plattendicke	1.000		ja	nein
6	E4 243.123	Mauerdicke	1.000		ja	nein
7		Aussen			nein	
8	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
9						
10						

Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Wärme- und Schalldämmung bei Mehrschalenkonstruktionen mit Anpassung der Dämmplatte an Konstruktionsdurchdringungen. Dämmplatten auf Wände geklebt oder mechanisch befestigt. Expandierte Polystyrol-Schaumstoffplatte. Rohdichte kg/m3 20. Plattendicke mm 80.

Bauwerksteil definieren

Datei Hilfe

Bauwerksteil - Bezeichnung

Bauteilart: E4 Wand
Anwendererweiterung: 14cm Generieren
Identifikator: E4-14cm -2 Beschreibung

Bauwerksteil - Eigenschaften

Referenzmenge: 1.00 Referenzeinheit: m2
k-Wert: 0.200
g-Wert: 0.000
Glasanteil: 0.000 ☒ Direkteingabe

Kataloge

☒ Norm-BEK ☐ Freie-BEK ☐ Alle-BEK ☐ Projekt-BEK ☐ Sonderelemente

Filter: # ### ### Filter anwenden

T - Umgebung

EKG-Grafik

Nach innen

Nach außen

Übernehmen

Löschen

Betrachten

☒ Volltext

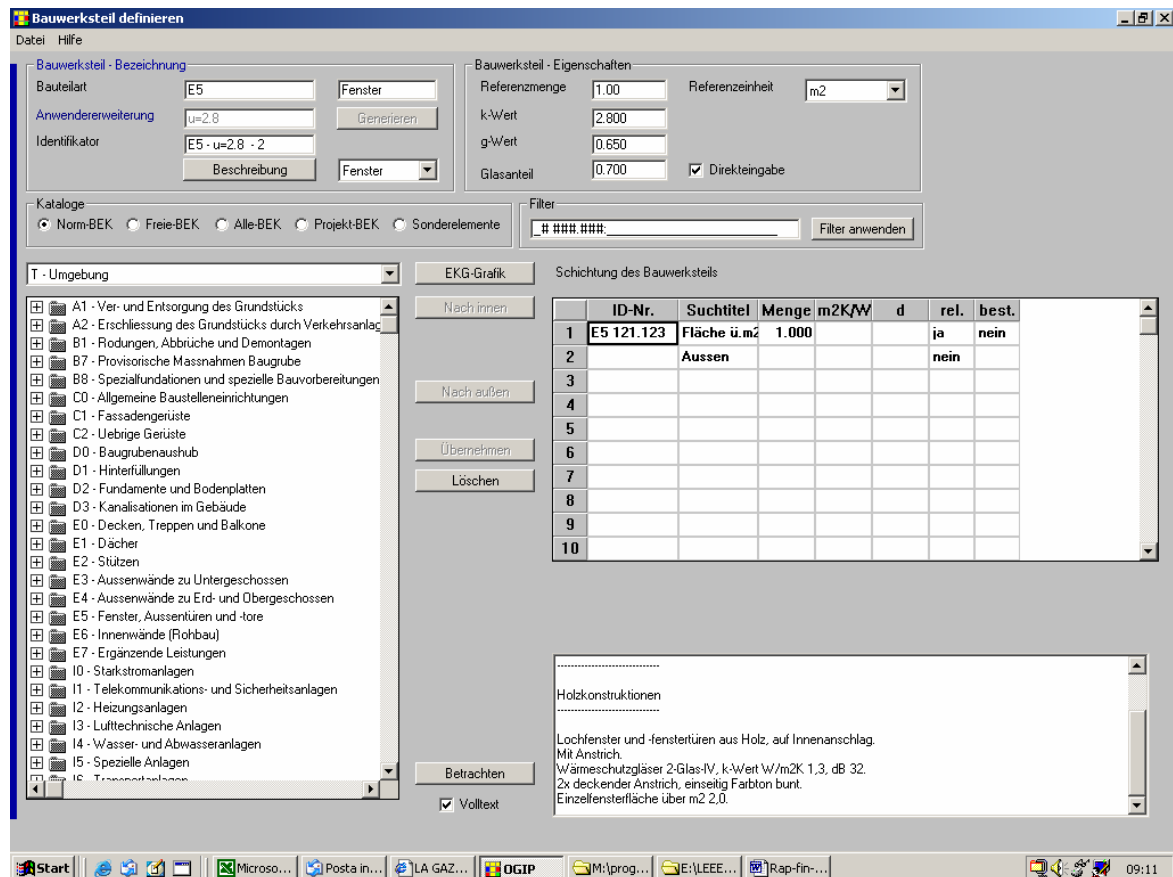
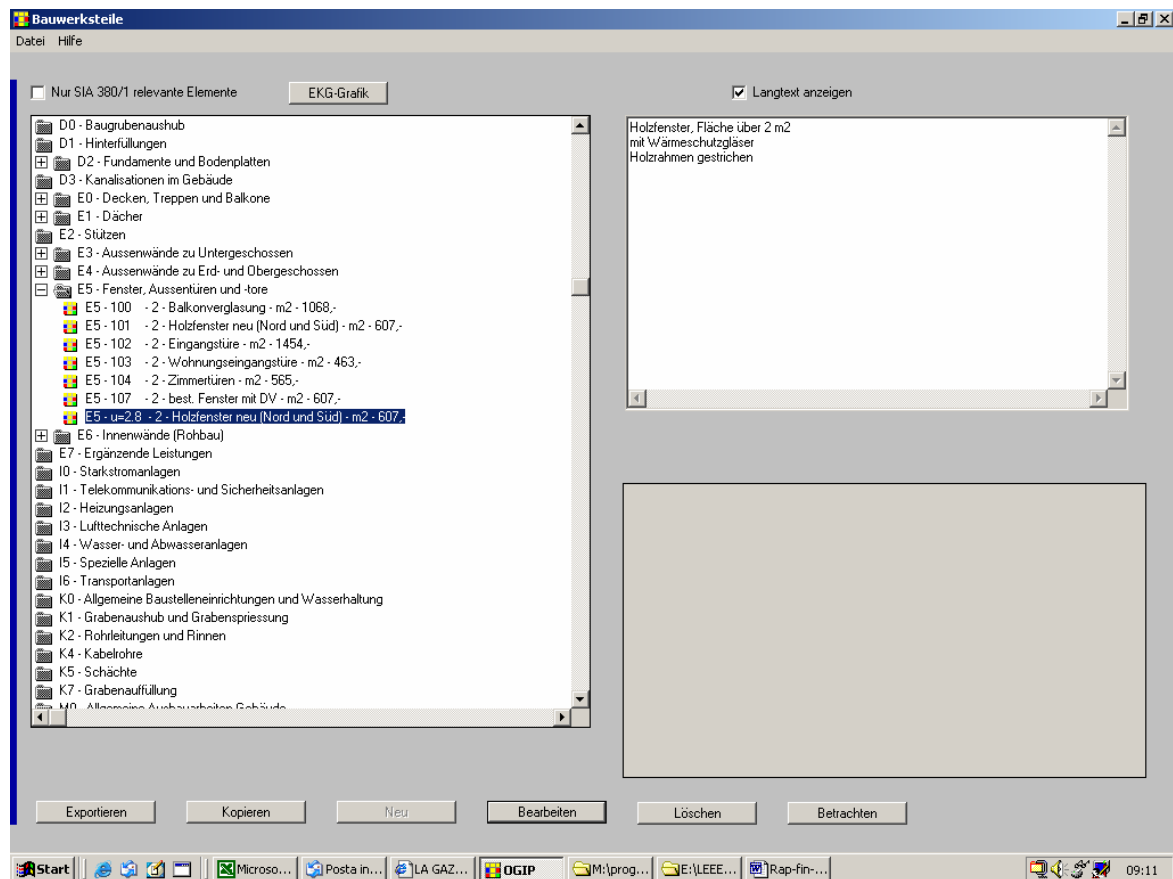
Schichtung des Bauwerksteils

