



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Facoltà di Ingegneria

Laurea in Ingegneria Elettrotecnica

Tesi di Laurea

Ottimizzazione energetica nel settore degli edifici a servizio di infrastrutture

Optimizing energy efficiency in buildings to infrastructure service

Relatore: Ch.mo Prof. Ing. Lorenzo Fellin

Correlatore: Ing. Francesco Fellin Ph.D.

Studente: Moschetta Marco

Matricola: 575441

Anno Accademico 2010/2011

INDICE

1. INTRODUZIONE

- 1.1 Effetto serra naturale
- 1.2 Effetto serra antropico
- 1.3 Conseguenze
- 1.4 Gli scettici
- 1.5 Storia del Protocollo di Kyoto
- 1.6 Pacchetto clima energia: obiettivo 20/20/20
- 1.7 Ottimizzazione energetica nel settore degli edifici a servizio di infrastrutture

2. ANALISI SCENARIO AL CONTORNO

- 2.1 Analisi scenario al contorno
- 2.2 Dati geografici e climatici

3. DEFINIZIONE DELL'EDIFICIO STAZIONE

- 3.1 Definizione dell'edificio stazione
- 3.2 Edificio

4. OBIETTIVO EDIFICIO A RIDOTTO IMPATTO ENERGETICO

- 4.1 Misure di risparmio energetico

5. ANALISI SISTEMI DI ISOLAMENTO

- 5.1 Premessa
- 5.2 Pareti verso l'esterno
- 5.3 Pareti interne
- 5.4 Caratteristiche tecniche delle pareti interne
- 5.5 Chiuse trasparenti e vetrate
- 5.6 Coperture
- 5.7 Pavimenti

6. RIDUZIONE DEI PONTI TERMICI

- 6.1 Definizione
- 6.2 Descrizione sintetica della procedura di calcolo

7. IMPIANTO TERMICO

- 7.1 Teleriscaldamento a biomassa
- 7.2 Caldaia a condensazione
- 7.3 Pompa di calore
- 7.4 Sistema di ventilazione

8. SISTEMI ELETTRICI

8.1 Automazione di edificio (Building Automation)

9. IMPIANTO FOTOVOLTAICO E MINI IDROELETTRICO

9.1 Impianto fotovoltaico

9.2 Impianto mini idroelettrico

10. CONCLUSIONI

10.1 Riferimenti legislativi

10.2 Riferimenti bibliografici

10.3 Riferimenti internet

INTRODUZIONE

1.1 EFFETTO SERRA NATURALE

L'effetto serra naturale è fenomeno ben noto; il nome è stato coniato circa 200 anni fa e a stretto rigore non è del tutto appropriato all'evento a cui si riferisce. Si palesa col fatto che la temperatura media (nel tempo e nello spazio), in corrispondenza della superficie terrestre, è più alta di oltre 30 °C rispetto a quanto accadrebbe se l'atmosfera terrestre fosse completamente trasparente alla radiazione solare e termica infrarossa. Un'atmosfera trasparente non avrebbe alcun effetto sugli scambi di energia tra il Sole e la Terra, e tra questa e lo spazio interstellare; non giocherebbe cioè alcun ruolo negli scambi energetici esterni del pianeta.

Attraverso l'equazione sotto riportata si può descrivere il bilancio termico tra terra e volta celeste:

$$\bar{\alpha} \cdot C_s \cdot A_c = A \cdot \bar{\varepsilon} \cdot \sigma_n \cdot \hat{T}_s^{*4}$$

dove:

$\bar{\alpha} = 0,69$ coefficiente di assorbimento della superficie terrestre rispetto alla radiazione solare

$C_s = 1367 \text{ [W/m}^2\text{]}$ costante solare

A_c : area della sezione diametrale [m^2]

A : area della superficie terrestre [m^2]

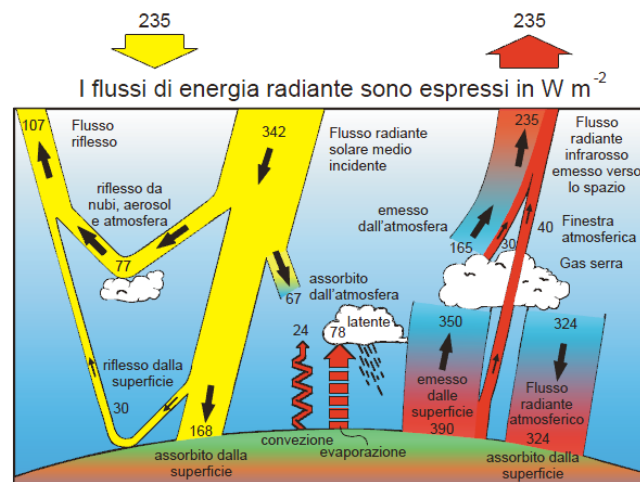
$\bar{\varepsilon} = 0,96$ emissività media globale emisferica della superficie terrestre

$\sigma_n = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ [W/(m}^2 \text{K}^4\text{)]}$ costante di radiazione di un corpo nero

T^{*4} : temperatura media della superficie terrestre [K]

Attraverso la formula sopra indicata si ottiene un valore di temperatura di 265 [K] ovvero -17 °C. In realtà le misurazioni mostrano un valore di temperatura media sulla superficie terrestre di +14°C. Questa discrepanza si deve appunto all'effetto serra naturale che rende non rigorosamente valida la formula sopra indicata che ipotizza l'atmosfera trasparente alla radiazione termica nell'intero campo di lunghezze d'onda interessato dalla radiazione solare.

L'atmosfera terrestre sarebbe conforme a questa ipotesi se fosse costituita solo dai suoi componenti fondamentali, cioè azoto e ossigeno. Ma altri componenti dell'atmosfera terrestre, alcuni presenti solo in tracce, di origine sia naturale che antropica, partecipano in maniera essenziale agli scambi termici radianti tra il Sole e la Terra e tra questa e lo spazio che la circonda. I gas di questo tipo presenti nell'atmosfera, detti gas "serra", sono il vapor d'acqua H₂O, l'anidride carbonica CO₂, l'ossido di azoto N₂O, l'ozono troposferico O₃, il metano CH₄, prodotti alogenati (quali i clorofluorocarburi CFC, gli idroclorofluorocarburi HCFC, gli idrofluorocarburi HFC), ed altri.



BILANCIO ENERGIA RADIANTE TERRA - SPAZIO

Fig. 1.1 "Bilancio energia radiante Terra – Spazio"

1.2 EFFETTO SERRA ANTROPICO

Sin dall'inizio dell'era industriale, ed in misura assai più marcata negli ultimi decenni, la concentrazione dei gas serra nell'atmosfera è notevolmente aumentata per effetto dell'attività umana. La Tabella 1.1 fornisce alcuni valori indicativi al proposito, con riferimento ad alcuni gas serra la cui concentrazione atmosferica è influenzata dall'attività umana. Il CFC-11 è il clorofluorocarburo R11, rappresentativo di quella famiglia di composti, i CFC appunto, completamente estranei all'ambiente naturale e prodotti per sintesi chimica a partire dagli anni 1930. Da allora sono stati estensivamente utilizzati nell'industria della refrigerazione quali fluidi operatori di ciclo, nell'industria degli isolanti termici quali agenti espandenti, nell'industria elettronica e ottica fine quali fluidi detergenti, e come propellenti per prodotti nebulizzati. A partire dagli anni '90 il loro uso è stato bandito (almeno nei paesi industrializzati), in quanto hanno effetto distruttivo sull'ozono stratosferico (protocollo di Montreal del 1987).

I sostituti sintetici dei prodotti CFC vengono ora principalmente ricercati tra i composti HFC (idrofluorocarburi), che, non contenendo cloro nella molecola, non hanno effetto distruttivo sull'ozono stratosferico. Anch'essi hanno peraltro caratteristiche di gas serra; il fluido HFC 23 è considerato nella Tabella 1.1 come tipico rappresentante di questa categoria di prodotti.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	HFC-23	CF ₄
Concentrazione preindustriale, ppmv	280	0,70	0,27	zero	zero	40 10 ⁻⁶
Concentrazione nel 1998, ppmv	365	1,745	0,314	268 10 ⁻⁶	14 10 ⁻⁶	80 10 ⁻⁶
Ritmo di variazione della concentrazione ^a , ppmv/anno	1,5	70 10 ⁻⁴	80 10 ⁻⁵	-1,4 10 ⁻⁶	0,55 10 ⁻⁶	1 10 ⁻⁶
Vita media atmosferica, anni	5-200	12	114	45	260	>50000

Tab. 1.1 "Effetto dell'attività umana sulla concentrazione atmosferica di alcuni gas serra (in ppmv: parti per milione in volume)"

Per quanto riguarda l'anidride carbonica (CO₂), è noto come la principale produzione antropica derivi dallo sfruttamento delle fonti fossili d'energia; altre attività umane che immettono nell'atmosfera anidride carbonica (come ad esempio la produzione del cemento), hanno influenza minima rispetto ai processi di combustione.

1.3 CONSEGUENZE

Vi è consenso pressoché unanime tra gli esperti che gli effetti della variazione del contenuto di gas serra nell'atmosfera potranno manifestarsi in tempi molto ritardati rispetto alle cause scatenanti e cioè con tempo di risposta anche di decine d'anni, a causa dell'effetto volano costituito soprattutto dalla capacità termica degli oceani nel pianeta.

Le previsioni sull'evoluzione futura della situazione climatica del nostro pianeta per effetto dei gas serra antropici sono impossibili in termini certi; si tratta di tentare di prevedere nel futuro il comportamento di un sistema globale complesso, caotico e non lineare dall'evidenza di tendenze di breve periodo. I modelli computerizzati del sistema climatico terrestre sono ancora inadeguati ad interpretare, con sufficiente grado di certezza, fenomeni tanto complessi e reciprocamente interagenti, con ancora scarsa possibilità di riscontro. E tutto ciò pur con l'impiego dei più potenti strumenti di calcolo oggi esistenti.

Si afferma che esistono ormai segni incontrovertibili sull'influenza dell'attività umana sul clima terrestre. I seguenti indizi vengono portati a sostegno di quest'affermazione:

- La superficie terrestre si è riscaldata di 0,6±0,2 °C nel corso del secolo appena passato.
- L'incremento di temperatura nel 20°/ secolo è stato probabilmente il più elevato di tutti i secoli dell'ultimo millennio.

- Il 1998 è stato l'anno più caldo dal 1861 (da quando si dispone di misure strumentali dirette della temperatura).
- Gli ultimi due decenni sono stati i più caldi del secolo scorso.
- I tre anni più caldi del secolo scorso sono compresi nell'ultimo decennio.
- I dodici anni più caldi del secolo scorso sono stati successivi al 1983.
- Le precipitazioni atmosferiche estreme cominciano ad interessare zone del mondo sinora immuni.
- Il livello medio dei mari aumenta (è cresciuto tra 0,1 e 0,2 m nell'ultimo secolo).
- I ghiacci nella zona artica si assottigliano.
- Gli eventi atmosferici estremi hanno incidenza crescente in alcune parti del mondo.

Le proiezioni sulla futura situazione climatica della Terra, sempre secondo il terzo rapporto IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), si possono così sintetizzare:

- La temperatura media globale della superficie terrestre aumenterà tra 1,4 e 5,8 °C nel periodo 1990-2100. Questa variazione di temperatura sarà maggiore di tutte le fluttuazioni naturali recenti, ed avrà luogo con velocità sensibilmente maggiore di quanto mai accaduto negli ultimi 10000 anni.
- Il livello medio dei mari aumenterà tra 9 e 88 cm nel periodo tra il 1990 e il 2100, per effetto dell'espansione termica dell'acqua e dello scioglimento del ghiaccio sulla terraferma.
- Vengono inoltre discusse una varietà di conseguenze dirette ed indirette di questi mutamenti climatici.

Secondo le proiezioni IPCC inoltre, per effetto della grande inerzia termica degli oceani, anche dopo un'eventuale stabilizzazione dei gas serra nell'atmosfera, la temperatura continuerà ad aumentare anche se a ritmo molto più contenuto, il livello dei mari continuerà a crescere per centinaia d'anni, ed i ghiacci continueranno il loro assestamento per migliaia d'anni.

1.4 GLI SCETTICI

Per completezza d'informazione bisogna precisare che esiste una corrente di pensiero, supportata anche da istituzioni scientifiche, che respinge le previsioni catastrofiche dell'IPCC sulle conseguenze dell'aumento di gas serra nell'atmosfera terrestre.

Non è questo il luogo per analizzare criticamente in modo analitico le numerose obiezioni sollevate ai metodi di approccio del problema da parte di IPCC ed alle deduzioni tratte in quella sede. In estrema sintesi vengono rigettati quelli che sono considerati gli indizi della presenza di conseguenze da effetto serra antropico per l'inaffidabilità dei dati considerati, quali ad esempio le misure pregresse del livello dei mari e della temperatura media superficiale terrestre. Per quanto riguarda la temperatura superficiale terrestre, si evidenzia la contraddizione tra le misure al suolo, che indicano un andamento crescente negli ultimi 20 anni, e le misure da satelliti, che non indicano alcuna variazione. Si contesta che l'incremento di anidride carbonica nell'atmosfera terrestre possa giocare un ruolo importante nel riscaldamento climatico globale, dato che l'effetto serra è (a giudizio dei critici del rapporto IPCC), in misura assolutamente preminente causato dal vapor d'acqua atmosferico e dalla presenza delle nuvole.

1.5 STORIA DEL PROTOCOLLO DI KYOTO

Con il Protocollo di Kyoto i paesi industrializzati si impegnarono a ridurre entro il 2012 le emissioni di gas serra del 5,2% rispetto al 1990. Il negoziato venne stipulato a Kyoto, in Giappone, nel dicembre 1997 durante la Conferenza COP3 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (Unfccc).