ID-Nr.	Suchtitel	Menge	m2K/W	d	rel.	best.
1	Alpha I	Wand	0.133		ja	
2	M4 111.111	1x Tiefgrun	1.000		nein	nein
3	E4 145.122	Mauerdicke	1.000		ja	nein
4	E4 247.211	Plattendicke	1.000		ja	nein
5	E4 247.212	Plattendicke	1.000		ja	nein
6	E4 243.123	Mauerdicke	1.000		ja	nein
7		Aussen			nein	
8	Alpha A	freie Lage	0.027		ja	
9						
10						

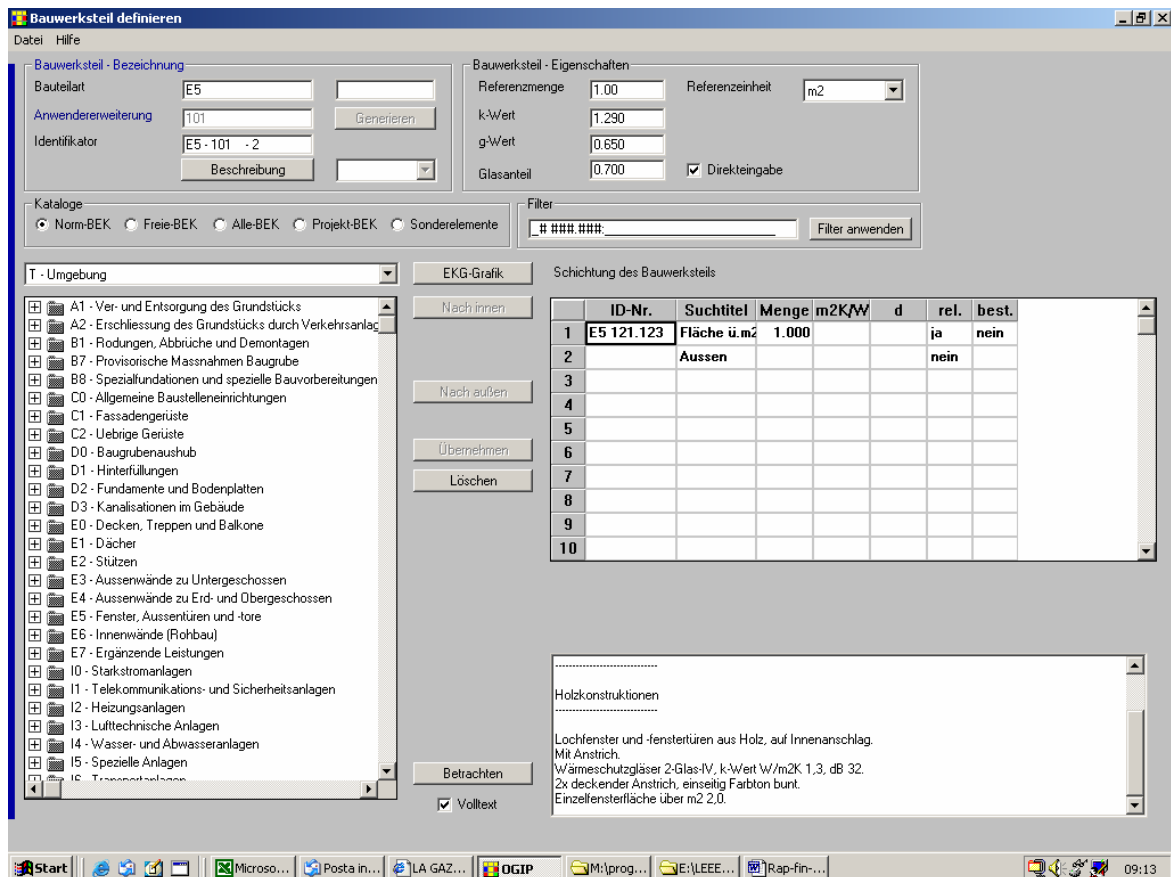
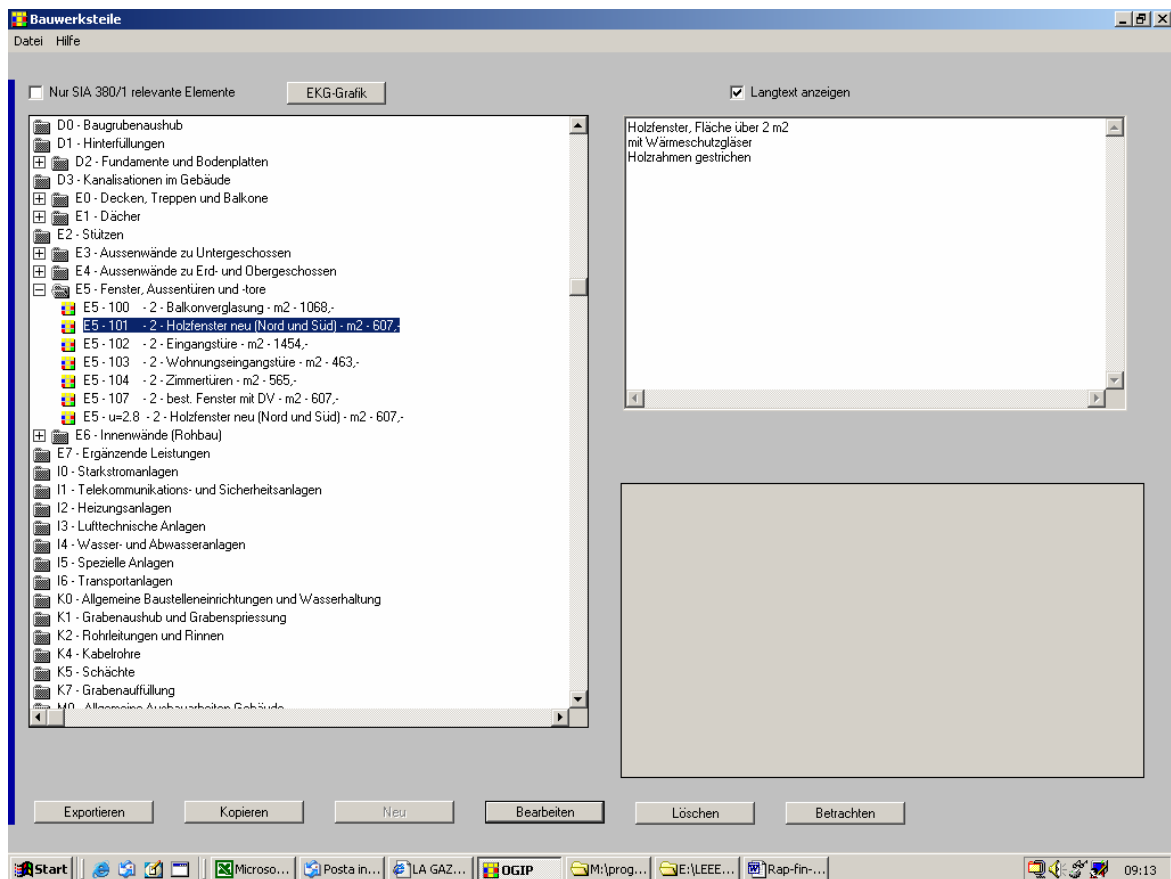
Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Nichttragende Aussenwand mit Einsteinsmauerwerk MK aus Kalksandstein. Mauerwerk ohne besondere Eigenschaften, mit Verankerung. Wandhöhe cm 151 bis 300. Mauerdicke cm 15.