La sottoscrizione iniziale dei paesi era un atto puramente formale. Soltanto la successiva ratifica dell'accordo da parte dei parlamenti nazionali formalizzava l'impegno del paese a ridurre le emissioni.

Dal protocollo di Kyoto erano esclusi i paesi in via di sviluppo per evitare di frapporre ulteriori barriere alla loro crescita economica. Un punto molto dibattuto e che trova ancora oggi il disaccordo degli Stati Uniti soprattutto per l'esclusione dagli impegni dei grandi paesi emergenti dell'Asia, quali India e Cina.

Sulla base degli accordi del 1997 il Protocollo entra in vigore il 90° giorno dopo la ratifica del 55° paese tra i 194 sottoscrittori originari purché questi, complessivamente, coprano almeno il 55% delle emissioni globali di gas serra.

L'assenza degli Usa e della Russia hanno penalizzato per molti anni il lancio operativo dell'accordo, rimasto a lungo tempo "sospeso". Nel 2002 avevano ratificato l'atto già 55 paesi senza però coprire il 55% della produzione globale di emissioni di gas serra. Solo dopo la ratifica della Russia nel settembre 2004 si è superato finalmente il limite minimo previsto del 55% e data operatività al Protocollo.

Restano, in ogni caso, ancora esclusi paesi come Australia e Stati Uniti, responsabili di non aver ratificato l'accordo per timore di danneggiare il proprio sistema industriale. [W.1]

Il protocollo di Kyōto prevede il ricorso a meccanismi di mercato, i cosiddetti Meccanismi Flessibili; il principale meccanismo è il Meccanismo di Sviluppo Pulito. L'obiettivo dei Meccanismi Flessibili è di ridurre le emissioni al costo minimo possibile; in altre parole, a massimizzare le riduzioni ottenibili a parità di investimento

Ad oggi, 174 Paesi e un'organizzazione di integrazione economica regionale (EEC) hanno ratificato il Protocollo o hanno avviato le procedure per la ratifica. Questi paesi contribuiscono per il 61,6% alle emissioni globali di gas serra.

L'Australia, che aveva firmato ma non ratificato il protocollo, lo ha ratificato il 2 dicembre 2007. [W.2]

1.6 PACCHETTO CLIMA ENERGIA: OBIETTIVO 20/20/20

Dopo undici mesi di lavoro legislativo, il Parlamento Europeo ha approvato il pacchetto clima-energia volto conseguire gli obiettivi che l'UE si è fissata per il 2020: ridurre del 20% le emissioni di gas serra, portare al 20% il risparmio energetico e aumentare al 20% il consumo di fonti rinnovabili. Il pacchetto comprende provvedimenti sul sistema di scambio di quote di emissione e sui limiti alle emissioni delle automobili.

Gli organi legislativi Europei (il Parlamento ed il Consiglio) sono giunti, nel 2008, ad un accordo riguardo le sei proposte legislative da adottare per raggiungere gli obiettivi sopra citati:

- Sistema di scambio delle emissioni di gas ad effetto serra (soluzione proposta dalla relatrice Avril Doyle: il Parlamento ha adottato una direttiva volta a perfezionare ed estendere il sistema di scambio delle quote di emissione dei gas serra con fine di ridurre le emissioni dei gas serra del 21% nel 2020 rispetto al 2005. A tal fine prevede un sistema di aste, dal 2013, per l'acquisto di quote di emissione, i cui introiti andranno a finanziare misure di riduzione delle emissioni e di adattamento al cambiamento climatico. Tuttavia le industrie manifatturiere che sono a rischio delocalizzazione, a causa dei maggiori costi indotti dal sistema, potranno beneficiare di quote gratuite fino al 2010);
- Ripartizione degli sforzi per ridurre le emissioni (soluzione proposta dalla relatrice Satu Hassi: il Parlamento ha adottato una direttiva che mira a ridurre del 10% le emissioni di gas serra prodotte in settori esclusi dal sistema di scambio di quote, come il trasporto stradale e marittimo o l'agricoltura. Fissa quindi obiettivi nazionali di riduzione (per l'Italia 13%), prevedendo anche la possibilità per gli Stati membri di ricorrere a parte delle emissioni consentite per l'anno successivo o di scambiarsi diritti di emissione);
- Cattura e stoccaggio geologico del biossido di carbonio (soluzione proposta dal relatore Chris Davies: il Parlamento ha adottato una direttiva che istituisce un quadro giuridico per lo stoccaggio geologico ecosostenibile di biossido di carbonio con la finalità di contribuire alla lotta contro il cambiamento climatico. Fino a 300 milioni di euro, attinti dal sistema di scambio di emissione, finanzieranno 12 progetti dimostrativi, mentre le grandi centrali elettriche dovranno dotarsi di impianti di stoccaggio sotterraneo);
- Accordo sulle energie rinnovabili (soluzione proposta dal relatore Claude Turmes: il Parlamento ha adottato una direttiva che stabilisce obiettivi nazionali obbligatori (17% per l'Italia) per garantire che, nel 2020, una media del consumo di energia dell'UE provenga da fonti rinnovabili. Nel calcolo, a certe condizioni, potrà essere inclusa l'energia prodotta nei paesi terzi. La direttiva fissa poi al 10% la quota di energia "verde" nei trasporti e criteri di sostenibilità ambientale per i biocarburanti. La direttiva, inoltre, detta norme relative a progetti comuni tra Stati membri, alle garanzie di origine, alle procedure amministrative, all'informazione e alla formazione, nonché alle connessioni alla rete elettrica relative all'energetica da fonti rinnovabili);
- Riduzione della CO₂ da parte delle auto (soluzione proposta del relatore Guido Sacconi: il Parlamento ha adottato un regolamento che fissa il livello medio di emissioni di CO₂ delle auto nuove a 130 g CO₂/km a partire dal 2012, da ottenere con miglioramenti tecnologici dei motori. Una riduzione di ulteriori 10 g dovrà essere ricercata attraverso tecnologie di altra natura ed il maggiore ricorso ai biocarburanti. Il compromesso stabilisce anche un obiettivo di lungo termine per il 2020 che fissa il livello medio delle emissioni per il nuovo parco macchine a 95 g CO₂/km. Sono previste "multe" progressive per ogni grammo di CO₂ in eccesso, ma anche agevolazioni per i costruttori che sfruttano tecnologie innovative e per i piccoli produttori);
- Riduzione dei gas a effetto serra nel ciclo di vita dei combustibili (soluzione proposta dalla relatrice Dorette Corbey: il Parlamento ha adottato una direttiva che, per ragioni di tutela della salute e dell'ambiente, fissa specifiche tecniche per i carburanti. Stabilisce inoltre un obiettivo di riduzione del 6% delle emissioni di gas serra prodotte durante il ciclo di vita dei combustibili, da conseguire entro fine 2020 ricorrendo, ad esempio, ai biocarburanti. L'obiettivo potrebbe salire fino al 10% mediante l'uso di veicoli elettrici e l'acquisto dei crediti previsti dal protocollo di Kyoto. La direttiva

si applica a veicoli stradali, macchine mobili non stradali (comprese le navi adibite alla navigazione interna quando non sono in mare), trattori agricoli e forestali e imbarcazioni da diporto); [B.1]

L'analisi delle proiezioni nazionali di energia rinnovabile, come comunicato alla Commissione europea, è stata pubblicata (nel marzo 2010) dalla associazione europea dell'energia eolica EWEA.

Gli Stati membri dell'UE sono sulla buona strada per raggiungere i loro obiettivi per il 2020, in particolare:

21 dei 27 Stati membri possono raggiungere o superare i loro obiettivi per le fonti rinnovabili.

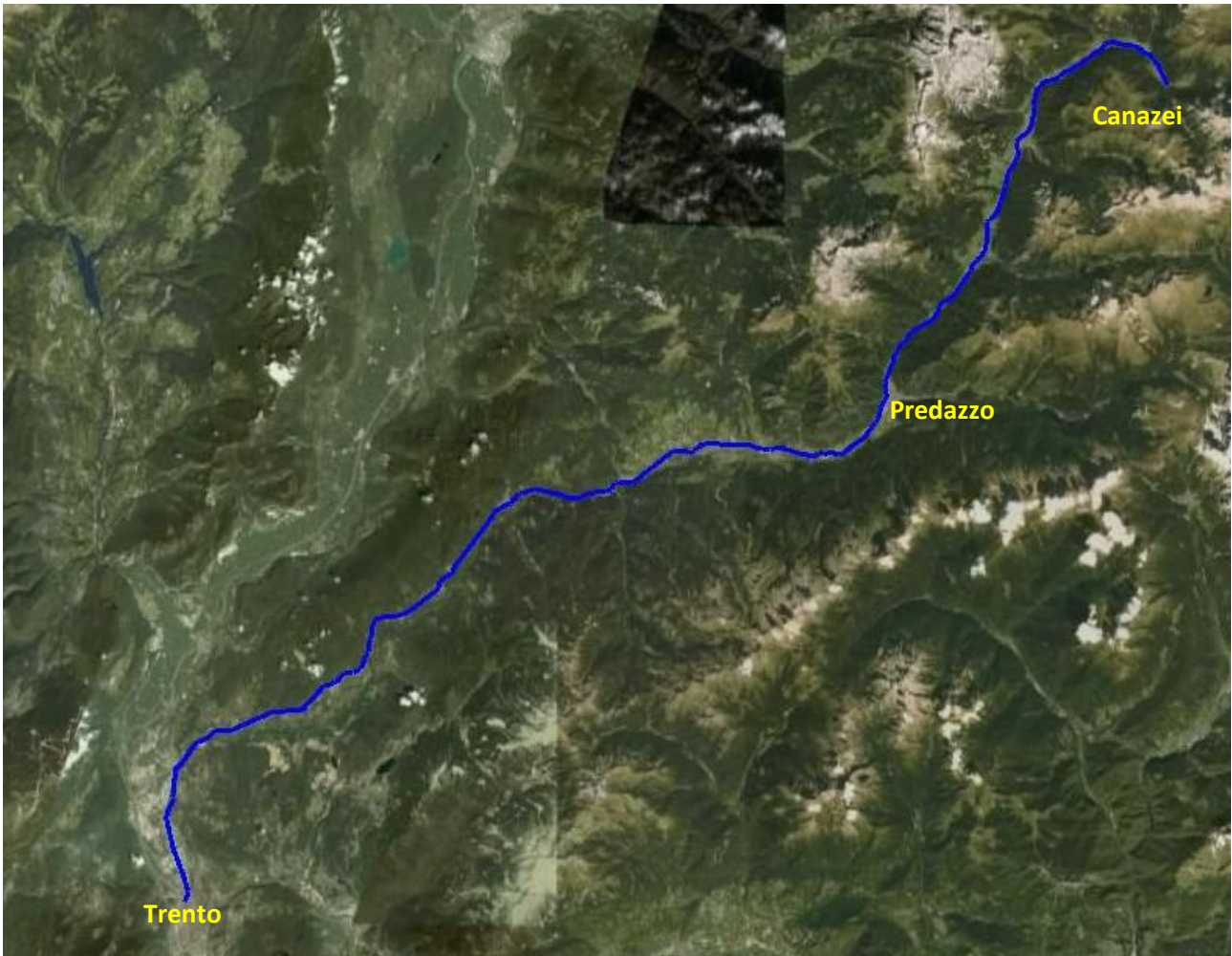
Si prevede che Estonia, Germania, Grecia, Irlanda, Polonia, Slovacchia, Spagna e Svezia possano andare oltre i loro obiettivi, secondo la EWEA (European Wind Energy Association).

	Exceed target	Meet target	Below target	RES share 2005	RES target 2020
EU	😊			8.5%	20%
<i>Austria</i>		😊		23.3%	34%
<i>Belgium</i>			😞	2.2%	13%
<i>Bulgaria</i>			😞	9.4%	16%
<i>Cyprus</i>		😊		2.9%	13%
<i>Czech Republic</i>		😊		6.1%	13%
<i>Denmark</i>			😞	17%	30%
<i>Estonia</i>	😊			18%	25%
<i>Finland</i>		😊		28.5%	38%
<i>France</i>		😊		10.3%	23%
<i>Germany</i>	😊			5.8%	18%
<i>Greece</i>	😊			6.9%	18%
<i>Hungary</i>		😊		4.3%	13%
<i>Ireland</i>	😊			3.1%	16%
<i>Italy</i>			😞	5.2%	17%
<i>Latvia</i>		😊		32.6%	40%
<i>Lithuania</i>		😊		15%	23%
<i>Luxembourg</i>			😞	0.9%	11%
<i>Malta</i>			😞	0%	10%
<i>Netherlands</i>		😊		2.4%	14%
<i>Poland</i>	😊			7.2%	15%
<i>Portugal</i>		😊		20.5%	31%
<i>Romania</i>		😊		17.8%	24%
<i>Slovakia</i>	😊			6.7%	14%
<i>Slovenia</i>		😊		16%	25%
<i>Spain</i>	😊			8.7%	20%
<i>Sweden</i>	😊			39.8%	49%
<i>United Kingdom</i>		😊		1.3%	15%

Fig. 1.3 "Analisi delle proiezioni nazionali di energia rinnovabile"

1.7 OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA NEL SETTORE DEGLI EDIFICI A SERVIZIO DI INFRASTRUTTURE

Scopo della presente tesi è la redazione di uno studio di fattibilità per una stazione ferroviaria a basso impatto energetico. Esso è parte di un progetto più ampio: lo “studio di fattibilità: una ferrovia per Fiemme e Fassa” redatto dal gruppo Transdolomites. Questa iniziativa ha come obiettivo la creazione di una linea ferroviaria che, partendo da Trento, percorre la val di Fiemme e val di Fassa e giunge a Canazei.



Questa tesi, in particolare, consta nel progetto preliminare di una delle stazioni della linea: la stazione di Predazzo.