E5 – u=2.8 – *finestre (caso standard)*



E5 – 101 – *finestre (caso reale)*



A3.3 Risultati analisi OGIP – caso standard ↔ caso reale

Nelle tabelle seguenti sono valutati i singoli elementi elencati in precedenza per il caso standard ed il caso reale. Sono riportati i risultati per i costi di costruzione e quelli per il funzionamento.

Risultati analisi del caso standard

OGIP® casa Vitali / Velti - caso standard									
assolut									
	direkte Kosten Bau	externe Kosten Bau	UBP Bau	Primärenergie Bau	direkte Kosten Betrieb	externe Kosten Betrieb	UBP Betrieb	Primärenergie Betrieb	
	[CHF]	[CHF]	[UBP]	[MJ]	[CHF]	[CHF]	[UBP]	[MJ]	
Beheizen/Belüften/Beleuchten	0	0	0	0	466'761	108'133	919'695'193	33'967'056	
E0 1 Decken	101'891	3'738	41'648'224	482'825	0	1'611	244'641	2'258	
E1 2 Tragwerke Flachdach	23'364	1'736	17'558'953	219'288	0	914	95'130	881	
E1 5 Flachdachbeläge	51'447	2'033	14'948'467	387'734	102'895	4'191	32'526'593	781'784	
E4 1 Aussenwände tragend	44'043	1'587	11'288'939	161'706	0	20	80'929	908	
E4 2 Aussenwände nichttragend	69'348	3'725	26'126'651	433'402	0	2'987	200'060	1'630	
E4 3 Verputze aussen, Anstriche	795	28	213'215	1'791	1'590	57	432'496	3'603	
E5 1 Fenster, Fenstertüren	62'244	2'136	8'901'015	245'457	124'488	5'694	19'972'633	506'515	
E6 3 Innenwände: Dämmungen	2'705	391	2'757'750	50'213	0	527	21'421	131	
M3 1 Unterlagsböden	17'000	2'045	8'505'806	102'024	33'999	4'120	17'148'952	205'590	
M3 6 Holzbodenbeläge	79'229	249	1'487'788	63'976	79'229	326	2'840'930	67'763	
M4 1 Wandbekl.: Verputze, Anstriche	14'880	158	3'330'397	13'785	14'880	163	3'355'047	13'904	
M5 1 Deckenbekl.: Verputze, Anstriche	20'605	283	2'639'854	19'513	41'210	570	5'764'838	39'224	
TOTAL, Lebenszyklus, 80 Jahre	487'550	18'109	139'607'058	2'181'714	865'051	129'314	1'002'378'863	35'591'246	
TOTAL pro Jahr	6'094.4	226.4	1'745'088.2	27'271.4	10'813.1	1'616.4	12'529'735.8	444'890.6	