Come descritto in seguito, la stazione sarà di dimensioni contenute, allo scopo di ridurre i costi di realizzazione, tuttavia essa presenta altre destinazioni d'uso del settore turistico.

ANALISI DELLO SCENARIO AL CONTORNO

2.1 ANALISI DELLO SCENARIO AL CONTORNO

Predazzo (TN) è situata all'estremità nord-est della Val di Fiemme, alla confluenza del torrente Avisio con il Travignolo. Con i suoi 4.100 abitanti circa, è il centro più popolato della valle.



Fig. 2.1 "Carta topografica del paese di Predazzo"

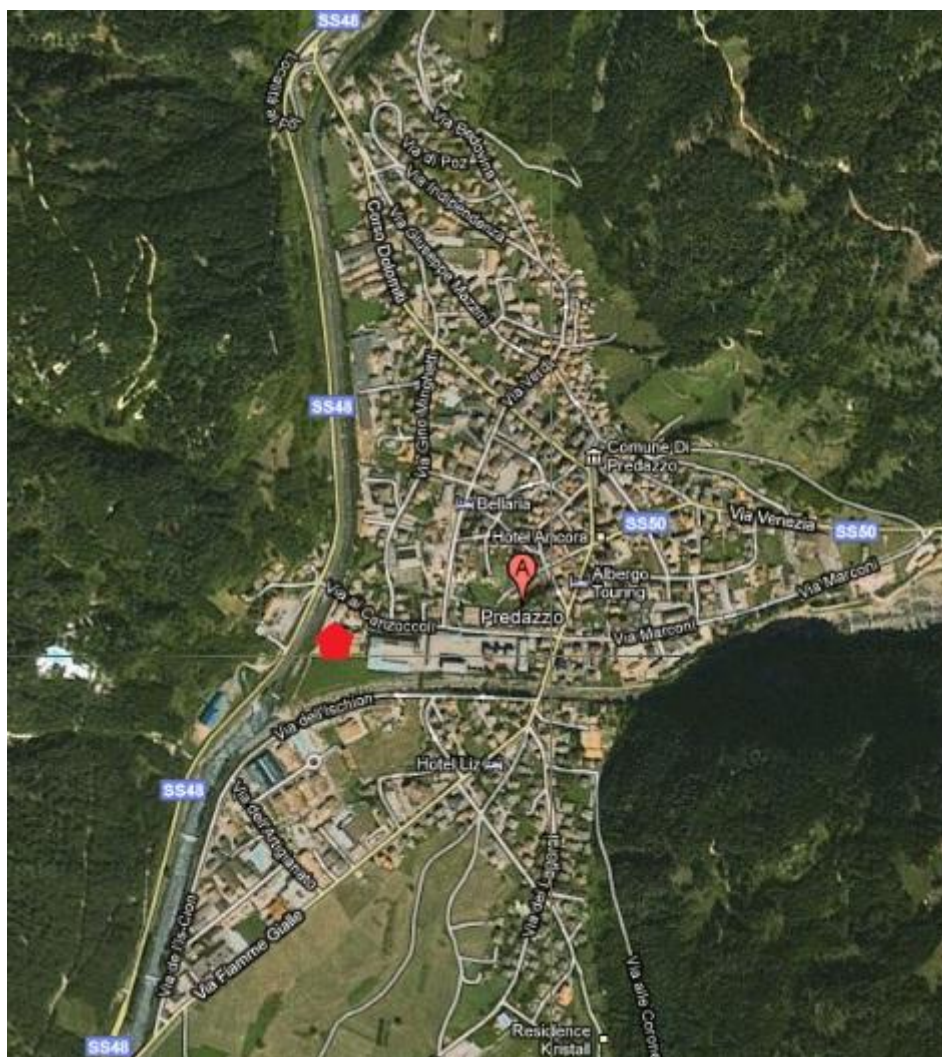


Fig. 2.2 “Veduta aerea del paese di Predazzo”

Come mostrato nella veduta aerea del paese, il sito su cui sorgerebbe la stazione è posto a ridosso del torrente Avisio, posizione che può essere sfruttata, eventualmente, anche per l’installazione di un mini impianto idroelettrico.

Nonostante la posizione del paese, situato alla convergenza di tre vallate, non sembra particolarmente favorevole all’installazione di un impianto fotovoltaico, nella redazione del progetto si prenderà anche in considerazione l’adozione di un suddetto impianto di ridotte potenzialità vista la possibilità di realizzare una copertura favorevolmente orientata verso Sud.

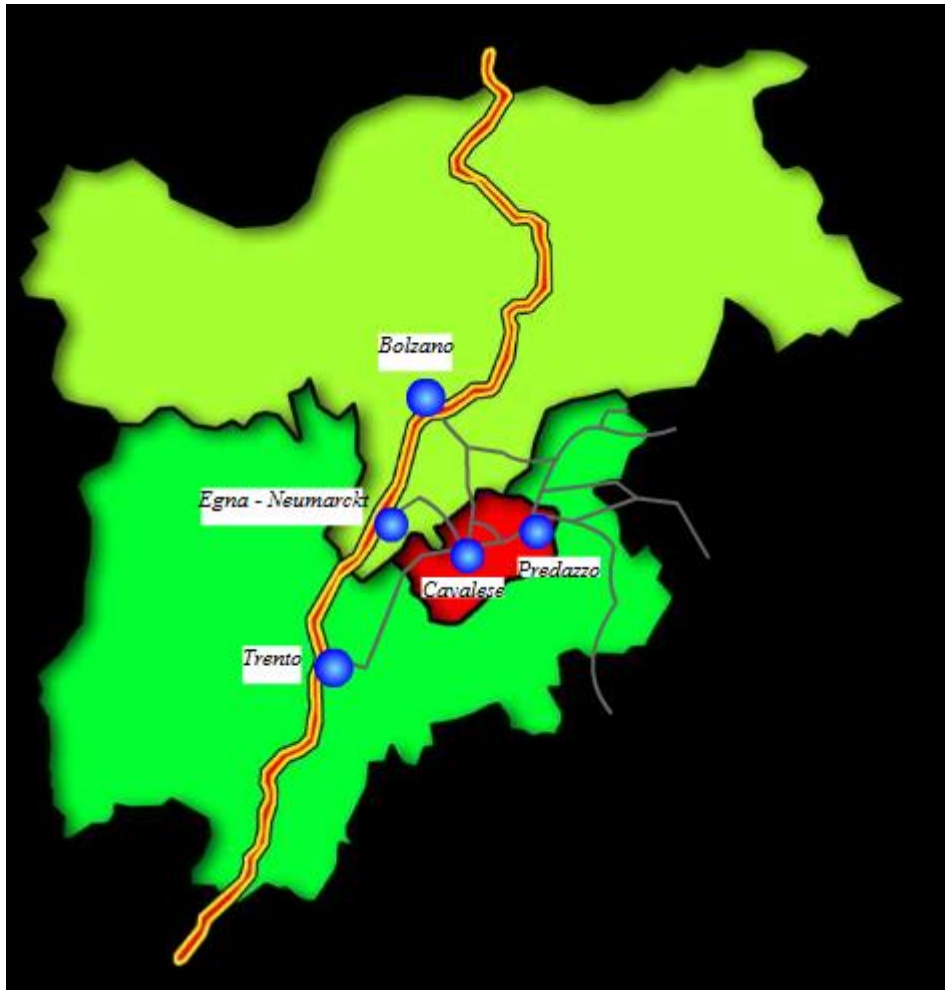


Fig. 2.3 "Regione Trentino – Alto Adige"

Nella figura soprastante si vede Predazzo inserita nel contesto geografico delle aree limitrofe. Si riconoscono l'asse autostradale e ferroviario Verona – Trento – Bolzano – Brennero (Valle dell'Adige), le due province autonome di Trento e Bolzano e l'area della Valle di Fiemme (in rosso).

2.2 DATI GEOGRAFICI E CLIMATICI

Predazzo: Clima e Dati Geografici	
Altitudine	
altezza su livello del mare espressa in metri	
Casa Comunale	1.018
Minima	972
Massima	2.842
Escursione Altimetrica	1.870
Zona Altimetrica	montagna interna
Coordinate	
Latitudine	46°18'34"92 N
Longitudine	11°36'2"52 E
Gradi Decimali	46,3097; 11,6007
Locator (WWL)	JN56TH
Utilità	
	Sole e Luna: Alba e Tramonto
Misure	
Superficie	109,84 kmq
Classificazione Sismica	sismicità molto bassa
Clima	
Gradi Giorno	4.295
Zona Climatica (a)	F
Accensione Impianti Termici	
nessuna limitazione	

[W.3]

DEFINIZIONE DELL'EDIFICIO STAZIONE

3.1 DEFINIZIONE DELL'EDIFICIO STAZIONE

Si possono definire due tipologie di stazione a seconda che siano presidiate o meno. Le prime offrono un posto accogliente per aspettare i treni, fornito di bar e servizi igienici; le seconde hanno minori costi iniziali e di gestione e minori rischi di atti vandalici. La tendenza degli ultimi anni è quella di preferire le stazioni ferroviarie non presidiate a quelle tradizionali. Esempi concreti di questa tendenza sono le linee ferroviarie della Valsugana e val Venosta (in fig. 3.1 la stazione di Spondinga).



Fig. 3.1 "Stazione di Spondinga (BZ)"

Al fine di giungere ad un compromesso tra le due soluzioni, si ipotizza di costruire a Predazzo, il centro più popoloso della linea dopo Trento, una stazione presidiata ma di piccole dimensioni e costi iniziali e di gestione più contenuti rispetto ad una stazione tradizionale. Per le altre fermate della linea si potrebbero preferire le semplici pensiline per i centri minori, e altri edifici a basso impatto energetico (quindi simili a quello di Predazzo) per le stazioni più importanti come Trento e Canazei (i due capolinea).

3.2 EDIFICIO

L'edificio in esame è composto da un solo piano composto da sei locali:

- Sala d'attesa: un'ampia sala al centro dell'edificio provvista di panche per l'attesa, ampie vetrate per favorire l'ingresso della luce naturale e pannelli informativi sulla circolazione ferroviaria e sugli interventi a favore del risparmio energetico realizzati nell'edificio.
- Zona bar (40 m²): situata nella zona sud-est dell'edificio, la zona bar non ha pareti che la dividono dalla sala d'aspetto, in modo da rendere più ampi entrambi i locali.
- Biglietteria ed uffici (35 m²): sono situati nella zona nord-est dell'edificio, immediatamente alla destra dell'ingresso principale. La stanza è riservata al personale e comprende sia gli uffici sia gli sportelli adibiti alla vendita di biglietti.
- Locale quadri elettrici (15 m²): locale riservato all'impianto elettrico è posto nella zona sud-ovest dell'edificio; potrebbe avere una parete in comune con la sala d'attesa (come descritto in pianta) dotata di un pannello informativo ove vengono visualizzati i consumi istantanei, annuali e i consumi che si avrebbero per un edificio standard, non del tipo a basso consumo. Il locale è dotato di un solo ingresso posto sul retro dell'edificio ed è riservato al personale autorizzato.
- Locale impianto termico (15 m²): locale situato nella zona nord-ovest dell'edificio. Analogamente all'impianto elettrico, l'impianto termico potrebbe avere, sulla parete in comune con la sala d'attesa, un pannello informativo riportante i consumi termici istantanei, annuali e quelli che si

avrebbero per un edificio standard. Anche l'impianto termico è provvisto di unica porta all'esterno dell'edificio riservata al personale autorizzato.

- Servizi igienici: sono posti tra l'impianto elettrico e la zona bar; sono tenuti in leggera depressione in modo da trattenerne al proprio interno gli odori.

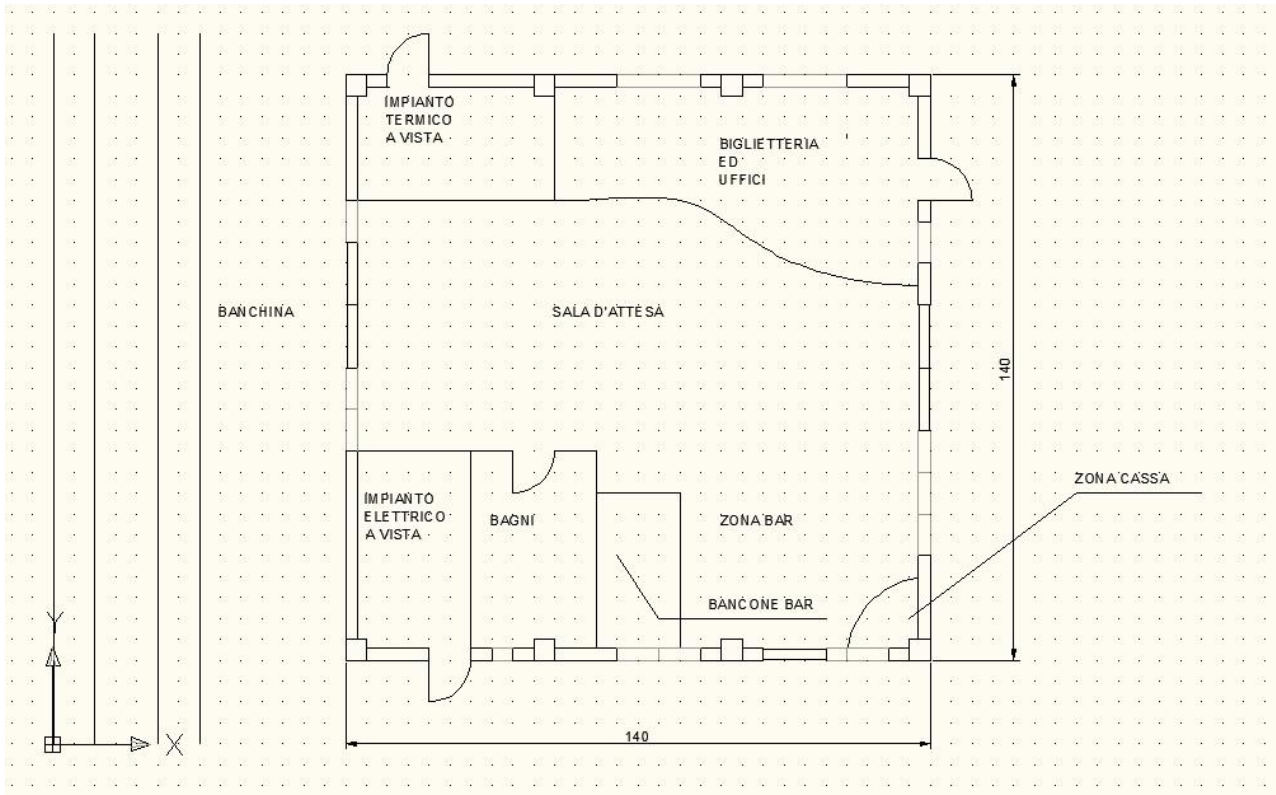


Fig. 3.2 "Pianta dell'edificio stazione – quote in dm"

L'edificio è stato pensato con pareti rivestite in legno. Questa scelta è stata fatta per motivi estetici, in sintonia con il tipo di costruzioni locali, e costruttivi: si può utilizzare il legname prodotto da aziende locali in modo da incentivare anche l'economia della vallata e da presentare tale prodotto da costruzione ai turisti.

Il tetto dell'edificio è stato costruito in pendenza per favorire il deflusso della neve nel periodo invernale e favorire l'installazione dell'impianto fotovoltaico. Per quest'ultimo motivo l'edificio è stato orientato con la falda pendente verso sud.

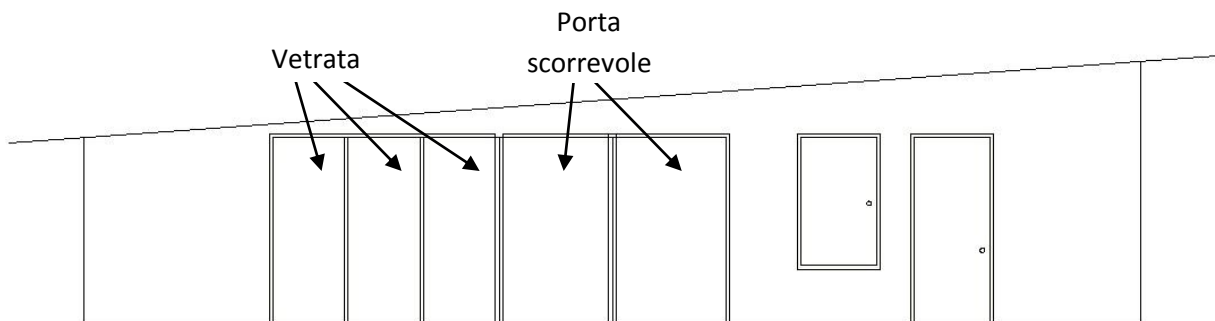


Fig. 3.3 "Vista Est – Ovest dell'edificio"

Superficie totale pareti: 168 [m²]
Di cui: Sup. Ovest : 35 [m²]
Sup. Est : 49 [m²]
Sup. Nord + Sup. Sud : 84 [m²]

Superficie riservata a vetrate : 44,10 [m²]
Di cui: Doppio vetro : 18,75 [m²] per le porte scorrevoli
Doppio vetro : 20,00 [m²] per le vetrate
Doppio vetro: 5,35 [m²] per le finestre

OBIETTIVO EDIFICIO A RIDOTTO IMPATTO ENERGETICO

4.1 MISURE DI RISPARMIO ENERGETICO

Le misure di risparmio energetico prese in considerazione per questo edificio sono state:

- Buon isolamento termico;
- Misure di riduzione dei ponti termici;
- Utilizzo del teleriscaldamento presente nel paese;
- Utilizzo di sensori di luce per il comando dell'illuminazione;
- Utilizzo di vetrate per favorire la luce naturale;
- Orientamento dell'edificio per favorire l'installazione di un impianto fotovoltaico;
- Valutazione di un eventuale mini impianto idroelettrico;
- Utilizzo di fotocellule per il calcolo della portata d'aria di ventilazione;

Esse verranno prese in esame nei seguenti capitoli.

Questo edificio è stato concepito per essere un modello di sensibilizzazione per le persone invogliandole ad utilizzare misure di risparmio energetico anche nelle proprie abitazioni. Anche per questo motivo si è scelto di costruire un edificio di dimensioni e costi contenuti, con dimensione prossima all'abitazione tradizionale. Gli interventi sopra citati non saranno i migliori in senso assoluto, ma presentano un rapporto qualità/prezzo ottimale, al fine di costruire un edificio avente bassi consumi rispetto a strutture standard, ma con un investimento iniziale non troppo elevato.

Si possono prevedere dei pannelli informativi posti all'interno della struttura riportanti le spese sostenute per la costruzione dell'edificio e quelle che si sarebbero avute per un edificio standard, e accanto anche i consumi (in entrambi i casi). Questo al fine di sensibilizzare le persone dimostrando come tali interventi siano vantaggiosi sia per l'ambiente sia sotto il punto di vista economico.

ANALISI DEI SISTEMI DI ISOLAMENTO

Analisi delle strutture isolanti dell'edificio: pareti, coperture, basamenti ed interrati.

Per i motivi illustrati nel capitolo precedente, sono stati scelti dei sistemi di isolamento con prestazioni elevate, ma non le migliori esistenti.

5.1 PREMESSA

Dal 2005 ad oggi la normativa riguardante il rendimento energetico degli edifici ha subito notevoli cambiamenti: prima con il Dlgs 192 – 05, successivamente modificato dal 311 – 06 ed infine dal DPR 59/09. Quest'ultimo impone limiti sempre più restrittivi riguardo la trasmittanza termica delle superfici. Dalle successive tabelle (tratte dal DL 311/06 e successive modifiche ed integrazioni) si può notare come i limiti decrescano col passare degli anni e al tempo stesso siano ovviamente più restrittivi dalla zona climatica più temperata A alla più rigida F (in quest'ultima ricade il caso in esame).

2. Trasmittanza termica delle strutture opache verticali

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

Tab. 5.1 "Trasmittanza termica delle strutture opache verticali"

3. Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate

3.1 Coperture

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,80	0,42	0,38
B	0,60	0,42	0,38
C	0,55	0,42	0,38
D	0,46	0,35	0,32
E	0,43	0,32	0,30
F	0,41	0,31	0,29

Tab. 5.2 "Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura"

3.2 Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.

Tabella 3.2 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento espressa in W/m^2K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,80	0,74	0,65
B	0,60	0,55	0,49
C	0,55	0,49	0,42
D	0,46	0,41	0,36
E	0,43	0,38	0,33
F	0,41	0,36	0,32

Tab. 5.3 "Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali di pavimento"

4. Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti

Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in W/m^2K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2
F	2,4	2,2	2,0

Tab. 5.4 "Trasmittanza termica delle chiuse trasparenti"

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza centrale termica U dei vetri espressa in W/m^2K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m^2K)
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
E	2,4	1,9	1,7
F	2,3	1,7	1,3

Tab. 5.5 "Trasmittanza termica dei vetri"

Appare interessante anche un confronto a parità di zona climatica e di data di entrata in vigore del limite. Si può così evincere come il limite più restrittivo sia applicato alle coperture, quindi alle pareti verticali e infine ai pavimenti orizzontali. Infatti la copertura, per la sua conformazione geometrica spesso inclinata (tetto a falde) e per fenomeni di stratificazione dell'aria ambiente, è soggetta a notevoli dispersioni verso l'esterno e quindi necessita di un miglior isolamento. All'opposto per i pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno, laddove il ridotto salto termico comporta dispersioni usualmente inferiori rispetto a coperture e pareti verticali (che tra l'altro sono anche maggiormente esposte all'azione dei venti, presentando quindi un maggiore coefficiente di convezione esterna).

A questo decreto è seguito il D.P.R. 59/09, che regola l'attuazione del D.lgs. 192/05, e successivamente è stato emanato il D.M. del 29 giugno 2009.

L'ultima modifica ai limiti di trasmittanza delle superfici degli edifici (peraltro riferentesi alle riqualificazioni di edifici esistenti) è contenuta nel successivo D.M. del 26 gennaio 2010 coordinato con il Decreto dell'11 marzo 2008. La tabella con i valori limite è riportata all'interno dei capitoli seguenti (Tab. 5.6 e successive).

Al fine di ottenere un edificio a consumo particolarmente ridotto, si è deliberatamente scelto di riferirsi ai limiti in vigore per le riqualificazioni edilizie (DM 26-01-10 e Decreto 11-03-08) che sono più restrittivi dei limiti da adottare nel caso della costruzione di nuovi edifici (ovvero Dlgs 192/05, DL 311/06, DPR 59/09).

5.2 PARETI VERSO L'ESTERNO

Tabella ricavata dall'allegato B del Decreto del Ministero dello Sviluppo del 11/03/2008 coordinato con Decreto 26 gennaio 2010.

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio espressa in (W/m²K) - in vigore dal 14 marzo 2010

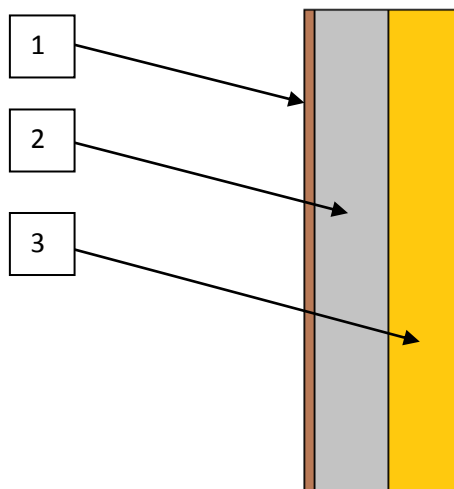
Zona climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate		Chiusure apribili e assimilabili (**)
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	0,54	0,32	0,60	3,7
B	0,41	0,32	0,46	2,4
C	0,34	0,32	0,40	2,1
D	0,29	0,26	0,34	2,0
E	0,27	0,24	0,30	1,8
F	0,26	0,23	0,28	1,6

(*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.

(**) Conformemente a quanto previsto all'articolo 4, comma 4, lettera c), del decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 che fissa il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure apribili e assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi.

Tab. 5.6 "Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio"

Alla luce delle restrizioni imposte e ai fini del conseguimento del risultato voluto, la sezione scelta per questo edificio è la seguente:



Sezione	Materiale	Spessore [m]	Conduttività termica (λ) [W / (m ² K)]
1	Fibra di roccia	0,04	0,03
2	Pannello in legno	0,12	0,12
3	Fibra di vetro	0,13	0,043
Spessore totale		0,29	

Per questa parete è stata utilizzata la fibra di roccia come isolante acustico, la fibra di vetro come isolante termico.

La trasmittanza totale risulta: $U = 0,181$ [W / (m² K)].

Limite di legge imposto per la zona F risulta: $U = 0,26$ [W / (m² K)].

Per raggiungere valori di rendimento energetico elevato della struttura ci si prefigge di ottenere una trasmittanza della struttura inferiore del 20% rispetto al limite imposto dalla legge.

Per avere un ulteriore margine che tenga conto della presenza di eventuali ponti termici in fase di montaggio, si riduce ulteriormente il valore obiettivo del 10%; il valore obiettivo finale risulta perciò di $U = 0,187$ [W / (m² K)].

La parete presa in esame rientra pertanto sia nei limiti imposti dalla normativa sia nel valore di trasmittanza che ci si prefigge di ottenere, con un valore calcolato di: $U = 0,181$ [W / (m² K)] < $0,187$ [W / (m² K)].

5.3 PARETI INTERNE

Per dividere i locali all'interno dell'edificio si prevedono pareti di diversa tipologia rispetto a quella sopra descritta.

Premettendo che nel caso in esame non ci sono limiti di trasmittanza per i locali interni visto che sono mantenuti tutti a uguale temperatura, si possono fare alcune considerazioni di tipo funzionale riguardo le pareti.

Per evitare eventuali intrusioni o danneggiamenti, anche involontari, si è preferito adottare tipi diversi di pareti interne aventi tutti comunque spessore sufficientemente consistente, ma con materiali diversi a seconda delle funzionalità richieste.

Parete interna tipo 1:

Laddove vi siano esigenze di protezione acustica e anti intrusione tra ambienti confinanti si può ricorrere ad una doppia parete fonoisolante con strutture non comunicanti tra loro, come ad esempio:

- | | | |
|---|---|--------------------------------|
| - Finitura a vista (intonaco di calce e gesso) cm 1 | } | Prima struttura indipendente |
| - Lana minerale sp. cm 6; | | |
| - Cartongesso 1.3 cm | | |
|
 | | |
| - Rete pesante anti intrusione | } | Seconda struttura indipendente |
| - Lana minerale sp. cm 6; | | |
| - Finitura a vista (intonaco di calce e gesso) cm 1 | | |

Parete interna 2:

Locali tecnici e servizi igienici hanno bisogno di pareti più robuste per alloggiare, ad esempio, i tubi di scarico degli apparecchi sanitari, i supporti per l'installazione di vasi a sedere di tipo sospeso ecc. Si può adottare, ad esempio, una parete così composta:

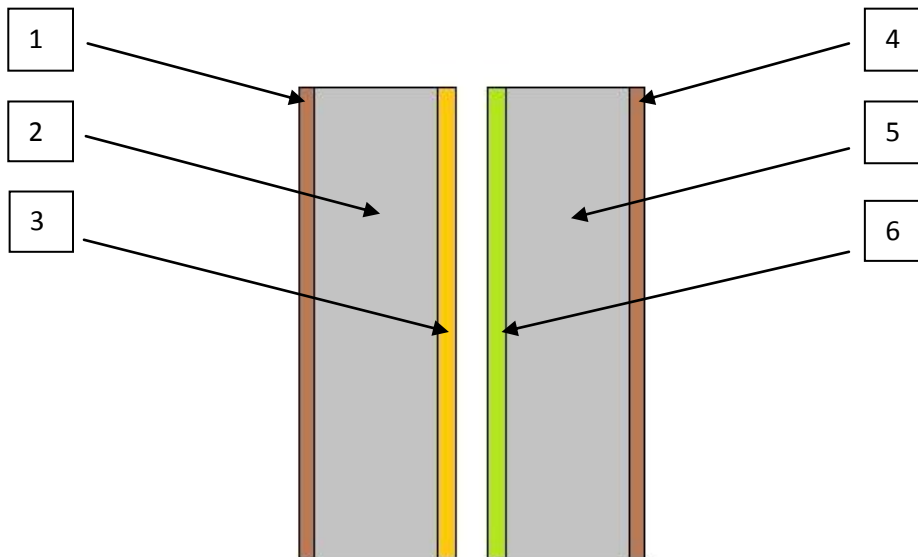
- Finitura a vista (intonaco di calce e gesso) cm 1 ;
- Tramezze in laterizio sp. cm 12;
- Finitura a vista (piastrelle cm 1 lato servizio igienico).