Risultati analisi del caso reale

OGIP® casa Vitali / Velti - caso reale									
assolut									
	direkte Kosten Bau	externe Kosten Bau	UBP Bau	Primärenergie Bau	direkte Kosten Betrieb	externe Kosten Betrieb	UBP Betrieb	Primärenergie Betrieb	
	[CHF]	[CHF]	[UBP]	[MJ]	[CHF]	[CHF]	[UBP]	[MJ]	
Beheizen/Belüften/Beleuchten	0	0	0	0	376'021	89'495	738'712'943	25'454'717	
E0 1 Decken	101'891	3'738	41'648'224	482'825	0	1'611	244'641	2'258	
E1 2 Tragwerke Flachdach	23'364	1'736	17'558'953	219'288	0	914	95'130	881	
E1 4 Dachdeckungen, -bekleidungen	17'979	1'153	2'919'707	99'242	17'979	1'186	4'055'234	100'536	
E1 5 Flachdachbeläge	51'447	2'033	14'948'467	387'734	102'895	4'191	32'526'593	781'784	
E4 1 Aussenwände tragend	44'043	1'587	11'288'939	161'706	0	20	80'929	908	
E4 2 Aussenwände nichttragend	82'012	1'616	12'228'563	203'287	0	23	158'935	982	
E4 3 Verputze aussen, Anstriche	795	28	213'215	1'791	1'590	57	432'496	3'603	
E5 1 Fenster, Fenstertüren	80'818	2'136	8'901'015	245'457	161'636	5'694	19'972'633	506'515	
E6 3 Innenwände: Dämmungen	2'705	391	2'757'750	50'213	0	527	21'421	131	
M3 6 Holzbodenbeläge	79'229	249	1'487'788	63'976	79'229	326	2'840'930	67'763	
M4 1 Wandbekl.: Verputze, Anstriche	14'880	158	3'330'397	13'785	14'880	163	3'355'047	13'904	
M5 1 Deckenbekl.: Verputze, Anstriche	20'605	283	2'639'854	19'513	41'210	570	5'764'838	39'224	
TOTAL, Lebenszyklus, 80 Jahre	519'768	15'108	120'122'870	1'948'817	795'438	104'778	808'261'770	26'973'206	
TOTAL pro Jahr	6'497.1	188.8	1'501'535.9	24'360.2	9'943.0	1'309.7	10'103'272.1	337'165.1	

Allegato 4: Analisi con ECONOCAL

The „Vitali-Velti“ house

1. Informazioni concernenti il progetto

C:\ECONOCAL\PROGETTI\velti.pro

Committente:	Nome	VITALI-VELTI
	Via/casella postale	EL CUNVENT
	CAP/luogo	6513 MONTE CARASSO

Oggetto:	Designazione	CASE VITALI-VELTI
	Via/casella postale	EL CUNVENT
	CAP/luogo	6513 MONTE CARASSO

Disposizione elaborata dei compiti:	Confronto fra realizzazione e ipotesi convenzionali
--	---

Ditta esecutrice:	Nome	ALDO VELTI - ARCHITETTURA E AMBIENTE
	Via/casella postale	VIALE STAZIONE 31
	CAP/luogo	6500 BELLINZONA
	Tel./Fax	091 825 57 71
	Elaborazione	Aldo Velti
	N./designazione progetto	mar.02
	Data di elaborazione	03.04.02
	Nome del file	N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

2. Dati fondamentali

N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Periodo d'esame:

Periodo d'esame:	20 anni
------------------	---------

Interesse:

Tasso d'inflazione:	2.5%	Interesse:	5.5%
Interesse reale:	3.0%		

Aumento dei costi di cura e di manutenzione:

Aumento reale dei costi C+M:	1.0%	Nominale	3.5%
------------------------------	------	----------	------

Energia: prezzi, supplementi calcolati dei prezzi dell'energia (SCPE) ed aumento dei costi dell'energia

Vettori energetici	Prezzo dell'energia [ct./kWh]	Suppl. calc. prezzi energia [ct./kWh]	Aumento annuo dei costi dell'energia	
			Reale	Nominale
Elettricità tariffa alta (TA) invernale	21	4	1.0%	3.5%
Elettricità tariffa bassa (TB) invernale	13	4	1.0%	3.5%
Elettricità tariffa alta (TA) estiva	17	4	1.0%	3.5%
Elettricità tariffa bassa (TB) estiva	10	4	1.0%	3.5%
Gasolio EL	4	4.5	2.0%	4.5%
Gas naturale	5	3	1.5%	4.0%
Legna	7	1.5	1.0%	3.5%
				2.5%
				2.5%
				2.5%
				2.5%

Imposte: reddito, sostanza

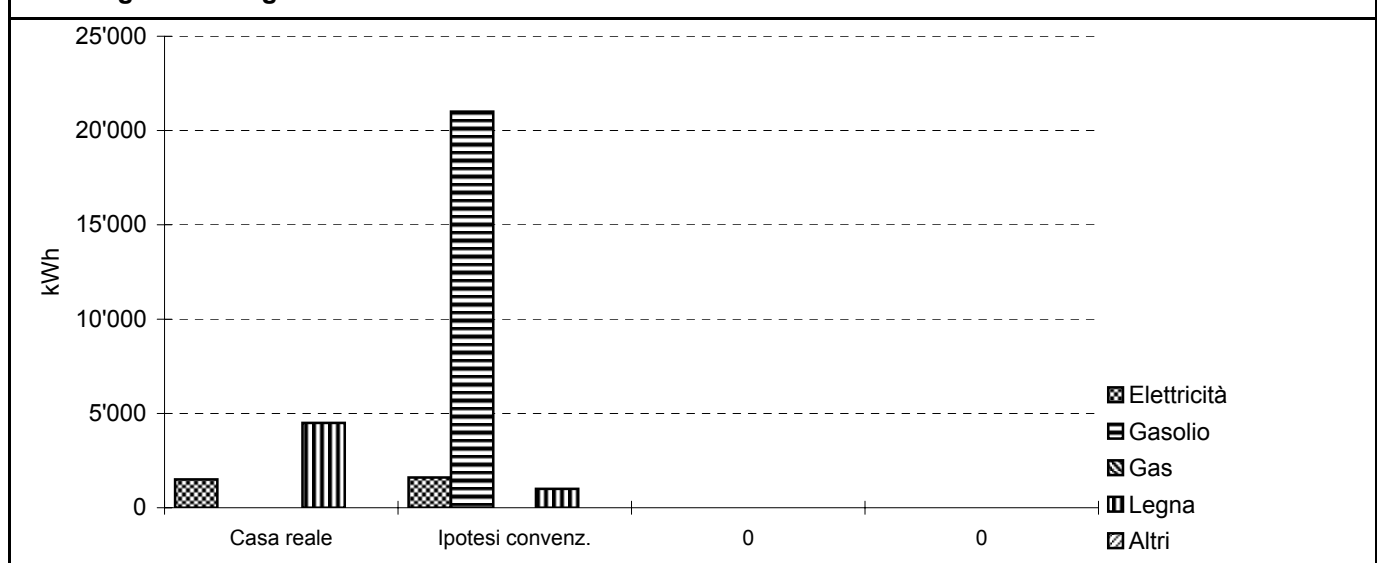
	Reddito	Sostanza
Onere fiscale marginale del cantone (imposte canton., comun., di culto)		
Onere fiscale marginale della Confederazione (imposta federale diretta)		
Onere fiscale marginale (imposte federali, cantonali, comunali, di culto)		