La finitura a vista delle pareti può essere in alternativa cartongesso, fibrogesso speciale per ambienti umidi nel caso di bagni oppure anche una perlinatura in legno locale (ad esempio negli ambienti biglietteria, atrio e bar che così risulterebbero anche più accoglienti).

5.4 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE PARETI INTERNE

Parete interna tipo 1:

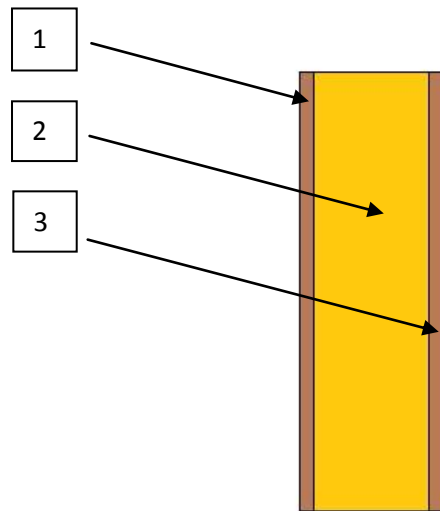
Questo tipo di parete è stato previsto per tutte le pareti interne, fatta eccezione per le pareti dei servizi igienici.



Sezione	Materiale	Spessore [m]
1	Perlina in legno di abete	0,01
2	Lana minerale	0,06
3	Cartongesso	0,013
4	Rete pesante anti intrusione	0,01
5	Lana minerale	0,06
6	Perlina in legno di abete	0,01
Spessore totale		0,163

Parete interna tipo 2:

Questo tipo di parete è stato previsto per i servizi igienici.



Sezione	Materiale	Spessore
		[m]
1	Fibrogesso speciale	0,01
2	Laterizio	0,12
3	Fibrogesso speciale	0,01
Spessore totale		0.14

Il calcolo delle trasmittanze per le pareti interne non è richiesto nel caso in esame, in quanto devono separare ambienti con uguale temperatura.

L'impianto di scarico nei bagni, a causa della caduta, dell'urto e del deflusso delle acque, si rivela un'importante fonte di rumore all'interno degli edifici. Il D.P.C.M, del 5 dicembre 1997 (per quanto attualmente sospeso) fissa a 35 dB(A) la soglia massima di rumorosità generata dagli impianti tecnologici a funzionamento discontinuo.

Per evitare l'insorgenza di rumorosità di questo tipo si prevede pertanto l'utilizzo di tubazioni insonorizzate in PEAD (PoliEtilene ad Alta Densità) addizionato con microsfere di piombo; qualora necessario si potrà prevedere anche un successivo rivestimento fono isolante.

La finitura a vista per i locali non adibiti a servizi igienici potrebbe essere un perlinatura in legno locale (come per le pareti verso l'esterno), mentre per i servizi igienici si potrebbe adottare il fibrogesso speciale per ambienti umidi (ad esempio il gesso-fibra della *Knauf*).

5.5 CHIUSURE TRASPARENTI E VETRATE

Per i calcoli delle prestazioni delle vetrate è stato utilizzato un programma di selezione e calcolo ad uso gratuito (in questo caso della Glavebel).

Tabella ricavata dall'allegato B del Decreto del Ministero dello Sviluppo del 11/03/2008 coordinato con Decreto 26 gennaio 2010.

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio espressa in (W/m²K) - in vigore dal 14 marzo 2010

Zona climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate		Chiusure apribili e assimilabili (**)
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	0,54	0,32	0,60	3,7
B	0,41	0,32	0,46	2,4
C	0,34	0,32	0,40	2,1
D	0,29	0,26	0,34	2,0
E	0,27	0,24	0,30	1,8
F	0,26	0,23	0,28	1,6

(*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.

(**) Conformemente a quanto previsto all'articolo 4, comma 4, lettera c), del decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 che fissa il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure apribili e assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi.

Tab. 5.7 "Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio"

Alla luce delle restrizioni imposte sopra citate, il tipo di vetrata scelta per questo edificio è la seguente:

STEP 2 : DEFINE THE ELEMENTS OF THE COMPOSITION



Glass Laminated Glass

Product Group:

Product:

Spacer: mm

Glass Laminated Glass

Product Group:

Product:

Thickness: mm

Fig. 5.1 "Elementi compositivi del doppio vetro"

Questa vetrata offre le seguenti prestazioni:

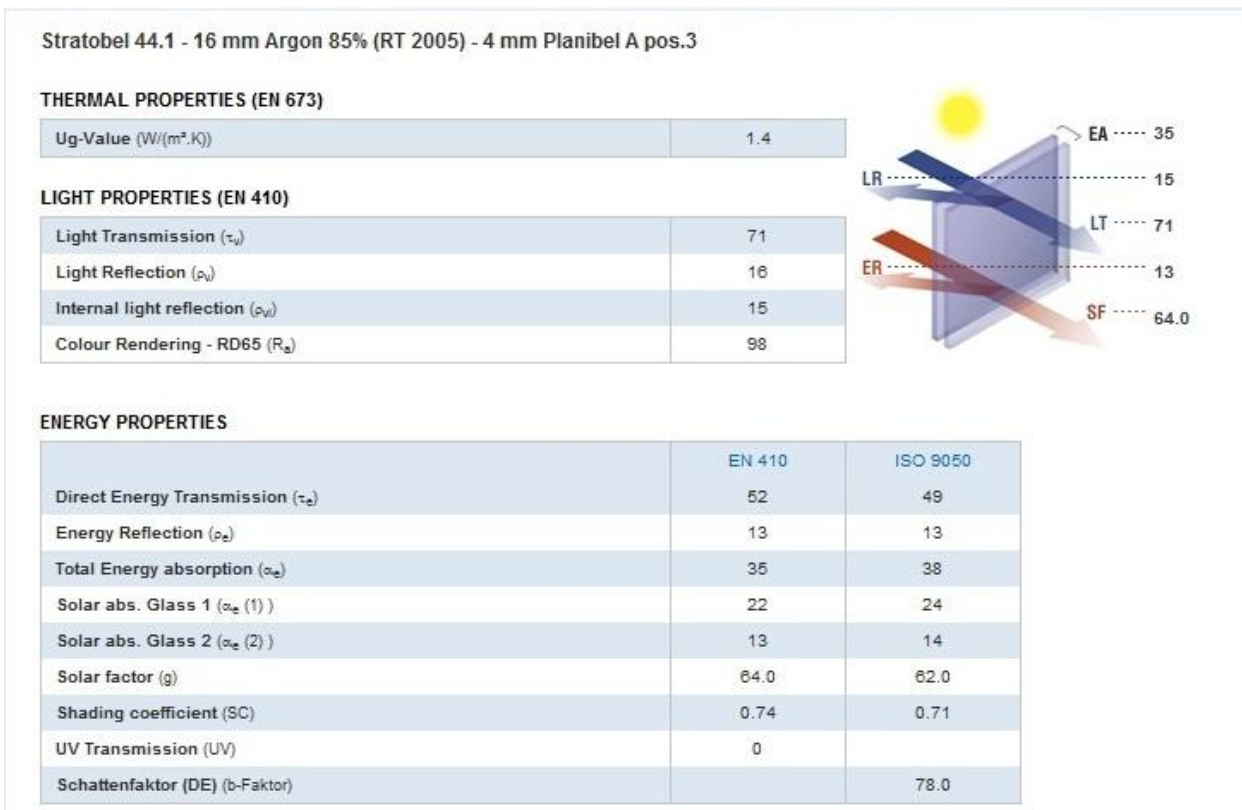


Fig. 5.2 "Prestazioni del doppio vetro"

Per quanto riguarda il triplo vetro:

STEP 2 : DEFINE THE ELEMENTS OF THE COMPOSITION

Glass Laminated Glass
 Product Group: Stratobel
 Product: Stratobel 44.1
 Spacer: Argon 85% (RT 2005) 16 mm

Glass Laminated Glass
 Product Group: Planibel Clear
 Product: Planibel Clearvision
 Thickness: 4 mm
 Spacer: Argon 85% (RT 2005) 16 mm

Glass Laminated Glass
 Product Group: Planibel Low-e
 Product: Planibel Tri on Clearvision pos.5
 Thickness: 3 mm




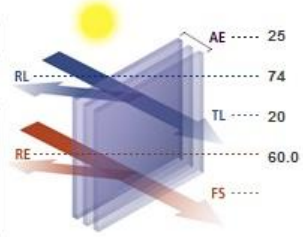
Fig. 5.3 “Elementi compositori del triplo vetro”

Questa vetrata offre le seguenti prestazioni:

Stratobel 33.1 - 16 mm Argon 85% (RT 2005) - 4 mm Planibel Clearvision - 16 mm Argon 85% (RT 2005) - 3 mm Planibel Tri on Clearvision pos.5

THERMAL PROPERTIES (EN 673)	
Ug-Value (W/(m².K))	1.0

LIGHT PROPERTIES (EN 410)	
Light Transmission (τ_v)	74
Light Reflection (ρ_v)	19
Internal light reflection (ρ_{vi})	
Colour Rendering - RD65 (R_{65})	99



ENERGY PROPERTIES		
	EN 410	ISO 9050
Direct Energy Transmission (τ_e)	56	53
Energy Reflection (ρ_e)	20	19
Total Energy absorption (α_e)	25	27
Solar abs. Glass 1 ($\alpha_{e(1)}$)	20	22
Solar abs. Glass 2 ($\alpha_{e(2)}$)	1	1
Solar abs. Glass 3 ($\alpha_{e(3)}$)	4	4
Solar factor (g)	60.0	58.0
Shading coefficient (SC)	0.69	0.67
UV Transmission (UV)	0	
Schattenfaktor (DE) (b-Faktor)		73.0

Fig. 5.4 “Prestazioni del triplo vetro”

Dai risultati sopra riportati si può notare che un m² di superficie vetrata disperde 5 / 6 volte più di una superficie equivalente di parete esterna in legno:

Vetrata doppia: $U = 1,4 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]}$

Vetrata tripla: $U = 1,0 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]}$

Parete in legno: $U = 0,181 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]}$

Inoltre la vetrata è decisamente più costosa rispetto alla parete in legno.

Queste considerazioni comportano l'esigenza preliminare di concepire l'edificio facendo un uso razionale delle superfici vetrate, cercando un corretto compromesso tra costi – dispersione – vista panoramica – illuminazione naturale.

Il triplo vetro risulta più performante rispetto al doppio vetro, ma presenta costi decisamente superiori. Nell'ottica di costruire un edificio che possa sensibilizzare l'opinione pubblica sul risparmio energetico, nel caso in esame si considera più efficace l'impiego del doppio vetro, utilizzando per altri interventi di efficienza energetica quanto risulta dal conseguente risparmio economico.

5.6 COPERTURE

Tabella ricavata dall'allegato B del Decreto del Ministero dello Sviluppo del 11/03/2008 coordinato con Decreto 26 gennaio 2010.

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio espressa in (W/m²K) - in vigore dal 14 marzo 2010

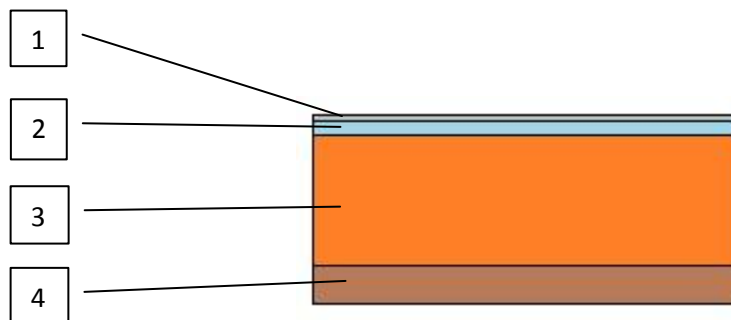
Zona climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate		Chiusure apribili e assimilabili (**)
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	0,54	0,32	0,60	3,7
B	0,41	0,32	0,46	2,4
C	0,34	0,32	0,40	2,1
D	0,29	0,26	0,34	2,0
E	0,27	0,24	0,30	1,8
F	0,26	0,23	0,28	1,6

(*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.

(**) Conformemente a quanto previsto all'articolo 4, comma 4, lettera c), del decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 che fissa il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure apribili e assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi.

Tab. 5.8 "Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio"

A fronte delle restrizioni sopra riportate si è scelta una copertura così conformata:



Sezione	Materiale	Spessore [m]	Conduktività termica (λ) [W / (m K)]
1	Lamiera in alluminio	0,0007	52
2	Guaina bituminosa	0,002	0,17
3	vetro cellulare espanso (tipo Foamglas)	0,23	0,041
4	Tavolato in abete	0,04	0,12
Spessore totale		0,27	

La trasmittanza totale risulta: $U = 0,163 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]}$.