3. Paragoni tra le varianti

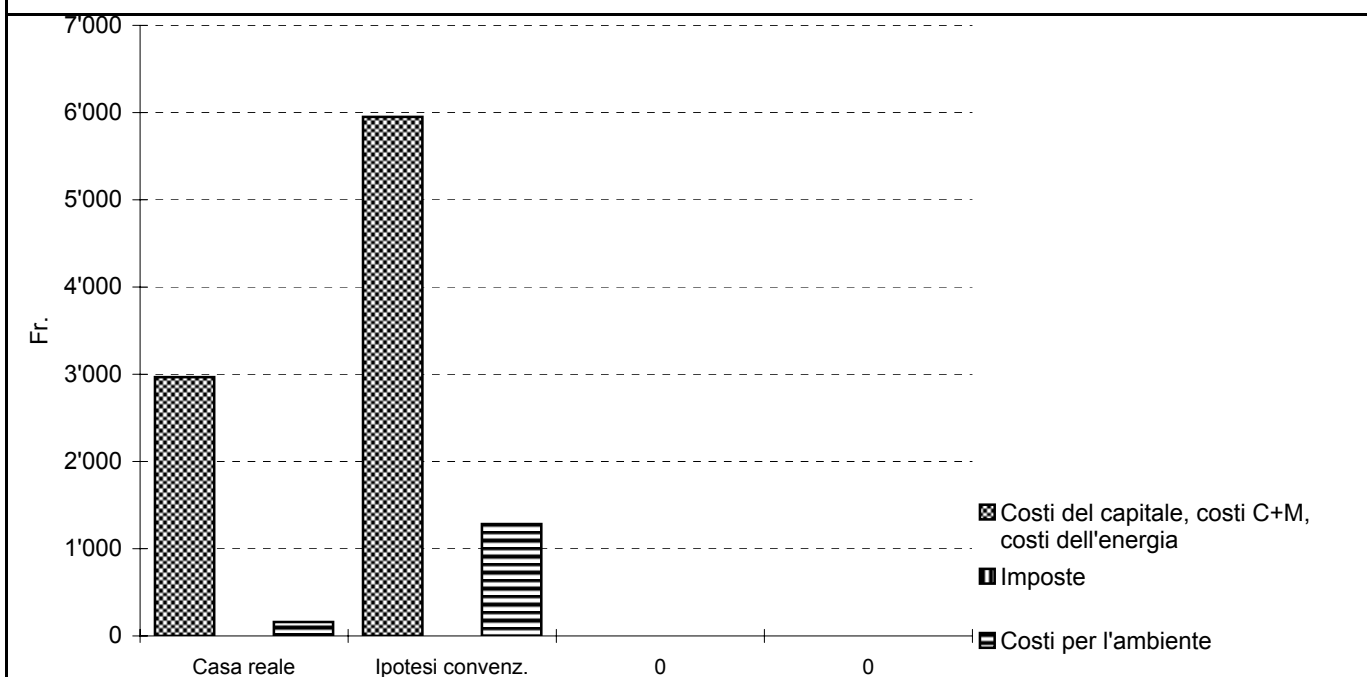
N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Designazione della variante	Casa reale	Ipotesi convenz.		
Descrizione della variante				
Produzione di energia [kWh]				
Calore (energia utile)				
Elettricità (energia utile)				
Investimenti [Fr.]	31'620	47'300	0	0
Sussidi [Fr.]	0	0	0	0
Risparmio unico sulle imposte	0	0	0	0
Costi annui medi [Fr.]				
Costi del capitale (dedotti i sussidi)	2'045	3'283		
Costi di cura e di manutenzione	165	950		
Costi dell'energia	757	1'716		
Costi per l'ambiente	160	1'283		
Imposte				
Totale	3'127	7'233	0	0
Costi di produzione [ct./kWh]				
Costi di produzione del calore				
Costi di produzione dell'elettricità				