Limite di legge imposto per la zona F risulta: $U = 0,23 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]}$.

Per raggiungere valori di rendimento energetico elevato della struttura ci si prefigge di ottenere una trasmittanza della struttura inferiore del 20% rispetto al limite imposto dalla legge.

Per avere un ulteriore margine che tenga conto della presenza di eventuali ponti termici in fase di montaggio, si riduce ulteriormente il valore obiettivo del 10%; il valore obiettivo finale risulta di $U = 0,166 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]}$.

La parete presa in esame rientra pertanto sia nei limiti imposti dalla normativa sia nel valore di trasmittanza che ci si prefigge di ottenere, con un valore calcolato di: $U = 0,163 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]} < 0,166 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]}$.

5.7 PAVIMENTI

Tabella ricavata dall'allegato B del Decreto del Ministero dello Sviluppo del 11/03/2008 coordinato con Decreto 26 gennaio 2010.

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio espressa in (W/m²K) - in vigore dal 14 marzo 2010

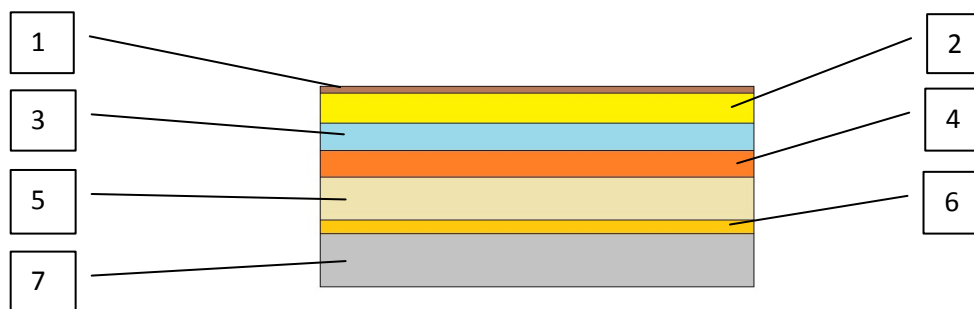
Zona climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate		Chiusure apribili e assimilabili (**)
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	0,54	0,32	0,60	3,7
B	0,41	0,32	0,46	2,4
C	0,34	0,32	0,40	2,1
D	0,29	0,26	0,34	2,0
E	0,27	0,24	0,30	1,8
F	0,26	0,23	0,28	1,6

(*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.

(**) Conformemente a quanto previsto all'articolo 4, comma 4, lettera c), del decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 che fissa il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure apribili e assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi.

Tab. 5.9 "Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio"

A fronte delle restrizioni sopra riportate si è scelta una copertura così strutturata:



Sezione	Materiale	Spessore [m]	Conduktività termica (λ) [W / m K]
1	Finitura in legno	0,015	0,12
2	Massetto radiante in calcestruzzo	0,08	0,16
3	Isolante in polistirene espanso Styrodur o equivalente	0,20	0,03
4	Magrone impianto in malta di cemento	0,09	1,4
5	Platea in calcestruzzo	0,20	0,15
6	Magrone livellante	0,05	1,4
7	Fondo in ciottoli	0,25	0,7
Spessore totale		0,89	

La trasmittanza totale risulta: $U = 0,110$ [W / (m² K)].

Limite di legge imposto per la zona F risulta: $U = 0,28$ [W / (m² K)].

Per raggiungere valori di rendimento energetico elevato della struttura ci si prefigge di ottenere una trasmittanza della struttura inferiore del 20% rispetto al limite imposto dalla legge.

Per avere un ulteriore margine che tenga conto della presenza di eventuali ponti termici in fase di montaggio, si riduce ulteriormente il valore obiettivo del 10%; il valore obiettivo finale risulta di $U = 0,202$ [W / (m² K)].

La parete presa in esame rientra pertanto sia nei limiti imposti dalla normativa sia nel valore di trasmittanza che ci si prefigge di ottenere, con un valore calcolato di: $U = 0,110$ [W / (m² K)] < 0,202 [W / (m² K)].

RIDUZIONE DEI PONTI TERMICI

6.1 DEFINIZIONE

Si definiscono “Ponti Termici” le disomogeneità di materiale che si formano fra elementi strutturali di un edificio creando una concentrazione di flusso termico con un conseguente raffreddamento delle zone prossime alle giunzioni.

In generale si può dire di avere un “ponte termico” quando vi è un nodo fra elementi aventi coefficienti di trasmissione diversi, e più in particolare;

- a) nelle zone d’angolo fra due pareti esterne;
- b) fra muro e terrazzo;
- c) fra muro e pavimento su cantina, box e affini;
- d) fra muro esterno e pavimento;
- e) nelle zone intorno ai serramenti;
- f) quando entro una struttura sono inseriti altri elementi strutturali ad elevata conduttanza.

Di solito ci si accorge della presenza di un ponte termico soprattutto quando questo riesce a creare condensa e segna la linea di unione tra soffitto o parete con il colore nero della muffa. Lo stesso alcune volte succede in prossimità delle finestre.

[W.4]

Nel caso dell’edificio stazione, la problematica dei ponti termici è molto sentita perché, se in un edificio standard la dispersione dovuta a questi è una percentuale irrisoria, in questo tipo di edifici a risparmio energetico potrebbero assumere carattere non più trascurabile qualora non adeguatamente ridotti o annullati.

Per il calcolo dei ponti termici si può far riferimento alla norma UNI TS 11300. Essendo questo un progetto ipotetico e non effettivo, non si procederà al rigoroso calcolo dei ponti termici, se ne descriverà solo brevemente la procedura, secondo un estratto dalla norma UNI TS 11300 – 1:2008, capitolo 5, illustrato nel prossimo paragrafo.

6.2 DESCRIZIONE SINTETICA DELLA PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo comprende i seguenti passi:

- 1) Definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell’edificio;
- 2) Definizione dei confini delle diverse zone di calcolo, se richiesta;
- 3) Definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
- 4) Calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e il raffrescamento ($Q_{C,nd}$);
- 5) Aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi ed alle diverse zone servite dagli stessi impianti.

Al punto 4 della procedura i fabbisogni di energia termica per riscaldamento e raffrescamento si calcolano, per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, come:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol}) \quad (1)$$

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve}) \quad (2)$$

Dove:

$Q_{H,nd}$: è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento;

$Q_{C,nd}$: è il fabbisogno ideale di energia termica dell’edificio per il raffrescamento;

$Q_{H,ht}$: è lo scambio termico totale nel caso di riscaldamento;

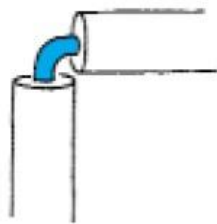
$Q_{C,ht}$: è lo scambio termico totale nel caso di raffrescamento;
 $Q_{H,tr}$: è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento;
 $Q_{C,tr}$: è lo scambio termico per trasmissione nel caso di raffrescamento;
 $Q_{H,ve}$: è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento;
 $Q_{C,ve}$: è lo scambio termico per ventilazione nel caso di raffrescamento;
 Q_{gn} : sono gli apporti termici totali;
 Q_{int} : sono gli apporti termici interni;
 Q_{sol} : sono gli apporti termici solari;
 $\eta_{H,gn}$: è il fattore di utilizzazione degli apporti termici;
 $\eta_{C,ls}$: è il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche.

La procedura di calcolo descritta dalla UNI TS 11300 è molto complessa e dettagliata. Date le dimensioni contenute dell'edificio in esame (minori di 1000 m²) si possono adottare procedure di calcolo semplificate. Per edifici di maggiori dimensioni è necessario l'utilizzo di appositi programmi di calcolo.

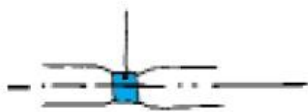
Nel tentativo di contenere i ponti termici di questo edificio si vogliono adottare principalmente tre accorgimenti:

- Cercare di eliminare i ponti termici ove possibile;
- Dove non si possono eliminare, cercare di contenerli più possibile;
- Laddove le precedenti operazioni non sono attuabili, migliorare l'isolamento in modo da ottenere un abbassamento delle perdite totali assimilabile ad una diminuzione del ponte termico.

Si vogliono proporre alcuni accorgimenti in grado di migliorare l'edificio sotto l'aspetto dei ponti termici, con riferimento anche a quelli causati dalla presenza di impianti. (tratti da: "Isolare senza difetti" [B.2]):



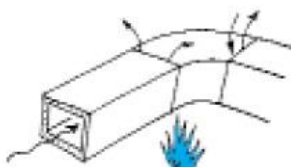
L'isolamento delle tubazioni calde e fredde deve essere continuo, senza interruzioni



La strozzatura degli isolanti comporta una riduzione del potere isolante. Si possono impiegare supporti metallici precoibentati.



Gli isolanti possono essere soggetti a degrado se esposti alla luce del sole ed alle intemperie: verificare sempre il tipo di protezione necessario



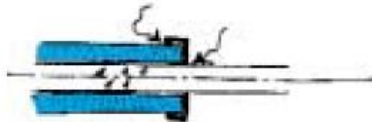
Gli isolanti da impiegare nelle condotte devono avere un buon comportamento al fuoco per evitare la trasmissione dell'incendio. Le condotte devono essere ben sigillate per evitare perdite o infiltrazioni d'aria



Le vibrazioni dovute al passaggio dell'acqua possono provocare rumori fastidiosi nelle strutture. Tutti gli attraversamenti delle tubazioni devono essere coibentati



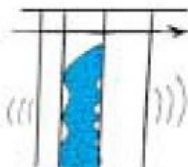
L'isolante deve essere ben aderente alle tubazioni per evitare condense interne, circolazione d'aria e perdita d'isolamento



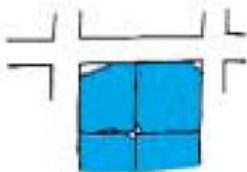
I terminali dell'isolamento devono essere sigillati per evitare possibili e pericolosi formazioni di condensa



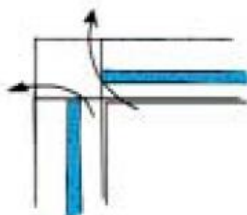
Anche le tubazioni d'acquedotto devono essere coibentate per evitare condense interne alle murature e corrosione.



I materiali di non buona qualità all'interno delle intercapedini possono subire processi di invecchiamento e insaccamento con perdite dell'isolamento



I pannelli devono essere posati in modo continuo senza lasciare spazi vuoti



La presenza di ponti termici costituiti da eterogeneità e il mancato isolamento di travi e pilastri comporta il rischio di patologie da condensa

IMPIANTO TERMICO

Si considerino tre possibili impianti per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria:

- Teleriscaldamento a biomassa;
- Caldaia a gas a condensazione;
- Pompa di calore.

7.1 TELERISCALDAMENTO A BIOMASSA

Nel 2004 la Ditta CPL Concordia ha realizzato a Predazzo una centrale di teleriscaldamento e di produzione termoelettrica prevedendo l'utilizzo del cippato (derivante dagli scarti delle locali lavorazioni del legno e dalla manutenzione del verde del territorio). La rete di teleriscaldamento, ubicata nel sottosuolo del paese di Predazzo, collega le principali utenze pubbliche, numerose strutture di ricezione turistica e clienti privati.

(Il contratto prevedeva l'esecuzione da parte di CPL Concordia delle seguenti attività:

- Progettazione esecutiva e costruttiva
- Preparazione e urbanizzazione dell'area da adibire a centrale di produzione e distribuzione
- Realizzazione del fabbricato della centrale termica (con annessi locali di stoccaggio cippato e uffici)
- Realizzazione degli impianti elettrici in MT/BT
- Realizzazione della centrale termica dell'impianto di cogenerazione e di termovalorizzazione del cippato
- Rete di distribuzione cittadina
- Realizzazione delle sottocentrali d'utenza
- Automazione dell'impianto mediante sistema di supervisione e regolazione).

L'impianto presenta le seguenti caratteristiche:

- Potenza termica nominale: 12,2 MW
- Potenza termica generatore di calore alimentato a cippato: 2,3 MW
- Potenza termica impianto di cogenerazione (alimentato a metano): 1,6 MW
- Potenza elettrica impianto di cogenerazione: 1,45 MW
- Estensione rete di teleriscaldamento: 16 km
- Temperatura di esercizio invernale della rete di teleriscaldamento: 90 - 70 °C
- Temperatura di esercizio estiva: 80 °C
- Risparmi annui di energia: 610 tep (rispetto all'utilizzo locale di generatori di calore alimentati a gas metano e all'acquisto di energia elettrica dalla rete di distribuzione nazionale)
- Emissioni evitate di anidride carbonica: 2.175 t / anno.

[W.5]

L'impianto di teleriscaldamento è già presente nel territorio, quindi la scelta del tipo di impianto di riscaldamento prevede la fruizione di questa alternativa. Per completezza di trattazione si considerano anche le altre due possibilità, che costituiscono alternative assai frequenti in numerosi altri casi.

7.2 CALDAIA A GAS A CONDENSAZIONE

Le caldaie a condensazione sono quelle a resa più elevata, in quanto, dopo aver prodotto calore come succede nelle caldaie a gas normali, esse raffreddano i gas combusti fino al punto di condensazione, chiamato anche punto di rugiada, del vapore acqueo contenuto nei fumi, consentendo così anche lo sfruttamento di buona parte del potere calorifico inferiore. Questo fenomeno di condensazione porta a

generare acqua che risulta acida, pertanto le superfici a contatto devono essere realizzate in acciaio inossidabile.