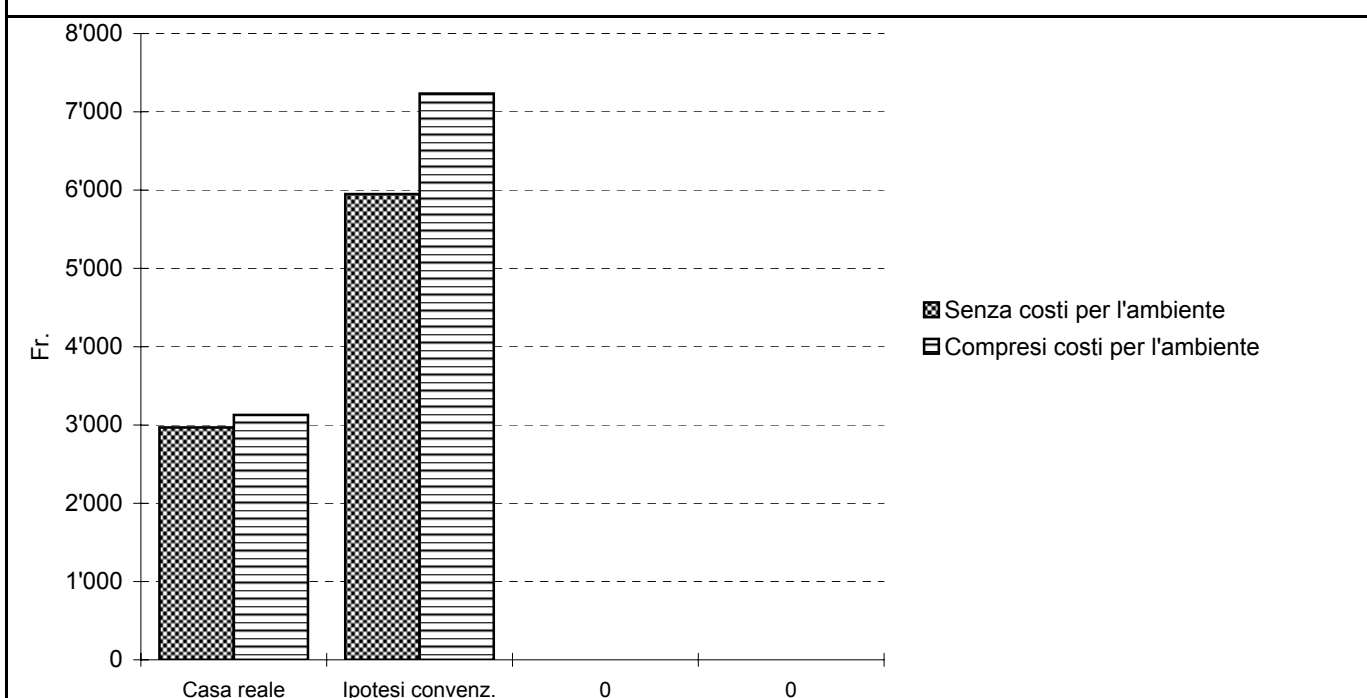
Fabbisogno di energia finale



Costi annui medi



Costi annui medi totali



3.1 Variante 1: Casa reale

N:\EEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Costi annui medi del capitale

Quota d'investimento		Spese d'investimento [Fr.]	Durata media di utilizzazione [anni]	Fattore di annualità tenendo conto degli investimenti reali	Costi annui medi del capitale [Fr.]
PCC	Designazione				
	Sussidi				
21 / 22	Trasformazione 1+2	9'500	76	0.06	536
23	Impianti elettrici	120	40	0.06	7
24	Impianti RVCR	7'000	35	0.06	455
25	Impianti sanitari	10'000	25	0.07	745
29	Onorari	5'000	46	0.06	301
	Altri				
Totale		31'620	46	0.06	2'045

Costi annui medi di cura e di manutenzione

Quota d'investimento		Costi di cura e di manutenzione odierni [Fr.]	in % degli investimenti	Costi annui medi di cura e di manutenzione [Fr.]
PCC	Designazione			
21 / 22	Trasformazione 1+2			
23	Impianti elettrici			
24	Impianti RVCR	20	0%	28
25	Impianti sanitari	100	1%	138
	Altri			
Totale		120		165

Costi annui medi dell'energia

Vettori energetici	Fabbisogno di energia finale [kWh]	Costi odierni annui dell'energia [Fr.]	Coefficiente del valore medio	Costi annui medi dell'energia [Fr.]
Elettricità	1'500	235	1.38	324
Gasolio EL				
Gas naturale				
Legna	4'500	315	1.38	434
Totale	6'000	550	1.38	757

Costi annui medi per l'ambiente

Vettori energetici	Fabbisogno di energia finale [kWh]	Costi odierni annui per l'ambiente [Fr.]	Coefficiente del valore medio	Costi annui medi per l'ambiente [Fr.]
Elettricità	1'500	60	1.38	75
Gasolio EL				
Gas naturale				
Legna	4'500	68	1.38	85
Totale	6'000	128	1.38	160

Variazione annua delle imposte

Imposta sul reddito [Fr.]	
Imposta sulla sostanza [Fr.]	
Totale	

Totale dei costi annui

	Costi annui attuali (1° anno d'esercizio) [Fr.]	Costi annui medi [Fr.]	
Costi del capitale	2'045	2'045	65%
Costi di cura e di manutenzione	120	165	5%
Costi dell'energia	550	757	24%
Costi per l'ambiente	128	160	5%
Variazione annua delle imposte			
Totale	2'842	3'127	100%

3.1.1 Investimenti: Casa reale

N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Tasso d'interesse del capitale:

5.5%

Periodo d'esame:

20 anni

PCC / TCP	Designazione	Investimento [Fr.]	Durata di utilizz. [anni]	Fatt. di annualità*)	Costi medi annui [Fr.]
Totale dei sussidi:			46		
21/22	Trasformazione 1+2				
	Isolamento termico supplementare	2'500	80	0.056	139
	Vetri	1'000	40	0.062	62
	Tagli punti termici	6'000	80	0.056	335
23	Impianti elettrici				
	Radiatore elettrico	120	40	0.062	7
24	Impianti RVCR				
	Ventilazione controllata	7'000	35	0.065	455
25	Impianti sanitari				
	Solare	10'000	25	0.075	745
29	Onorari				
	Architetto	5'000	46	0.060	301
	Altri				
1.					
2.					
3.					
4.					
Totale		31'620	46	0.065	2'045

*) Calcolo dei fattori di annualità tenendo conto degli investimenti reali

3.1.2 Costi di cura e di manutenzione Casa reale

N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Aumento dei costi C+M:

3.5%

Periodo d'esame:

20 anni

Coefficiente del valore medio:

1.38

Investimento:			Costi di cura e manutenzione			Costi annui medi
PCC	Designazione	Importo [Fr.]	% investim.	Importo [Fr.]	Totale [Fr.]	C + M [Fr.]
21 / 22	Trasformazione 1+2					
	Isolamento termico supplementare	2'500				
	Vetri	1'000				
	Tagli punti termici	6'000				
23	Impianti elettrici					
	Radiatore elettrico	120				
24	Impianti RVCR					
	Ventilazione controllata	7'000		20	20	28
25	Impianti sanitari					
	Solare	10'000		100	100	138
1.	Altri					
2.						
3.						
4.						
Totale					120	165

3.1.3 Costi per l'energia e per l'ambiente Casa reale

N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Costi dell'energia

Vettori energetici	Fabbisogno di energia finale [kWh]	Tasse fisse e sulla potenza [Fr./anno]	Prezzo dell'energia [ct./kWh]	Costi odierni annui dell'energia [Fr.]	Coefficiente del valore medio	Costi odierni medi dell'energia [Fr.]
Elettricità tariffa alta (TA) invernale	500		21.0	105	1.38	145
Elettricità tariffa bassa (TB) invernale	1'000		13.0	130	1.38	179
Elettricità tariffa alta (TA) estiva			17.0		1.38	
Elettricità tariffa bassa (TB) estiva			10.0		1.38	
Gasolio EL			4.0		1.52	
Gas naturale			5.0		1.44	
Legna	4'500		7.0	315	1.38	434
					1.25	
					1.25	
					1.25	
					1.25	
Costi totali dell'energia	6'000			550	1.38	757

Costi per l'ambiente

Vettore energetico	Fabbisogno di energia finale [kWh]	supplementi calcolati dei prezzi dell'energia (SCPE) [ct./kWh]	Costi annui odierni per l'ambiente [Fr.]	Coefficiente del valore medio	Costi annui medi per l'ambiente [Fr.]
Elettricità tariffa alta (TA) invernale	500	4.0	20	1.25	25
Elettricità tariffa bassa (TB) invernale	1'000	4.0	40	1.25	50
Elettricità tariffa alta (TA) estiva		4.0		1.25	
Elettricità tariffa bassa (TB) estiva		4.0		1.25	
Gasolio EL		4.5		1.25	
Gas naturale		3.0		1.25	
Legna	4'500	1.5	68	1.25	85
				1.25	
				1.25	
				1.25	
				1.25	
Totale dei costi per l'ambiente	6'000		128	1.25	160

3.1.4 Variazione annua delle imposte

Casa reale

N:\EEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

	Reddito	Sostanza
Onere fiscale marginale del cantone (imposte canton., comun., di culto)		
Onere fiscale marginale della Confederazione (imposta federale diretta)		
Totale onere fiscale marginale:		

Deduzione fiscale unica sull'imposta sul reddito

Quota d'investimento	Investimento netto (dedotti i sussidi) [Fr.]	Quota dedotta cantone	Quota dedotta Confederazione	Deduzione fiscale unica [Fr.]	Annualità	Variazione annua dell'imposta sul reddito [Fr.]
PCC Designazione						
21 / 22 Trasformazione 1+2	9'500				0.06	
23 Impianti elettrici	120				0.06	
24 Impianti RVCR	7'000				0.06	
25 Impianti sanitari	10'000				0.07	
29 Onorari	5'000				0.06	
Altri						
Totale						

Variazione annua dell'imposta sulla sostanza

Quota d'investimento	Investimento netto (dedotti i sussidi) [Fr.]	Aumento del valore fiscale / valore ufficiale della proprietà [Fr.]	Aumento dei debiti / diminuzione dei capitali investiti [Fr.]	Variazione della sostanza imponibile [Fr.]	Onere fiscale marginale sostanza	Variazione annua dell'imposta sulla sostanza [Fr.]
PCC Designazione						
21 / 22 Trasformazione 1+2	9'500		9'500	-9'500		
23 Impianti elettrici	120		120	-120		
24 Impianti RVCR	7'000		7'000	-7'000		
25 Impianti sanitari	10'000		10'000	-10'000		
29 Onorari	5'000		5'000	-5'000		
Altri						
Totale						

Variazione annua dell'imposta sul reddito

Quota d'investimento	Aumento del valore locativo / gettito dei canoni di locazione [Fr.]	Aumento interessi passivi/diminu- zione reddito del capitale Interesse=5.5%	Variazione del reddito imponibile [Fr.]	Onere fiscale marginale reddito	Variazione annua dell'imposta sul reddito [Fr.]
PCC Designazione					
21 / 22 Trasformazione 1+2		523	-523		
23 Impianti elettrici		7	-7		
24 Impianti RVCR		385	-385		
25 Impianti sanitari		550	-550		
29 Onorari		275	-275		
Altri					
Totale					

3.2 Variante 2: Ipotesi convenz.

N:\EEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Costi annui medi del capitale

Quota d'investimento		Spese d'investimento [Fr.]	Durata media di utilizzazione [anni]	Fattore di annualità tenendo conto degli investimenti reali	Costi annui medi del capitale [Fr.]
PCC	Designazione				
	Sussidi				
21 / 22	Trasformazione 1+2	15'000	80	0.06	837
23	Impianti elettrici				
24	Impianti RVCR	28'000	34	0.08	2'193
25	Impianti sanitari				
29	Onorari	4'300	50	0.06	254
	Altri				
Totale		47'300	50	0.07	3'283

Costi annui medi di cura e di manutenzione

Quota d'investimento		Costi di cura e di manutenzione odierni [Fr.]	in % degli investimenti	Costi annui medi di cura e di manutenzione [Fr.]
PCC	Designazione			
21 / 22	Trasformazione 1+2	150	1%	207
23	Impianti elettrici			
24	Impianti RVCR	540	2%	744
25	Impianti sanitari			
	Altri			
Totale		690		950

Costi annui medi dell'energia

Vettori energetici	Fabbisogno di energia finale [kWh]	Costi odierni annui dell'energia [Fr.]	Coefficiente del valore medio	Costi annui medi dell'energia [Fr.]
Elettricità	1'600	251	1.38	346
Gasolio EL	21'000	840	1.52	1'274
Gas naturale				
Legna	1'000	70	1.38	96
Totale	23'600	1'161	1.48	1'716

Costi annui medi per l'ambiente

Vettori energetici	Fabbisogno di energia finale [kWh]	Costi odierni annui per l'ambiente [Fr.]	Coefficiente del valore medio	Costi annui medi per l'ambiente [Fr.]
Elettricità	1'600	64	1.38	80
Gasolio EL	21'000	945	1.52	1'184
Gas naturale				
Legna	1'000	15	1.38	19
Totale	23'600	1'024	1.48	1'283

Variazione annua delle imposte

Imposta sul reddito [Fr.]	
Imposta sulla sostanza [Fr.]	
Totale	

Totale dei costi annui

	Costi annui attuali (1° anno d'esercizio) [Fr.]	Costi annui medi [Fr.]	
Costi del capitale	3'283	3'283	45%
Costi di cura e di manutenzione	690	950	13%
Costi dell'energia	1'161	1'716	24%
Costi per l'ambiente	1'024	1'283	18%
Variazione annua delle imposte			
Totale	6'158	7'233	100%