Per condensare il vapore dei fumi, le caldaie a condensazione sfruttano la temperatura dell'acqua di ritorno dall'impianto termico, più fredda rispetto alla temperatura dell'acqua di mandata. I fumi vengono fatti passare in uno speciale scambiatore - condensatore che permette di sottrarre, tramite condensazione, il calore latente del vapore acqueo. In questo modo la temperatura dei fumi in uscita si mantiene circa allo stesso valore della temperatura di mandata, ben inferiore ai 140/160 °C dei generatori tradizionali anche del tipo ad alto rendimento. [W.6]

7.3 POMPA DI CALORE

Una pompa di calore è una macchina che consente, mediante opportuno ciclo termodinamico chiuso, di rendere disponibile ad un ambiente calore prelevato da una sorgente esterna a temperatura inferiore.[B.3] Il calore prelevato dalla sorgente esterna è in buona parte gratuito; ad esso si somma il calore proveniente dal processo di compressione che avviene nel ciclo termodinamico a spese di un lavoro svolto generalmente tramite un compressore azionato da un motore elettrico.

Ovviamente più la temperatura della sorgente esterna si avvicina alla temperatura in uscita e minore sarà l'utilizzo di energia elettrica richiesta.

Importante vantaggio nell'utilizzo di pompe di calore elettriche è il solo sfruttamento di energia (elettrica) proveniente sempre in maggior misura da fonti rinnovabili o assimilate; un secondo vantaggio (peraltro non sfruttabile nel caso in esame) è la possibilità di impiego della medesima macchina come gruppo frigorifero per il condizionamento estivo.

Inoltre la pompa di calore ha un'efficienza energetica superiore a quella di qualsiasi caldaia a condensazione, purché sia abbinata a terminali di impianto a bassa temperatura come i pannelli radianti.

Un possibile limite alla loro capillare diffusione è il costo del sistema di captazione del calore dalla sorgente esterna, nel caso delle pompe di calore geotermiche che sono anche tra le più efficienti; allo stesso modo un limite può essere costituito dalla necessità di tutela dell'ambiente idrogeologico e la conseguente richiesta di autorizzazioni per le pompe di calore ad acqua di falda, anch'esse molto efficienti. Le pompe di calore aventi aria come sorgente esterna sono decisamente più economiche, anche se meno efficienti e richiedenti contratti con maggiore impegno di potenza elettrica; d'altra parte il loro uso è fin da ora largamente possibile in climi temperati del centro-sud Italia e isole, data la minor richiesta di fabbisogno termico invernale degli edifici e il - per contro - maggior fabbisogno per climatizzazione estiva.

7.4 VENTILAZIONE

Per quanto riguarda il sistema di ventilazione si prevede un apporto di 25 m³/h per persona, per un totale di circa 400 m³/h. Si prevedono sistemi di sola aspirazione nei servizi igienici, nella zona bar e nella zona stampante/fotocopiatrice della biglietteria; mentre terminali di aspirazione e mandata nella zona atrio e biglietteria/uffici.

Per il calcolo della potenza meccanica del ventilatore si può utilizzare la formula empirica:

$$W_m = \frac{V * P_t}{\eta_t}$$

Dove:

W_m : Potenza meccanica [W]

V : Portata volumetrica [m³/s]

P_t : Prevalenza totale [Pa]

η_t : Rendimento del ventilatore [-]

Per il calcolo della potenza elettrica:

$$W_e = \frac{W_m}{\eta_t * \eta_m}$$

Dove:

W_e : Potenza elettrica [W]

η_t : Rendimento di trasmissione all'albero o cinghia [-]

η_m : Rendimento del motore [-]

Tenuto conto delle ridotte dimensioni dell'impianto è stato previsto l'utilizzo di un ventilatore commerciale: si prevede pertanto l'installazione di una centrale a doppio flusso con recupero di calore, con due motori ad azionamento diretto (uno per flusso di aspirazione, uno per flusso di mandata) aventi le seguenti caratteristiche:

$P_e = 150$ [W]

$V = 350$ [m³/h]

$P_t = 180$ [Pa]

[B.5]

In questo caso si può anche dimezzare la potenza elettrica installata grazie all'utilizzo di una macchina equipaggiata da motori a sei poli (opzione disponibile in alternativa per la macchina scelta), conseguendo anche un vantaggio dal punto di vista acustico.

Si possono adottare fotocellule installate agli ingressi dell'edificio per conteggiare in continuo il numero delle persone presenti all'interno e dotare la centralina di ventilazione di motori ad inverter che aumentino o diminuiscano le portate d'aria a seconda dell'affollamento nella stazione, lasciando comunque sempre un valore minimo di ricambio d'aria. Negli orari di chiusura dell'edificio l'impianto può spegnersi completamente.

La variazione di portata può essere regolata a gradini in base ad un pacchetto minimo di variazione del numero delle persone all'interno dell'edificio. Ad esempio si può impostare l'inverter secondo queste regole:

- NOTTE/CHIUSURA: tutto OFF (0% è la percentuale di portata o di velocità dell'inverter considerato lineare)
- ventilazione minima: definita come il 10%
- ogni sei persone in più : aumenta del 20%
- ogni sei persone in meno : diminuisce del 20%

Azionamento dell'inverter: la variazione avviene ogni dieci minuti ed è basata sulla media delle persone presenti effettuata negli ultimi dieci minuti rilevati.

Possibili azioni di forzatura della ventilazione si possono prevedere in base all'orario dei treni, ad esempio un set point fisso al 100% nei dieci minuti precedenti e successivi l'arrivo di un convoglio (il sistema di gestione dell'impianto viene interconnesso al sistema di gestione dell'esercizio ferroviario che aggiorna in tempo reale la posizione del convoglio tenendo anche conto di eventuali ritardi).

La ventilazione meccanica non è molto frequente nel settore residenziale a causa di motivazioni di natura estetica (necessità di canali relativamente grandi per l'aria) ed acustici; sarebbe peraltro auspicabile che lo diventi specialmente al crescere della diffusione di edifici residenziali ben isolati termicamente ed ermetici alle infiltrazioni d'aria, nei quali è possibile spesso riscontrare insorgenza di muffe causata da insufficiente ventilazione (tradizionalmente incontrollata e affidata alla pratica degli occupanti).

La ventilazione meccanica è invece ben diffusa nei settori commerciali e nel terziario, per garantire irrinunciabili requisiti di salubrità dell'aria ambiente; nello specifico caso in esame si può prevedere l'utilizzo di canali di sezione circolare in ottone o rame per ridurre l'impatto visivo degli stessi, specialmente nella zona atrio dove è presente la travatura in legno a vista.

Per mantenere meglio la permanenza del calore all'interno dell'edificio si possono prevedere delle barriere a lama d'aria agli ingressi, del tipo a ricircolo, in funzione durante l'orario di apertura della stazione nella sola stagione invernale.

8 CONSUMI ELETTRICI

Per il calcolo dei consumi elettrici si è ipotizzato un possibile corredo di apparecchi utilizzatori. Trattandosi di un progetto concettuale anche le modalità di impiego, e quindi i consumi, dei possibili utilizzatori sono puramente ipotetici. Nel seguito si riportano le potenze impegnate, le ore di utilizzazione e i conseguenti consumi stimati con riferimento alle ipotesi assunte, riferite a una stazione ferroviaria di piccole dimensioni.

CARICHI	POTENZA	ORE / ANNO	ENERGIA
	[W]	[ore]	[kWh/anno]
Illuminazione	1.960	1.500	2.940
Computer e simili	910	1.428	1.299
stampante e fotocopiatrice	1.000	1.400	1.400
caffetteria	1.000	58	58
lavastoviglie	3.000	40	120
frigorifero	50	4.380	219
congelatore	80	4.380	350
Forno a microonde	1500	70	105
televisione	240	1.400	336
Pompa per ricircolo dell'acqua	500	8.040	4.380
motore per ventilazione	150	1.400	210
split locale elettrico	2.000	4.380	8.760
totale	12.390		20.178
totale arrotondato	12.000		16.000

Nello stimare i consumi elettrici si è tenuto conto che la stazione resti chiusa per un mese all'anno (ottobre).

Lo split del locale elettrico è composto da: potenza frigorifera (1.500 [W]) e potenza elettrica (500 [W])

Sono state fatte anche le seguenti considerazioni:

- Sono previsti n.5 computer: 2 alla biglietteria, 2 negli uffici ed uno alla cassa del bar;
- Alcuni utilizzatori, come i computer, le stampanti, le fotocopiatrici, la caffetteria, la lavastoviglie e la tostatrice funzionano poco, dato che per gran parte del tempo sono in modalità standby oppure spenti;
- Per frigorifero, congelatore e split locale elettrico l'utilizzo è stato pesato con fattore 0,5 perché, solitamente, l'accensione avviene ogni 6 minuti, con durata minima di 5 minuti;
- Per l'illuminazione si possono utilizzare sensori di accensione che minimizzano il consumo di energia.

Arrotondando il totale si è voluto tenere conto sia di possibili errori sulla stima dei consumi sia della possibile installazione di pannelli luminosi. Inoltre questo dato è stato pesato con coefficiente di contemporaneità pari a: $K_c = 0,8$.

8.1 AUTOMAZIONE DI EDIFICIO (BUILDING AUTOMATION)

Il concetto di “edificio intelligente” o meglio conosciuto come Building Automation, identifica quelle costruzioni progettate e costruite in modo da consentire la gestione integrata e computerizzata degli impianti tecnologici, delle attrezzature informatiche e delle reti di comunicazione.

Questi edifici sono capaci di ottimizzare i cicli di vita dei loro sistemi costitutivi e delle loro attrezzature, di ridurre i costi di occupazione e di accrescere la produttività organizzativa attraverso una progettazione e gestione corrette. [W.7]

Per l'edificio in esame si potrebbe adottare un PLC al quale fanno capo tutti i componenti tecnologici. Esso potrebbe mandare le informazioni acquisite ad un centro di controllo a Trento, il quale monitora tutte le stazioni della linea. In caso di necessità si possono comunicare i malfunzionamenti a tecnici privati in loco per i lavori necessari. In questo modo si avrebbe un notevole risparmio in termini di personale e quindi di costi di gestione.

Grazie a questa tecnologia si possono monitorare anche i picchi di potenza ed energia a seconda delle stagioni e di conseguenza scegliere la tariffa della fornitura elettrica più conveniente.

9 IMPIANTO FOTOVOLTAICO E MINI IDROELETTRICO

Due possibili fonti di energia elettrica da fonte rinnovabile sono quella fotovoltaica e mini idroelettrica. I pannelli fotovoltaici possono essere installati sul tetto della stazione grazie alla favorevole orientazione della falda, mentre la turbina idroelettrica potrebbe essere installata presso il fiume Avisio che scorre adiacente al sito.

9.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Per la simulazione di un impianto fotovoltaico è stato utilizzato il programma gratuito tratto dal sito del gruppo ENEL [W.8]. L'utilizzo di questo programma non ha fini pubblicitari (sono infatti presenti in rete altri programmi equivalenti), bensì è stato impiegato come ausilio al dimensionamento preliminare dell'impianto.

A causa delle limitate dimensioni del tetto, la generazione di energia elettrica fotovoltaica non può sopperire a tutti i consumi elettrici della struttura. Il tetto presenta una superficie pari a circa 196 [m²], per tenere conto di eventuali camini di sfiato e passaggi liberi per la manutenzione è stato scelto di limitare la superficie utilizzabile per i pannelli fotovoltaici all'80% del totale disponibile per un valore complessivo di: circa 156,8 [m²] utilizzabili.

La simulazione ha prodotto i seguenti dati:

Scheda riassuntiva

REGIONE	Trentino Alto Adige	PROVINCIA	Trento
COMUNE	Predazzo	IRRADIAZIONE MEDIA [Wh/m ²]	3000 – 3300
LATITUDINE [°]	46,375	LONGITUDINE [°]	11,375
INCLINAZIONE MODULI [°]	15	ORIENTAZIONE MODULI	Sud
TIPO DI INSTALLAZIONE	Posa su tetto a falda	INT. ARCHITETTONICA	Parzialmente integrato
TIPO DI SUPERFICIE	Rivestimento edifici scuri	OMBREGGIAMENTO	Medio

Descrizione esigenze energetiche

POTENZA CONTRATTUALE [kW]	15	FABBISOGNO ENERGETICO [kWh]	12.000
COSTO MEDIO ENERGIA [€/kWh]	0,14	TECNOLOGIA MODULI FV	Policristallina

Risultati della simulazione

POTENZA NOMINALE [kWp]	17,7	AREA ATTIVA [m ²]	144,16
ENERGIA MEDIA PRODUCIBILE [kWh]	11.000	TARIFFA INCENTIVANTE [€/kWh]	0,404
COSTO TOTALE (IVA esclusa) [€]	65.490,00	COSTO ANNUO (IVA esclusa) [€]	654,90
ANNI DI RITORNO	15	CO ₂ NON IMMESSA IN ATMOSFERA [Kg/anno]	6.050
INTROITO CONTO ENERGIA [€/anno]	4.300	RISPARMIO ENERGETICO ANNUO [€/anno]	1.575
ANNI DI RITORNO ATTUALIZZATI	20	VALORE FLUSSO DI CASSA [€/anno]	4.600
VALORE ANNUALE NETTO [€]	-525,00	TASSO INTERO DI RENDIMENTO [%]	2,91

Data la destinazione pubblica dell'edificio, nonostante il tempo di ritorno attualizzato dell'investimento non sia particolarmente promettente, si ritiene comunque opportuno prevedere questo tipo di installazione.

9.2 MINI IDROELETTRICO

La seconda fonte di energia utilizzabile in questo caso di studio è il mini idroelettrico. Un mini generatore idroelettrico è composto da un generatore di corrente alternata collegato direttamente ad una girante a turbina. Esso è particolarmente indicato per applicazioni in siti in montagna o collinari perché sfrutta la trasformazione di energia potenziale di una massa d'acqua nel superamento di un dislivello in energia cinetica.