3.2.1 Investimenti: Ipotesi convenz.

N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Tasso d'interesse del capitale:

5.5%

Periodo d'esame:

20 anni

PCC / TCP	Designazione	Investimento [Fr.]	Durata di utilizz. [anni]	Fatt. di annualità*)	Costi medi annui [Fr.]
Totale dei sussidi:			50		
21/22	Trasformazione 1+2				
	Locale tecnico	15'000	80	0.056	837
23	Impianti elettrici				
24	Impianti RVCR				
	Produzione del calore	10'000	15	0.107	1'068
	Canna fumaria	4'000	25	0.075	298
	Distribuzione del calore	14'000	50	0.059	827
25	Impianti sanitari				
29	Onorari				
	Architetto	4'300	50	0.059	254
	Altri				
1.					
2.					
3.					
4.					
Totale		47'300	50	0.069	3'283

*) Calcolo dei fattori di annualità tenendo conto degli investimenti reali

3.2.2 Costi di cura e di manutenzione Ipotesi convenz.

N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Aumento dei costi C+M:

3.5%

Periodo d'esame:

20 anni

Coefficiente del valore medio:

1.38

Investimento:			Costi di cura e manutenzione			Costi annui medi
PCC	Designazione	Importo [Fr.]	% investim.	Importo [Fr.]	Totale [Fr.]	C + M [Fr.]
21 / 22	Trasformazione 1+2 Locale tecnico	15'000	1%		150	207
23	Impianti elettrici					
24	Impianti RVCR Produzione del calore	10'000		300	300	413
	Canna fumaria	4'000		100	100	138
	Distribuzione del calore	14'000	1%		140	193
25	Impianti sanitari					
1.	Altri					
2.						
3.						
4.						
Totale					690	950

3.2.3 Costi per l'energia e per l'ambiente Ipotesi convenz.

N:\LEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

Costi dell'energia

Vettori energetici	Fabbisogno di energia finale [kWh]	Tasse fisse e sulla potenza [Fr./anno]	Prezzo dell'energia [ct./kWh]	Costi odierni annui dell'energia [Fr.]	Coefficiente del valore medio	Costi odierni medi dell'energia [Fr.]
Elettricità tariffa alta (TA) invernale	500		21.0	105	1.38	145
Elettricità tariffa bassa (TB) invernale	500		13.0	65	1.38	90
Elettricità tariffa alta (TA) estiva	300		17.0	51	1.38	70
Elettricità tariffa bassa (TB) estiva	300		10.0	30	1.38	41
Gasolio EL	21'000		4.0	840	1.52	1'274
Gas naturale			5.0		1.44	
Legna	1'000		7.0	70	1.38	96
					1.25	
					1.25	
					1.25	
					1.25	
Costi totali dell'energia	23'600			1'161	1.48	1'716

Costi per l'ambiente

Vettore energetico	Fabbisogno di energia finale [kWh]	supplementi calcolati dei prezzi dell'energia (SCPE) [ct./kWh]	Costi annui odierni per l'ambiente [Fr.]	Coefficiente del valore medio	Costi annui medi per l'ambiente [Fr.]
Elettricità tariffa alta (TA) invernale	500	4.0	20	1.25	25
Elettricità tariffa bassa (TB) invernale	500	4.0	20	1.25	25
Elettricità tariffa alta (TA) estiva	300	4.0	12	1.25	15
Elettricità tariffa bassa (TB) estiva	300	4.0	12	1.25	15
Gasolio EL	21'000	4.5	945	1.25	1'184
Gas naturale		3.0		1.25	
Legna	1'000	1.5	15	1.25	19
				1.25	
				1.25	
				1.25	
				1.25	
Totale dei costi per l'ambiente	23'600		1'024	1.25	1'283

3.2.4 Variazione annua delle imposte

Ipotesi convenz.

N:\EEEE-UREC\casa Vitali-Velti\calcoli\ECONOCAL\PROGETTI\veltinew.pro

	Reddito	Sostanza
Onere fiscale marginale del cantone (imposte canton., comun., di culto)		
Onere fiscale marginale della Confederazione (imposta federale diretta)		
Totale onere fiscale marginale:		

Deduzione fiscale unica sull'imposta sul reddito

Quota d'investimento	Investimento netto (dedotti i sussidi) [Fr.]	Quota dedotta cantone	Quota dedotta Confederazione	Deduzione fiscale unica [Fr.]	Annualità	Variazione annua dell'imposta sul reddito [Fr.]
PCC Designazione						
21 / 22 Trasformazione 1+2	15'000				0.06	
23 Impianti elettrici						
24 Impianti RVCR	28'000				0.07	
25 Impianti sanitari						
29 Onorari	4'300				0.06	
Altri						
Totale						

Variazione annua dell'imposta sulla sostanza

Quota d'investimento	Investimento netto (dedotti i sussidi) [Fr.]	Aumento del valore fiscale / valore ufficiale della proprietà [Fr.]	Aumento dei debiti / diminuzione dei capitali investiti [Fr.]	Variazione della sostanza imponibile [Fr.]	Onere fiscale marginale sostanza	Variazione annua dell'imposta sulla sostanza [Fr.]
PCC Designazione						
21 / 22 Trasformazione 1+2	15'000		15'000	-15'000		
23 Impianti elettrici						
24 Impianti RVCR	28'000		28'000	-28'000		
25 Impianti sanitari						
29 Onorari	4'300		4'300	-4'300		
Altri						
Totale						

Variazione annua dell'imposta sul reddito

Quota d'investimento	Aumento del valore locativo / gettito dei canoni di locazione [Fr.]	Aumento interessi passivi/diminu- zione reddito del capitale Interesse=5.5%	Variazione del reddito imponibile [Fr.]	Onere fiscale marginale reddito	Variazione annua dell'imposta sul reddito [Fr.]
PCC Designazione					
21 / 22 Trasformazione 1+2		825	-825		
23 Impianti elettrici					
24 Impianti RVCR		1'540	-1'540		
25 Impianti sanitari					
29 Onorari		237	-237		
Altri					
Totale					