Nel caso in esame, tuttavia, si tratterebbe di installare un impianto mini idroelettrico ad acqua fluente; tale impianto ha il vantaggio di presentare minor impatto idrogeologico e notevole riduzione delle opere civili necessarie; d'altra parte presenta l'indubbio svantaggio di una forte dipendenza della producibilità elettrica dalla portata istantanea del corso d'acqua nel quale è installato (mentre viceversa impianti dotati di bacino ad accumulo possono – entro certi limiti – attenuare tale dipendenza consentendo una maggior costanza nella produzione elettrica).

Il composto girante – turbina ha peso contenuto e contenute dimensioni, qualità che lo rendono di facile trasporto e di facile installazione.

L'idroelettrico, però, presenta alcune problematiche da tenere in considerazione in fase di progetto esecutivo:

- L'acqua resa al fiume dopo esser stata sfruttata deve avere caratteristiche di temperatura e purezza disciplinate dai "Decreti acque" (dl del 4 agosto 1999 numero 339 e dlgs 152 del 1999 poi sostituito dal dl del 18 agosto 2000 numero 258). In questo caso non sarebbe un limite in quanto l'impianto non andrebbe a modificare le caratteristiche dell'acqua, a meno di una diminuzione della velocità;
- Gli impianti dotati di bacino ad accumulo necessitano di opere di presa dell'acqua piuttosto invadenti nell'ambiente, ci devono pertanto essere gli adeguati permessi. Nel caso in esame (ad acqua fluente) le opere di presa sarebbero molto meno invadenti nell'ambiente.
- Nella stagione invernale il fiume Avisio ha scarsa presenza di acqua (anche per la presenza di due bacini idroelettrici a monte), pertanto lo sfruttamento della fonte energetica potrebbe limitarsi ai soli mesi estivi; deve essere valutato se il costo della turbina può essere recuperato malgrado il limitato utilizzo del mini idroelettrico.

A puro titolo di esempio, si riportano i dati di una centrale vicino a Predazzo installata su un acquedotto (San Vittore). Essa presenta le seguenti caratteristiche [W.9]:

Anno di messa in funzione:	2006
Acquedotto:	intercomunale Acque Nere
Funzionamento:	acqua fluente
Salto:	141 m
Portata massima:	85 l/s
Portata media:	60 l/s
Potenza nominale impianto:	55 kW
Produttività annua:	circa 250.000 kWh Turbina Pelton a 1 getti con generatore asincrono della Green Power di Belluno

Generatori ABB

Potenza:	55 kW
Tensione:	400 V
Giri:	750/min
Poli:	8

Va rilevato tuttavia che l'esempio riportato si scosta molto dalle concrete possibilità del sito in esame dato che nel torrente Avisio non è disponibile, all'altezza di Predazzo, un salto tanto elevato per cui occorrerebbe pensare a una miniturbina ad elica (non Pelton), installata in versione compatta entro la stessa traversa di sbarramento.

10 CONCLUSIONI

Per il calcolo della potenza termica totale utilizzata è stata utilizzata inizialmente una formula empirica, successivamente si è fatto uso di fogli di calcolo.

Formula empirica per il calcolo della potenza termica per riscaldare l'aria:

$$\begin{aligned}P_t &= V * \gamma_{aria} * c_s * \Delta t_{reale} * (1 - \eta_r) \\ &= 350 * 1,2 * 1,006 * 35 * (1 - 0,55) \\ &= 1,2 \text{ kW}\end{aligned}$$

Dove:

P_t = Potenza termica per riscaldare l'aria [kW]

V = Portata volumetrica [m³ s]

γ_{aria} = densità dell'aria [kg / m³]

c_s = calore specifico dell'aria [kJ / (kg °C)]

Δt_{reale} = intervallo di temperatura [°C]

η_r = rendimento dello scambiatore [-]

Formula empirica per il calcolo della potenza termica dispersa:

$$\begin{aligned}P_s &= \sum (U * S) * \Delta t \\ &= 3,6 \text{ kW}\end{aligned}$$

Dove:

P_s = Potenza dispersa dalle strutture [kW]

U = Trasmittanza termica delle superfici [W / (m² K)]

S = Superficie [m²]

Δt = Intervallo di temperatura tra ambiente esterno ed interno [K]

L'intervallo di temperatura per pareti, coperture e vetrate è posto pari a 35 [°C] ipotizzando temperatura esterna pari a -10 [°C] (temperatura di progetto invernale) ed interna (+20 [°C]); per i pavimenti come temperatura esterna del terreno sottostante è stata presa +10 [°C].

La potenza termica totale è pari alla somma delle potenze calcolate:

$$P_{tot} \approx 5 \text{ kW}$$

Successivamente sono stati utilizzati tre fogli di calcolo scaricati dalla rete. Un problema che può presentarsi talvolta per questi programmi è che essi potrebbero non essere stati adeguatamente validati oppure presentano errori di calcolo al loro interno. Infatti provando tre diversi fogli di calcolo sono stati trovati tre risultati spiccatamente diversi come riportato nella seguente tabella.

Foglio di calcolo	Potenza termica	Dispersioni	Osservazioni
	[W]	[kWh / m ³]	
Certifica Provincia di Trento 2008 [W.10]	7,5	91,7	in questo foglio non è stato possibile inserire il valore degli apporti utili gratuiti. Essendo un dato singolo non modificabile si presume sia un problema del programma.
Certifica Provincia di Trento 2010	15,07	31,8	in questo foglio non si riescono a trovare le "altre perdite di impianto", mentre il dato mancante negli altri due fogli, il valore degli apporti utili gratuiti è fissato a 0,737.
Ecodomus versione 16/11/2007 [W.11]	5,4	72,5	questo foglio è stato progettato per la provincia di Vicenza, pertanto è stato scelto come comune di progetto Asiago (GG=4163) perché si avvicina alle caratteristiche climatiche di Predazzo (GG=4295). Il valore di energia risultante è stato adattato linearmente. Come per il primo foglio non si riesce ad immettere il valore degli apporti utili gratuiti, di conseguenza tutti gli altri valori non si riescono a calcolare.

Tab. 10.1 "Risultati e problematiche nell'utilizzo di programmi di calcolo"

In rete ci sono una vasta scelta di programmi di calcolo simili a quelli riportati sopra tra i quali si possono citare: Casaclima, Docet, Docet^{PRO} e molti altri.

Nel presente lavoro si è soprattutto cercato di individuare quali siano le tecnologie applicabili senza eccessivi aggravii economici nella realizzazione di un edificio a ridotti consumi; in particolare, si è evidenziato come la principale leva a disposizione sia la tipologia strutturale dell'edificio alla quale seguono l'applicazione di sistemi di riscaldamento/climatizzazione particolarmente moderni ed efficienti, nonché l'eventuale impiego di applicazioni nell'ambito delle energie rinnovabili. Un confronto comparativo con soluzioni tradizionali non è stato possibile a causa della grande variabilità di possibilità, ma si ritiene comunque che il metodo e le scelte qui operate abbiano dimostrato validità applicativa.

LE STAZIONI DI PREDAZZO (a cura di Francesco Fellin)

In questa breve nota si intendono descrivere le due stazioni di Predazzo che precedettero l'edificio oggetto del presente lavoro, che – qualora realizzato – diventerebbe la terza stazione in ordine cronologico posta a servizio del paese. Entrambe le precedenti realizzazioni erano a supporto della compianta ferrovia militare Ora-Predazzo; dopo numerose dispute questo tracciato venne realizzato nel corso del 1917 a scapito del progetto alternativo avente come capolinea Lavis anziché Ora (per la verità il capolinea da sempre designato era Egna ma fu preferita all'ultimo momento Ora stante il lungo tempo necessario a realizzare un nuovo ponte sull'Adige). E' rimarchevole notare come il tracciato alternativo Lavis-Predazzo rientri interamente nel tracciato proposto dallo studio di fattibilità Qnex (2010), ovvero Trento – Lavis – Cavalese – Predazzo – Alba di Canazei.

La ferrovia fu realizzata per necessità belliche in due distinti lotti; il tronco Ora – Castello di Fiemme entrò in servizio nel 1917 mentre si dovrà aspettare un altro anno per il secondo tronco Castello – Predazzo Sud (il treno arrivò a Predazzo nel gennaio del '18) stante la necessità di modificare radicalmente il tracciato in val di Fiemme (inizialmente previsto sulla destra orografica Avisio) a motivo della conquista da parte italiana del monte Cauriol (23 settembre 1916).

Per la medesima ragione la prima stazione di Predazzo fu eretta provvisoriamente a ridosso del monte Malgola (in località Coronelle) a circa 1 km di distanza dal futuro capolinea. Si intendeva così mettere al riparo la stazione da possibili bombardamenti e al tempo stesso consentire, qualora fosse necessario, un agevole prolungamento in valle del Travignolo alla base delle teleferiche ivi approntate per un rapido trasferimento di materiale bellico più in quota (verso Bellamonte e i forti Buso e Dossaccio sulla strada del Passo Rolle). Vide così la luce il fabbricato ligneo di Predazzo Süd, che ebbe vita effimera venendo poi demolito già nel Marzo del 1919. E' interessante notare l'impiego del medesimo materiale, localmente di grande reperibilità, che si intenderebbe utilizzare a distanza di quasi un secolo anche per l'edificio oggetto del presente lavoro.

Successivamente si costruì (dapprima in legno) la stazione di Predazzo centro, adiacente al cimitero parrocchiale lungo l'attuale via A. de Gasperi; questo avvenne dopo la realizzazione del ponte metallico a campata unica sul fiume Travignolo (sistema Kohn), fratello minore del più imponente ponte a doppia campata sul fiume Avisio (località Masi di Cavalese) ancor oggi visibile. La stazione di Predazzo centro fu anche dotata del binario a triangolo per l'inversione delle locomotive a vapore, installazione presente anche ad Ora e Castello di Fiemme (opera che ben caratterizza la ferro-



via fiemmazza rispetto alla gemella gardenese Chiusa-Plan che ne era invece priva). Nelle ipotesi iniziali Predazzo sarebbe poi dovuta diventare una stazione di transito essendo previsto il prolungamento della ferrovia fino a Moena; un'ardita ipotesi vagheggiava anche un collegamento (da riprendere oggi in debita considerazione) fino a St. Moritz (CH). L'edificio definitivo in muratura (vedi figura) fu opera del grande architetto Ettore Sottsass, padre dell'omonimo architetto e *designer* scomparso di recente. Attualmente l'edificio versa in precarie condizioni e necessita di un urgente intervento di restauro; lo scrivente ha presentato proposta alla Giunta Comunale di Predazzo per il recupero e la successiva realizzazione del Museo Ferroviario Predazzano (MFP).

L'auspicio è che Predazzo possa avere presto la sua terza stazione a servizio di una ferrovia moderna ed efficiente e che in Fiemme (e Fassa) torni finalmente il treno, da sempre simbolo vivo di progresso, attenzione all'ambiente, moderno mezzo di mobilità alternativa! (per maggiori informazioni si consulti il volume di M. Delladio "Vapore in Val di Fiemme", ed. Calosci, Cortona)

10.1 RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Norma	Descrizione
Legge 10/91	Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale
D.P.R. 551 agosto 1999	Modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412
D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192	Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
D.Lgs 29 dicembre 2006, n. 311	Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico dell'edilizia
UNI/TS 11300 Parte 1 e Parte 2 28/05/2006	Prestazioni energetiche degli edifici: <ul style="list-style-type: none"> - Parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale; - Parte 2: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
D.P.R. 2 aprile 2009, n.59	Regolamento di attuazione del D.Lgs. 193 sul rendimento energetico in edilizia
D.G.R. n. 8/8745 22/12/2008	Determinazione in merito alle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia e per la certificazione energetica degli edifici
UNI EN ISO 13790 05/06/2008	Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento
D.M. 26 giugno 2009 Ministero dello Sviluppo Economico	Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici
D.Lgs. 24 febbraio 1997, n. 46	Attuazione della direttiva 93/42/CEE, concernente i Dispositivi Medici
Decreto 11 marzo 2008 coordinato con Decreto 26 gennaio 2010	Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a) della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296
D.L. 4 agosto 1999 numero 339	Disciplina delle acque di sorgente e modificazioni al decreto legislativo 25 gennaio 1992, n. 105, concernente le acque minerali naturali, in attuazione della direttiva 96/70/CE
D.Lgs. 152 del 1999	Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole
D.L. 18 agosto 2000 numero 258	Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo I, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128

10.2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [B.1] comunicato stampa 20081216IPR44857
- [B.2] "Isolare senza difetti" redatto da ANIT (Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico ed acustico)
- [B.3] cap. XII, A. Cavallini, L. Mattarolo, Termodinamica applicata, Cleup, Padova, la edizione
- [B.4] Mini guida AICARR, VOL. I, AiCARR, Milano, 1998
- [B.5] catalogo Aldes, centrali ADF

10.3 RIFERIMENTI A SITI INTERNET

- [W.1] <http://www.ecoage.it/storia-protocollo-kyoto.htm>
- [W.2] [http://it.wikipedia.org/wiki/Protocollo di Ky%C5%8Dto](http://it.wikipedia.org/wiki/Protocollo_di_Ky%C5%8Dto)
- [W.3] <http://www.comuni-italiani.it/>
- [W.4] <http://www.energia-pulita.info/index.php/Isolanti/Ponti-termici.html>
- [W.5] http://www.cpl.it/casi_di_successo/energia/teleriscaldamento/teleriscaldamento_di_predazzo_tn
- [W.6] http://www.proprietaricasa.org/tecnologia/caldaia_a_gas_a_condensazione.php
- [W.7] http://www.domotica.ch/scheda_building_automation.shtml
- [W.8] <http://www.enelgreenpower.com/it-IT/>
- [W.9] http://www.acsmprimiero.com/?page_id=631
- [W.10] http://www.energia.provincia.tn.it/certificazione_edifici/pagina12.html
- [W.11] http://www.vienergia.it/a_ITA_139_1.html